

RAPPORT

du Groupe de travail issu des
Groupes permanents
d'experts en radioprotection

Novembre 2012



Les évolutions souhaitables pour la
délimitation et l'accès aux zones
réglementées

SOMMAIRE

PREAMBULE.....	7
I - Objet de la saisine des Groupes permanents.....	9
I - 1. La lettre de saisine.....	9
I - 2. Le contexte de la future Directive européenne	9
I - 3. La demande des autorités	9
LA COMPOSITION DU GT-ZONAGE :	10
II - Résumé et recommandations du GT.....	11
II - 1. Les points marquants qui ont guidé la réflexion du GT.....	11
II - 2. Les idées fortes des recommandations du GT	12
II - 2 - 1. Les propositions d'aménagement du dispositif	13
II - 2 - 2. Le GT exprime un souhait fort.....	14
II - 2 - 3. Les propositions de refonte du dispositif.....	14
II - 2 - 4. Vers une harmonisation internationale	16
III - Démarche du Groupe de travail.....	17
IV – Historique et évolutions du concept de zones réglementées.....	19
IV - 1. Les prémices de la radioprotection [8, 9]	19
IV - 2. Le Zonage : un concept évolutif au fil des années	19
IV - 2 - 1. De la CIPR 1 de 1959 au décret de 1986	19
IV - 2 - 2. Le dispositif actuellement en vigueur	26
IV - 2 - 3. Les récentes et futures évolutions internationales	27
IV - 3. Les conclusions.....	29
V - Retour d'expérience (REX) en France	31
V - 1. La synthèse de l'enquête menée auprès des acteurs de terrain par diffusion d'un questionnaire	31
V - 1 - 1. La vue d'ensemble.....	31
V - 1 - 2. Les points saillants à retenir.....	32
V - 1 - 2 - 1. La méthodologie du zonage	32
V - 1 - 2 - 2. L'évolution et les modifications du zonage	33
V - 1 - 2 - 3. Les difficultés d'application	33

V - 1 - 2 - 4. Les apports de l'arrêté « zonage »	35
V - 1 - 2 - 5. Les pistes d'amélioration de l'arrêté « zonage ».....	36
V - 2. Les entretiens et visites sur site	37
V - 2 - 1. La démarche de travail.....	37
V - 2 - 2. Les visites sur site nucléaire (INB).....	38
V - 2 - 2 - 1. La mise en œuvre du zonage.....	38
V - 2 - 2 - 2. La méthodologie du zonage	38
V - 2 - 2 - 3. L'évolution et les modifications du zonage	39
V - 2 - 2 - 4. L'intervention des entreprises extérieures	40
V - 2 - 2 - 5. Les recommandations des représentants du personnel.....	41
V - 2 - 3. La visite sur site médical	41
V - 2 - 3 - 1. La méthodologie et la signalisation du zonage.....	42
V - 2 - 3 - 2. La signalisation lumineuse	43
V - 2 - 3 - 3. Les règles d'accès et les contrôles	43
V - 2 - 3 - 4. Le classement des zones attenantes	44
V - 2 - 3 - 5. La surveillance et le contrôle de la dosimétrie ambiante.....	44
V - 2 - 3 - 6. La gestion de la dosimétrie des travailleurs.....	45
V - 2 - 3 - 7. La perception des professionnels et de leurs représentants	45
V - 3. La synthèse des enseignements du colloque national.....	46
V - 3 - 1. Le débat sur des questions de fond	47
V - 3 - 2. Le débat sur l'accès aux zones spécialement réglementées orange et rouge.....	48
V - 3 - 3. Le débat autour de questions plus spécifiques.....	49
V - 4. Le retour d'expérience de l'inspection	50
V - 4 - 1. Le REX issu des inspections menées par les agents de l'inspection du travail	50
V - 4 - 1 - 1. La démarche et les modalités de délimitation des zones réglementées	50
V - 4 - 1 - 2. Les modalités de signalisation des zones réglementées	52
V - 4 - 1 - 3. Les conditions d'accès aux zones spécialement réglementées	53
V - 4 - 1 - 4. La vérification du zonage	53
V - 4 - 1 - 5. Les zones attenantes	53
V - 4 - 1 - 6. Les zones intermittentes.....	53
V - 4 - 1 - 7. Les zones d'opération.....	54

V - 4 - 1 - 8. <i>Les conclusions</i>	54
V - 4 - 2. Le REX issu des inspections menées par l'ASN.....	55
V - 4 - 2 - 1. <i>Le secteur médical</i>	55
V - 4 - 2 - 2. <i>Le secteur industriel</i>	56
V - 4 - 2 - 3. <i>Le secteur de la recherche</i>	57
V - 4 - 2 - 4. <i>Les INB et les laboratoires, usines, déchets et démantèlement (LUDD)</i>	57
V - 4 - 2 - 5. <i>Le transport de matières radioactives</i>	58
V - 4 - 2 - 6. <i>Les autres difficultés rencontrées</i>	58
V - 5. Le zonage dans les autres classes de risque	59
V - 5 - 1. Le risque Laser.....	59
V - 5 - 2. Le risque atmosphère explosive.....	60
V - 5 - 3. Le risque biologique	62
V - 5 - 4. Le risque pyrotechnique.....	64
V - 5 - 5. La synthèse.....	67
VI - Situation internationale du zonage radiologique	69
VI - 1. Les cadres réglementaires.....	70
VI - 2. Les objectifs du zonage	74
VI - 3. Les critères de zonage.....	75
VI - 4. La signalisation et le balisage	89
VII - Propositions du GT	95
VII - 1. Les réflexions du GT sur le dispositif actuel	95
VII - 1 - 1. Les innovations.....	95
VII - 1 - 2. Les faiblesses et les difficultés d'application	96
VII - 1 - 2 - 1. <i>L'ambiguïté sur l'évolution des limites de zones et leurs fondements</i>	96
VII - 1 - 2 - 2. <i>Les lacunes concernant les dispositions relatives aux zones réglementées surveillées et contrôlées.</i>	97
VII - 1 - 2 - 3. <i>Les difficultés concernant les dispositions relatives aux zones spécialement réglementées</i>	97
VII - 1 - 2 - 4. <i>Les difficultés concernant les dispositions relatives aux zones attenantes</i>	100
VII - 1 - 2 - 5. <i>Les difficultés liées à l'autorisation émanant de l'employeur</i>	100
VII - 1 - 2 - 6. <i>Les difficultés liées aux dispositions concernant la zone d'opération</i>	100
VII - 1 - 2 - 7. <i>Les difficultés liées aux opérations de transport</i>	100

VII - 1 - 2 - 8. Les difficultés liées à la signalisation des zones	101
VII - 1 - 3. Les axes d'évolution	101
VII - 2. Les propositions d'aménagement du dispositif	101
VII - 3. Les propositions de refonte du dispositif zonage	103
VII - 3 - 1. Pour une clarification des fondamentaux du zonage	104
VII - 3 - 1 - 1. Les objectifs du zonage	104
VII - 3 - 1 - 2. La fonction d'alerte	104
VII - 3 - 1 - 3. A qui s'adresse la fonction d'alerte ?	105
VII - 3 - 1 - 4. Le zonage comme composante du dispositif de radioprotection.....	106
VII - 3 - 2. La proposition d'un dispositif à deux niveaux : socle réglementaire commun et textes spécifiques par secteur d'activité.....	107
VII - 3 - 2 - 1. Les fondements	108
VII - 3 - 2 - 2. La gradation du risque	108
VII - 3 - 2 - 3. Le code couleur.....	109
VII - 3 - 2 - 4. Le classement et la délimitation des zones	109
VII - 3 - 2 - 5. Le choix des critères de classement.....	110
VII - 3 - 2 - 6. La prise en compte de l'exposition externe	111
VII - 3 - 2 - 7. La prise en compte de l'exposition interne.....	115
VII - 3 - 2 - 7 - 1. Contamination atmosphérique.....	115
VII - 3 - 2 - 7 - 2. Contamination surfacique.....	117
VII - 3 - 2 - 8. La prise en compte combinée des expositions interne et externe.....	119
VII - 3 - 2 - 9. Le balisage, la signalisation et les règles de sécurité associées	119
VII - 3 - 2 - 10. Les règles d'accès aux zones	120
VII - 3 - 2 - 11. La suspension temporaire	121
VII - 3 - 2 - 12. Les contrôles d'ambiance	121
VII - 4. La nécessité de s'ancrer dans la perspective d'une harmonisation internationale.....	122
VII - 4 - 1. Les principes.....	122
VII - 4 - 2. Une réflexion sur la mise en œuvre de guides sectoriels	123
VIII - Conclusion générale.....	125
IX - Glossaire.....	126
X - Bibliographie	128

PREAMBULE

En février 2011, les directeurs généraux de l’Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et de la Direction Générale du Travail (DGT) ont saisi les Groupes permanents d’experts en radioprotection (GPRAD et GPMED) afin d’engager une réflexion prospective sur la délimitation, la signalisation et l’accès aux zones réglementées destinée à élaborer des recommandations et à proposer des évolutions.

Le Groupe de travail, constitué de neuf experts issus des Groupes Permanents et provenant des différents secteurs (industriel, recherche, médical...) a conduit - durant 18 mois - un travail approfondi d’investigation et de réflexion aboutissant au présent rapport.

I - Objet de la saisine des Groupes permanents

En France, le code du travail [1] institue une obligation d'établir un zonage radiologique, de façon graduée, autour des sources de rayonnements ionisants dès lors que certains niveaux d'exposition sont observés. L'arrêté en date du 15 mai 2006 [2], dit arrêté « zonage », vient préciser les conditions d'application de ce dispositif.

I - 1. La lettre de saisine

Par lettre de saisine en date du 8 février 2011, les directeurs généraux de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et de la Direction Générale du Travail (DGT) ont demandé aux Groupes permanents d'experts en radioprotection (GPRAD et GPMED) d'engager une réflexion prospective sur la délimitation et l'accès aux zones réglementées en vue de produire des recommandations.

Le Groupe avait toute latitude pour établir ses propres modalités pratiques de fonctionnement afin de conduire cette expertise. A cet effet, des ressources humaines et matérielles ont été mises à sa disposition.

I - 2. Le contexte de la future Directive européenne

Depuis 2009, une future directive-cadre européenne en matière de protection contre les rayonnements ionisants, dite « directive normes de base » [3], est en cours d'élaboration et un projet abouti en date du 29 septembre 2011 (révisé le 30 mai 2012) est consultable en ligne. L'objet de cette nouvelle directive est :

- (a) de regrouper et consolider les 5 directives existantes [4],
- (b) de prendre en compte les évolutions de la radioprotection, notamment les recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique-103 (CIPR 103) [5],
- (c) de se mettre en cohérence avec les normes de base établies par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) [6].

La saisine des Groupes permanents susnommés s'inscrit dans ce contexte de révision des exigences européennes en matière de radioprotection et, tout particulièrement, dans la perspective des travaux de transposition.

I - 3. La demande des autorités

Dans le cadre de cette saisine, l'ASN et la DGT demandaient plus précisément au Groupe de travail (GT) constitué au sein des GPRAD et GPMED :

- d'examiner les exigences européennes à venir en ce qui concerne les objectifs et la délimitation des zones réglementées ;
- d'évaluer les besoins futurs en matière de zonage radiologique, en s'appuyant notamment sur les expériences nationales et internationales existantes ;
- de proposer un ou plusieurs dispositifs de délimitation des zones réglementées, en tenant compte de la nature et de l'ampleur des risques pour les travailleurs susceptibles d'y intervenir ou d'y accéder ponctuellement.

LA COMPOSITION DU GT-ZONAGE :

Pierre BARBEY	Vice-président du GPRAD - Président du GT-Zonage
Bernard AUBERT	Expert du GPMED
Gérard CORDIER	Expert du GPRAD
Patrick FRACAS	Expert du GPRAD
Jean-Pierre MANIN	Expert du GPRAD
Peggy MATHIEU	Expert du GPRAD
Nathalie RIZZO-PADOIN	Expert du GPMED
Catherine ROY	Expert du GPRAD
Jean-Christophe VARIN	Expert du GPRAD

Le secrétariat technique :

Nawal SAÂD	Secrétariat technique du GPRAD Co-secrétariat technique GT-Zonage - ASN
Rémi BARBE	Co-secrétariat technique GT-Zonage - DGT

II - Résumé et recommandations du GT

En préalable à une présentation détaillée des travaux de réflexion du GT, il est apparu essentiel à ses membres de résumer, d'une part, les points marquants qui ont guidé leurs propositions et, d'autre part, les idées fortes concernant les recommandations issues de leur réflexion.

II - 1. Les points marquants qui ont guidé la réflexion du GT

Ces points marquants résultent de l'analyse que le GT a pu faire, après une large consultation des acteurs de terrain, du dispositif actuel encadrant le zonage radiologique :

1. Le concept de définition de zones a eu un impact positif important sur la prévention des risques liés aux rayonnements ionisants dans tous les secteurs d'activité.
2. Néanmoins, le dispositif de zonage ne peut résumer à lui seul l'ensemble des actions qui constituent la radioprotection. Ainsi, si le zonage contribue à garantir le respect des limites réglementaires, l'optimisation de la radioprotection repose pour l'essentiel sur les analyses de poste.
3. Le dispositif réglementaire en vigueur souffre d'imperfections tant sur le fond que dans les modalités d'application ce qui rend difficile son appropriation. Or, si cette difficulté peut être admise pour des non-initiés, s'y ajoutent des ambiguïtés pour des intervenants directement concernés. Ainsi, quel que soit le niveau de formation ou d'implication, de réelles confusions, voire divergences, sont remontées du terrain.
4. Le droit du travail dans ses principes fondamentaux doit s'appliquer indistinctement quelles que soient les catégories de travailleurs et les secteurs d'activité : ses principes fondamentaux doivent donc reposer sur un socle commun.
5. La déclinaison uniforme d'un dispositif extrêmement détaillé vient inmanquablement se heurter à des spécificités propres à certaines activités professionnelles.
6. Sur le fond, le GT a retenu en particulier :
 - ✓ le défaut apparent d'objectifs clairs associés à l'arrêté « zonage » qui contribue à une perception de contraintes administratives peu mobilisatrices dans le sens d'une culture de radioprotection ;
 - ✓ Le manque de cohérence entre les objectifs du zonage décrits dans le code du travail, qui cite le respect des limites réglementaires annuelles dans les situations normales de travail, et les critères de délimitation déclinés dans l'arrêté « zonage » [2], qui définit des notions horaires et ne tient pas compte du temps de présence effectif ;
 - ✓ l'ambiguïté de certains points du dispositif notamment concernant l'interprétation de la notion de danger versus celle de risque, ou encore

l'articulation entre zonage, évaluation des risques et analyse de poste qui mérite d'être levée.

7. Sur l'application du dispositif, le GT a noté que :

- ✓ les critères retenus (i.e. en débit de dose instantané) pour définir certaines zones spécialement réglementées avec des contraintes additionnelles spécifiques, devenues applicables dans tous les secteurs d'activité, ont fait l'objet de la majorité des réserves émises pour le secteur médical, dentaire et vétérinaire où l'utilisation croissante de techniques d'imagerie à haut débit conduit à instaurer des zones spécialement réglementées dont les contraintes ne peuvent être totalement respectées ;
- ✓ les manquements constatés au travers des inspections régaliennes traduisent également une appropriation difficile des textes qui apparaît être une affaire de spécialistes et amène souvent les entreprises à faire appel à une PCR externe ou un consultant à défaut d'outils opérationnels tels que des guides méthodologiques, simples, pratiques et illustrés qui faciliteraient la mise en œuvre de la démarche de zonage par secteur d'activité.

8. Le comparatif réalisé avec le zonage dans d'autres classes de risque a démontré que les dispositions pour délimiter les zones à risque sont très variables selon le risque considéré. Cependant, dans tous les cas, l'objectif est de signaler le risque au plus près de la zone concernée par un pictogramme unique et de permettre à l'employeur de définir et mettre en œuvre les mesures de prévention adaptées à la nature et l'importance du risque (prescriptions techniques, conception des locaux, autorisation de travail, limitation des accès, formation, surveillance médicale des salariés, etc.). Cette délimitation des zones à risque nécessite une réflexion plus ou moins approfondie sur la base d'une évaluation des risques et d'éléments techniques définis réglementairement repris généralement par des guides pratiques rédigés par des professionnels du secteur d'activité considéré.

9. Le comparatif des dispositifs de zonage radiologique au niveau européen et international a révélé l'extrême diversité des réglementations nationales et de leur application. Néanmoins des guides pratiques par secteur d'activité ont été déclinés par de nombreux pays pour faciliter la lisibilité, la mise en œuvre et les contrôles du système par les acteurs de terrain.

II - 2. Les idées fortes des recommandations du GT

Sur ces constats, et parce que le risque radiologique est très variable d'un secteur d'activité à un autre, voire d'une installation à une autre, le GT suggère une évolution conséquente conduisant à une refonte du système eu égard aux critiques sur ses ambiguïtés et la complexité de sa mise en œuvre uniforme sur le terrain.

Néanmoins, dans l'attente de cette refonte, et pour une meilleure application des dispositions en vigueur, notamment dans le secteur médical, le GT souligne la nécessité d'aménager le système actuel.

Dans la perspective d'une harmonisation internationale, le GT suggère que les propositions de refonte du système développées ci-après impulsent des réflexions au niveau européen dont la France pourrait être à l'initiative.

II - 2 - 1. Les propositions d'aménagement du dispositif

Priorité 1 :

- Réécrire les articles 1 et 2 de l'arrêté « zonage » afin d'intégrer les précisions apportées par les circulaires de 2008 et 2010. En particulier, doivent être reprises et éventuellement modifiées les notions de danger versus risque et l'insertion de ce dispositif « zonage » dans le champ plus global de la radioprotection.
- Réviser les critères de débit d'équivalent de dose pour définir les zones contrôlées orange et rouge : ces critères de débit d'équivalent de dose horaire ne devraient être applicables que dans le cas où l'émission des rayonnements est continue. Dans les autres situations (émission discontinue ou pulsée) la référence à prendre en compte serait l'équivalent de dose intégré sur une heure.

Priorité 2 :

- Restructurer les articles 9 et 11 en un seul article pour clarifier la situation, le contexte et les contraintes associées des zones intermittentes et des zones temporairement suspendues. Dans ce cadre, mettre en place des zones surveillées intermittentes à l'instar des zones contrôlées.
- Préciser les modalités par lesquelles un chef d'établissement pourrait déléguer ses responsabilités à un salarié doté de l'autorité, de la compétence et des moyens nécessaires pour déclasser définitivement, ou temporairement, une zone et pour autoriser l'accès aux zones rouges.
- Préciser les règles d'accès particulières aux zones spécialement réglementées en cohérence avec la gradation des risques.
- Compléter l'article 19 (relatif à l'établissement d'une barrière matériellement infranchissable autour de la zone rouge) par « lorsque cela est techniquement possible ou par des dispositifs organisationnels qui garantissent le non franchissement fortuit (i.e. zones d'opération) ».
- Décliner, dans un guide professionnel soumis à approbation des autorités compétentes, la démarche administrative du protocole spécifique relatif à une zone d'opération.
- Mettre en place un zonage radiologique intermittent dans le cadre des activités de transport lorsque les situations de stationnement intermédiaire, de modifications du convoi ou de rupture de charge durent de façon significative.

II - 2 - 2. Le GT exprime un souhait fort

Bien que non directement lié au dispositif de délimitation des zones réglementées en tant que tel, l'interdiction d'emploi de travailleurs temporaires ou de travailleurs ayant des contrats à durée déterminée (CDD) dans des zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2 mSv est revenue de façon récurrente tout au long des travaux du GT. Le fondement de cette disposition, considérée par certains comme inadaptée aujourd'hui et par d'autres toujours utile, avait une fonction protectrice dans un contexte où la surveillance individuelle des travailleurs souvent itinérants de l'industrie nucléaire souffrait de défauts. Sans trancher la question, au regard du contexte actuel, les membres du GT suggèrent qu'une réflexion soit engagée avec l'ensemble des parties prenantes sur cette disposition.

II - 2 - 3. Les propositions de refonte du dispositif

Parce que le risque radiologique est très variable d'un secteur d'activité à un autre, voire d'une installation à une autre, le GT suggère que le dispositif zonage soit largement refondé selon un système à deux niveaux :

- Un socle réglementaire s'appuyant sur les objectifs globaux du zonage radiologique (cf. VII-3-1-1.) et présentant les grands principes inscrits dans le champ de la radioprotection ; ce socle correspondant à l'unification de la radioprotection s'applique à tous les secteurs d'activité sans distinction.
- Un volet complémentaire comportant des textes d'application spécifiques aux différents secteurs d'activité (industrie nucléaire, médical, vétérinaire, industrie, recherche....) destinés à entrer avec plus de précision dans la mise en œuvre concrète du zonage ; cela peut être envisagé sous la forme de guides. Ces derniers seraient homologués par les autorités compétentes pour garantir une homogénéité tant dans la mise en œuvre que dans le processus de contrôle.

Concernant le socle réglementaire, il devrait notamment décliner précisément le type de zones, les critères de dose retenus pour la délimitation ainsi que le balisage, les symboles et la signalisation associés de même que les exigences générales de radioprotection afférentes à chacune d'elles.

Les propositions qui suivent visent à une clarification du dispositif en vigueur en France et à une harmonisation de ses modalités de mise en œuvre, en maintenant un objectif clair de protection des travailleurs, d'une part, par le respect de niveaux d'exposition et, d'autre part, par l'application de règles de radioprotection associées à chaque type de zones.

Eu égard à la nature de sa mission, le GT s'est attaché à définir les objectifs propres de la démarche de zonage. L'objet de la délimitation en zones est de s'assurer du respect des valeurs limites d'exposition. Il s'agit là d'un objectif basé sur le principe fondamental de limitation des expositions.

A cette fin, à l'attention du public et des travailleurs, le zonage radiologique doit :

- D'une part, assurer une fonction d'alerte,
- D'autre part, permettre d'informer sur un niveau de risque d'exposition aux rayonnements ionisants.

Par ailleurs, la gradation de l'espace en niveaux de risque doit permettre aux acteurs en charge de la radioprotection : personne compétente en radioprotection (PCR) et/ou service compétent en radioprotection (SCR) de mieux hiérarchiser leurs missions.

En tout état de cause, le GT rappelle que, au-delà du respect des limites d'exposition, la démarche d'optimisation de la radioprotection s'appuie sur les études de poste de travail qui constituent un complément indispensable du zonage radiologique.

Par la suite, les points saillants du dispositif refondé sont résumés ainsi :

1. Compte tenu de la diversité des pratiques et des enjeux associés, il est indispensable de conserver une signalisation traduisant une approche de gradation du risque. Cependant, dans un souci de simplification, cette gradation ne repose plus que sur 4 niveaux de risque (au lieu de 5 actuellement).
2. Cette gradation du risque s'appuie sur un code couleur, qui va du « bleu » (risque faible) au « rouge » (risque très élevé), en passant par le jaune et l'orange. La couleur verte, symbolisant traditionnellement une situation normale et *a priori* sans risque, n'est pas reprise pour signaler la zone contrôlée.
3. En-dessous de la borne inférieure de la zone bleue, on distinguera en particulier deux types de situations correspondant à des zones non classées pour lesquelles des dispositions réglementaires - mêmes modestes - seront néanmoins exigées : d'une part, les installations où des sources sont présentes mais sans pour autant justifier leur classement en zone surveillée ou contrôlée, et d'autre part, le cas des zones attenantes, locaux ou espaces où aucune source n'est présente mais qui sont contigües à une zone classée. Pour les zones attenantes, un facteur d'occupation pourra être considéré.
4. La zone bleue constitue la zone surveillée. Les zones jaune, orange et rouge sont des zones contrôlées auxquelles sont associées la gradation de risque et de danger potentiel.
5. Pour déterminer le classement des zones, un système de valeurs de référence numériques, reposant sur des critères annuels de dose efficace et de doses équivalentes aux extrémités (voire au cristallin) est proposé. Cette approche de critères liés à des valeurs limites permettra d'adapter les valeurs affichées en fonction des évolutions réglementaires en radioprotection.
6. Sur cette base, la délimitation d'une zone surveillée ou contrôlée vis-à-vis du risque d'exposition externe est effectuée dans un premier temps avec une approche conservatrice (1600 h ou 2000 h sur un an, ou moins sur justification mais sans jamais conduire à considérer une durée annuelle inférieure à 800 h).

7. Au-delà, dès lors que l'analyse de risque a conduit à délimiter une zone contrôlée, des critères liés à l'exposition intégrée sur une heure de référence (prise en compte du danger potentiel) sont à appliquer.
8. La délimitation d'une zone surveillée ou contrôlée vis-à-vis du risque d'exposition interne est basée sur l'application de critères de contamination surfacique traduisant la propreté radiologique (hors cas particuliers des gaz radioactifs et du tritium).
9. La signalisation de toute zone classée repose sur le trisecteur noir sur fond jaune, complété de la dénomination « zone surveillée » ou « zone contrôlée », du code couleur caractérisant le niveau de risque et d'informations complémentaires (type d'exposition, caractère intermittent de la zone...).

II - 2 - 4. Vers une harmonisation internationale

A la lumière de l'exposé du résultat de l'étude internationale [17] dont il avait établi le cahier des charges, le GT a été frappé de l'extrême diversité des réglementations nationales et de leur application. Cette diversité apparaît aussi bien sur la nature des zones établies, que sur les critères de délimitation, les règles applicables ou encore le balisage, la signalisation et ses codes couleurs.

Dès lors, le GT est resté fortement perplexe en considérant la situation d'un travailleur transfrontalier qui, au-delà des difficultés de compréhension linguistiques, doit appréhender une démarche de zonage et une symbolique associée qui changent à chaque pays parcouru.

A l'instar de ce qui a été récemment mis en place à l'échelle internationale pour le risque chimique - à travers le Système Général Harmonisé (SGH) – un travail d'harmonisation doit pouvoir être engagé pour le risque radiologique, à commencer par la stratégie du zonage radiologique, sous l'impulsion de la France.

III - Démarche du Groupe de travail

Le GT-Zonage est constitué de neuf experts issus des Groupes Permanents d'experts en radioprotection mis en place par l'ASN provenant du secteur industriel et recherche (GPRAD) et du secteur médical (GPMED). Ils ont une bonne connaissance, dans leurs secteurs d'activité respectifs, de la mise en œuvre de la délimitation et de la signalisation des zones réglementées compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants ainsi que des règles spécifiques d'accès.

En amont de la rédaction de propositions d'évolution sur ce sujet complexe, souhaitant que sa réflexion balaye un champ le plus large possible, le GT a programmé un ensemble d'actions d'analyse et de consultations. Il a ainsi décidé d'interroger de façon exhaustive et participative les acteurs de la radioprotection œuvrant au quotidien sur leur retour d'expérience de l'application des dispositions réglementaires actuelles en matière de zonage.

Le plan de route du GT a ainsi été organisé autour des actions suivantes :

- une analyse bibliographique, consistant en une étude historique de la notion de zone réglementée avec son apparition dans les textes, sa philosophie initiale et son évolution au cours du temps ;
- une consultation des acteurs de terrain au moyen d'un questionnaire à questions à choix multiples et à questions ouvertes à réponse courte ciblée (Annexe 1) qui a été diffusé largement aux acteurs de terrain par le biais des réseaux en radioprotection : Société Française de Radioprotection (SFRP), Société Française de Physique Médicale (SFPM), réseaux loco-régionaux, réseaux professionnels nationaux, etc...). L'objet était ici d'avoir un échantillon le plus représentatif possible de l'ensemble des secteurs d'activité et de saisir largement leur retour d'expérience sur la mise en œuvre de l'arrêté « zonage » [2] ;
- des visites sur site tant en installation nucléaire de base qu'en activité médicale qui ont permis aux experts d'appréhender *in situ* les difficultés de terrain en rencontrant des PCR/SCR, des professionnels exposés et des représentants du personnel ;
- l'organisation d'un colloque national de radioprotection à l'Université de Caen les 28 et 29 novembre 2011 centré sur le thème du zonage radiologique (programme Annexe 2), avec lequel le GT affichait sa volonté de permettre aux acteurs de terrain de s'exprimer et de participer en direct au débat initié lors de ces journées ;
- une demande, formulée auprès de leurs administrations respectives, de retour d'expérience des agents de contrôle de l'inspection du travail et des inspecteurs de la radioprotection, concomitamment compétents sur ce thème, dans le cadre de leurs inspections ;
- une étude comparative sur les délimitations ou zones spécifiques applicables à d'autres classes de risques : risque laser, atmosphères explosives (ATEX), risque biologique et risque pyrotechnique ;

- l'établissement d'un cahier des charges pour étudier les pratiques internationales de mise en œuvre de zones réglementées vis-à-vis de l'exposition aux rayonnements ionisants incluant comme points de comparaison des cas pratiques ; le Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN), prestataire retenu suite à un appel d'offre mandaté par l'ASN, a rapporté au GT par le biais d'une note, la synthèse des règles applicables dans sept pays : Belgique, Espagne, Etats-Unis, Finlande, Royaume-Uni, Suède et Suisse.

Le GT remercie vivement tous les acteurs qui ont accepté de participer à l'une ou l'autre de ces actions car les enseignements en résultant lui ont été particulièrement utiles dans le processus de réflexion qui a abouti à la rédaction de ce rapport.

Dans le cadre du Groupe de travail, les membres du GT se seront réunis 21 fois pour des séances de travail d'une journée et auront participé à 3 jours de visites sur sites et 2 jours de colloque.



IV – Historique et évolutions du concept de zones réglementées

IV - 1. Les prémices de la radioprotection [8, 9]

Bien que les affections liées aux rayonnements ionisants aient déjà fait l'objet en 1931 d'un tableau n°6 dans la nomenclature des maladies professionnelles, la première réglementation que l'on pourrait qualifier de « Radioprotection » est apparue avec le décret du 5 décembre 1934 et les deux arrêtés du 26 décembre 1934 qui ne seront pas abrogés avant le décret n°67-228 du 15 mars 1967 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.

Les textes de 1934 ne comportaient pas de prescriptions réellement contraignantes pour l'employeur qui avait pour seule obligation de distribuer un « avis » aux travailleurs sur les dangers présentés par les corps radioactifs et les mesures de prévention à prendre.

Il faudra attendre le décret n°66-450 du 20 juin 1966 relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements ionisants, pour voir apparaître des mesures particulières, dont l'obligation d'établir une zone contrôlée.

Ces premières dispositions historiques de radioprotection ont été sous tendues par la création en 1928 de l'« International X ray and Radium Protection Committee » (IXRPC) qui deviendra en 1950 l'« International Commission on Radiological Protection » (ICRP).

La prise en compte des recommandations issues des différentes publications de la CIPR se traduit par des textes réglementaires qui s'en inspirèrent directement ou furent transposés à partir de directives européennes (cf. tableau 1).

IV - 2. Le Zonage : un concept évolutif au fil des années

IV - 2 - 1. De la CIPR 1 de 1959 au décret de 1986

✓ Evolutions de la CIPR

C'est dans la CIPR 1 de 1959 (adoptée à Genève le 9 septembre 1958) que l'on voit apparaître des concepts novateurs en radioprotection et les premières définitions relatives à la classification des travailleurs et à la délimitation de zones.

Le système était basé sur la formule : $D = 5(N-18)$ {En moyenne 5 rems (50 mSv) par an}

Des limites trimestrielles sont également fixées [7].

D représente une dose cumulée moyenne (en rems) à l'âge N (en années), pour les gonades, les organes hématopoïétiques et le cristallin. Pour ce dernier tissu, il est remarquable d'observer que l'on considérait sa contribution à la dose profonde, alors estimée sous 300 mg.cm^{-2} , en la limitant à 50 mSv.

On envisageait ainsi une sorte de crédit de dose cumulé sur la vie professionnelle, par exemple 60 rems à l'âge de 30 ans.

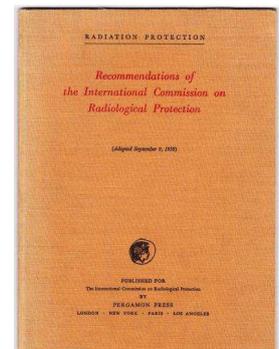


Tableau 1 : Publications CIPR et principales corrélations en termes de directives et de transpositions en droit national relatives au zonage

Principales publications CIPR	Directives donnant lieu à transposition	Intégrations en droit français Textes les plus significatifs
Publication 1 1959	Directive Européenne CEEA du 20 février 1959	Décret n° 66-45 du 20/06/66 Décret n°67-228 du 15/03/67 Arrêtés des 18 et 19 avril 68 Décret n° 75-306 du 28/04/75 Arrêtés des 7 et 8 juillet 1977
Publication 26 1977	Directive n° 80-836 modifiée par la directive n°84-467 Directive n° 90-641	Décret n° 86-1103 du 02/10/86 Décret n° 88-521 du 18/04/88 Décret n° 88-662 du 06/05/88 Décret n° 98-1185 et 98-1186 du 24/12/98
Publication 60 1990	Directive n° 96-29 Directive n°97-43 Directive n° 2003-122	Décret n° 2011-215 du 08/03/01 Décret n° 2003-296 du 31/03/03 Arrêté du 15/05/06 Circulaire DGT/ASN n° 01 du 18/01/08
Publication 103 2007	Proposition de directive du Conseil fixant les normes de bases pour la protection contre les dangers des rayonnements ionisant 2011/0254 (NLE) du 30 mai 2012	A venir...

D'autres valeurs étaient fixées pour la peau, les mains et autres organes [7]. Pour la contamination, des valeurs de Maximum Permissible Concentration (MPC), les futures Concentrations Maximales Admissibles (CMA), étaient prescrites pour l'air et l'eau sur la base d'une exposition continue de 168 h/semaine.

Le chapitre consacré aux principes généraux relatifs aux conditions de travail apportait des éléments nouveaux et la définition de certains termes :

- une zone contrôlée doit être établie lorsque des personnes professionnellement exposées peuvent recevoir une dose supérieure à 1,5 rem (15 mSv) par an soit les 3/10 de la limite annuelle (pour les gonades, les organes hématopoïétiques et le cristallin). Cette zone est placée sous le contrôle d'un « *Radiation Protection Officer* » (RPO) ;

- la notion d'expert qualifié y est également caractérisée ;
- la commission recommande qu'à l'extérieur de telles zones contrôlées, donc ce que l'on pourrait considérer comme zone « public », aucun enfant ne reçoive plus de 0,5 rem (5 mSv) soit 1/10 de la limite annuelle ;
- pour les groupes spéciaux travaillant au voisinage de zones contrôlées un facteur 3 est prévu par rapport au groupe des enfants, soit 1,5 rem par an.

La CIPR prend soin de préciser qu'aucune signification biologique ne doit être attachée à l'ampleur de ce dernier facteur, le justifier par des considérations radiobiologiques serait tout à fait inapproprié à cet égard.

Ces recommandations concernant l'exposition individuelle couvraient les deux catégories suivantes et incluait de fait la notion de facteurs d'occupation :

- le groupe A pour une personne qui travaille normalement en zone contrôlée (*occupational exposure*) ;
- le groupe B, (*exposure of special groups*) pour des personnes du public ou des travailleurs qui sont exposés à des rayonnements provenant d'une zone contrôlée ; ces groupes peuvent inclure des enfants et des femmes enceintes ;
 - B(a) : adultes qui travaillent au voisinage de zones contrôlées mais qui ne sont pas eux-mêmes employés à des travaux provoquant une exposition aux rayonnements ionisants ;
 - B(b) : adultes qui pénètrent occasionnellement en zone contrôlée au cours de leur travail mais ne sont pas considérés comme travailleurs sous rayonnements ;
 - B(c) : membres du public résidant au voisinage de zones contrôlées.

La zone contrôlée est donc définie en fonction de l'exposition susceptible d'être reçue par un travailleur, il n'y a pas encore de notion de zone surveillée, même si elle existe implicitement en tant que zone au voisinage des zones contrôlées. Le choix de la valeur de 1,5 rem (15 mSv) n'a jamais été clairement argumenté, mais cette valeur a été jugée suffisamment conservatrice à l'époque. Quant aux facteurs de 3/10 et de 1/10, ils perdureront, sans jamais avoir été remis en question (sauf pour la dose organisme entier du public en 2001).

Il est cependant remarquable de constater que peu de temps après la CIPR 1 élaborée en septembre 1958, la Directive CEEA du 20 février 1959 définissait déjà avec précision la zone surveillée dans l'article premier paragraphe 3 : « *Zone surveillée est tout lieu de l'espace à la périphérie d'une zone contrôlée où il existe un danger permanent de dépasser la dose maximale admissible pour l'ensemble de la population et où s'exerce un contrôle physique de protection contre les radiations.* »

Curieusement, cette définition de la zone surveillée ne sera pas reprise avant le décret de 1986.

- ✓ *Décret n° 66-450 du 20 juin 1966 relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements ionisants, modifié ensuite par les décrets n° 88-521 du 18 avril 1988 et n° 94-604 du 19 juillet 1994)*

Celui-ci va reprendre en grande partie les concepts et les définitions de la CIPR 1 de 1959.

Apparaissent les notions de Personnes Directement Affectées à des Travaux sous Rayonnements (DATR), c'est à dire celles qui travaillent habituellement en zone contrôlée et les Non Directement Affectées aux Travaux sous Rayonnements, (NDATR) qui ne travaillent pas habituellement en zone contrôlée mais sont cependant exposées aux rayonnements ionisants [7].

L'article 21 définit précisément la zone contrôlée comme une zone « ... où les conditions d'exposition sont telles que les personnes sont susceptibles de recevoir des équivalents de dose supérieurs à ceux fixés à l'article 8 », soit 1,5 rem (15 mSv) pour les NDATR. Des valeurs de CMA sont établies pour l'exposition par inhalation et par ingestion sur la base toujours de 168 h par semaine.

La zone contrôlée est donc toujours définie à partir de la dose susceptible d'y être reçue par les DATR. Il n'y a pas encore de notion de zone surveillée exprimée de façon explicite.

- ✓ *Décret n° 67-228 du 15 mars 1967 portant règlement d'administration publique relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants, non applicable aux Installations Nucléaires de Base (INB)*

Ce décret ne modifie pas les valeurs et définitions précédentes. Par contre on y découvre :

- la mission de la Personne compétente ;
- l'obligation d'informer par une notice écrite les travailleurs en zone contrôlée ;
- le contrôle des expositions par dosimétrie individuelle pour les DATR ;
- l'obligation de délimiter autour de la source une zone contrôlée dès lors que les équivalents de doses susceptibles d'être délivrés sont supérieurs à ceux prévus pour les NDATR. Cette délimitation est effectuée par un organisme agréé pour les générateurs de rayons X et les sources scellées, par la Personne compétente pour les sources non scellées et les installations à poste mobile ;
- pour les générateurs de rayons X, les parois doivent apporter une protection telle que dans les locaux attenants, l'équivalent de dose soit inférieur en moyenne à 2,5 mrem/h ($25 \mu\text{Sv/h}$)¹ s'ils sont dans la zone contrôlée et à 0,75 mrem/h ($7,5 \mu\text{Sv/h}$) s'ils sont à l'extérieur ;
- en dehors de la zone contrôlée, un contrôle d'ambiance doit être effectué dans les chantiers ou locaux, lorsque les équivalents de dose sont supérieurs à ceux fixés pour le public ;

¹ Cela est dû au fait que l'on considère une dose de 50 mSv sur une période de 2000 h, soit $25 \mu\text{Sv/h}$ en moyenne ($50000 \mu\text{Sv}/2000 \text{ h} = 25 \mu\text{Sv/h}$). La valeur de $7,5 \mu\text{Sv/h}$ correspond à la valeur de 3/10 définissant la limite inférieure de la zone contrôlée

- des mesures d'ordre médical sont établies pour la zone contrôlée.

Ainsi, la zone contrôlée est désormais cadrée plus précisément par plusieurs exigences auxquelles s'ajoute le critère du débit d'équivalent de dose. La dénomination de zone surveillée n'apparaît toujours pas, mais elle est conceptuellement déjà matérialisée à partir des équivalents de dose dépassant les valeurs fixées pour le public.

✓ *Arrêté du 18 avril 1968 approuvant les méthodes de contrôle élaborées par le Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI)*

Ce texte comporte de nombreuses dispositions d'ordre technique dont certaines ne seront pas reprises dans les textes ultérieurs.

Prise en compte de facteurs d'occupation :

- dans les zones attenantes, pour un plein emploi de l'appareil, on tient compte d'un facteur d'occupation de 1/3 pour les zones transitoires telles que couloirs, escaliers, ascenseurs, déshabilleurs, toilettes, cours, jardins... et de 1/10 pour la voie publique ;
- la dose maximale admissible est de 1,5 rem par an (15 mSv) pour les lieux sous la responsabilité de l'employeur, et de 0,5 rem par an (5 mSv) dans le cas contraire ;
- lorsque la limite de la zone contrôlée ne coïncide pas avec les cloisons, on place des barrières au niveau desquelles le débit horaire ne dépasse pas 0,75 mrem/h (7,5 μ Sv/h) si les zones attenantes sont placées sous la responsabilité de l'employeur et 0,25 mrem/h (2,5 μ Sv/h) dans le cas contraire.

Des délimitations en fonction de la source :

- pour les sources en régime permanent et les générateurs X, les courbes d'isodose à 2,5 mrem/h (25 μ Sv/h) et 25 mrem/h (250 μ Sv/h) doivent être établies, dans les conditions de fonctionnement maximal compatibles avec les matériels et sont reportées sur un plan.
- l'isodose 2,5 mrem/h (25 μ Sv/h) doit être matérialisée dans le local par une bande jaune continue de 5 cm de large.
- pour les sources mobiles, l'organisme agréé porte sur un croquis côté les courbes d'isodose qui permettront à la PCR de déterminer la zone contrôlée. Sur le terrain ces limites sont matérialisées par une barrière ou un balisage, sauf dans le cas des utilisations médicales.
- pour les sources non scellées, la zone contrôlée est étendue à l'ensemble des pièces, réservées à la manipulation des sources non scellées, qui doivent constituer des unités groupées et individualisées.

- ✓ Décret n° 75-306 du 28 avril 1975 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants dans les installations nucléaires de base

C'est une réglementation qui traite spécifiquement des INB et qui établit de nouvelles dispositions dans la conception du zonage, en introduisant à l'article 17 les zones spécialement réglementées ou interdites « dès lors que les risques d'irradiation ou de contamination dépassent certains seuils ».

Ces zones font l'objet d'une délimitation et d'une signalisation distincte qui ont été précisées dans les arrêtés des 7 et 8 juillet 1977 pris en application des articles 18 et 23 du décret précité.

Au sein de la zone contrôlée, il faut distinguer désormais trois autres zones (cf. tableau 2) :

- les zones désignées « JAUNE » ;
- les zones désignées « ORANGE ». L'accès à ces zones orange et la durée du séjour sont soumis à l'accord d'une personne appartenant au service qualifié en radioprotection ;
- les zones désignées « ROUGE ». L'accès à ces zones rouges est interdit et n'est autorisé qu'à titre exceptionnel par le chef d'établissement après avis d'une personne appartenant au service qualifié en radioprotection.

Tableau 2 : Valeurs limites zonage des arrêtés du 7 juillet 1977 et du 8 juillet 1977

Zone non réglementée	Zone réglementée	Zones spécialement réglementées		
Zone attenante	Zone contrôlée Verte	Zone contrôlée Jaune	Zone contrôlée Orange	Zone Rouge interdite
≤ 7,5 μSv/h	>7,5 μSv/h	>25 μSv/h	>2 mSv/h	>100 mSv/h
≤ 0,3 CMA	> 0,3 CMA	> 1 CMA	> 80 CMA	> 4000 CMA

Ces subdivisions seront reprises dans l'arrêté « zonage » actuel [2].

Dans le cas de la contamination atmosphérique, des limites respectivement de 1, 80, et 4000 fois la CMA sont établies en correspondance de ces zones, sur la base de 40 à 48 h de travail par semaine.

L'origine de ces facteurs de 1, 80 et 4000, pour les frontières entre zone contrôlée verte et zone contrôlée jaune, orange et rouge n'est pas clairement identifiée et leur pertinence n'a jamais vraiment été argumentée sur le plan scientifique ou médical. Ces ratios, tant pour l'exposition externe qu'interne, ont été repris dans l'arrêté « zonage » [2] et généralisés à tous les secteurs d'activité.

La signalisation des zones spécialement réglementées ou interdites est établie à partir du schéma de base normalisé (trsecteur conforme à la norme NF M60-101) de couleur identique à celle de la zone considérée (norme NF M62-101). Les panneaux de signalisation sur lesquels figure ce schéma de base peuvent comporter, si nécessaire, des signes ou inscriptions supplémentaires.

- ✓ *Décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants, (hors INB)*

Celui-ci incorpore les nouveautés des *directives EURATOM* de 1980 et 1984 issues de la *CIPR 26 de 1977* :

- définition de catégories A et B, selon que l'exposition, dans les conditions habituelles de travail, est supérieure aux 3/10 ou au 1/10 des nouvelles valeurs limites [7] ;
- remplacement des CMA par les notions de Limites Annuelles d'Incorporation (LAI) et de Limites Dérivées des Concentrations dans l'Air (LDCA) ;
- lorsque les risques d'exposition, dans une zone contrôlée, dépassent certains seuils, des zones spécialement réglementées ou interdites peuvent être délimitées et signalées de manière distincte ;
- apparition pour la première fois de la définition de la zone surveillée : « ...dans laquelle l'exposition des travailleurs est susceptible dans les conditions normales de travail, de dépasser 1/10 de l'une des limites annuelles d'exposition » ;
- les missions et la formation de la PCR sont renforcées.

La notion de zone surveillée n'apparaîtra que plus tard pour les INB à l'occasion du *décret 88-662 du 6 mai 1988*, modifiant le *décret 75-306* cité plus haut.

Il est à noter que le décret 86-1103 comporte de nombreux concepts innovants comme la dissociation entre la classification des travailleurs et la définition des zones. Cette différenciation est introduite à partir des nuances subtiles que constituent les « conditions normales » de travail pour la définition des zones, à comparer aux « conditions habituelles » de travail pour la classification des travailleurs. On note que cette différenciation terminologique ne fait pas l'objet d'une interprétation réglementaire précise.

Par ailleurs, la possibilité de subdiviser la zone contrôlée en zones spécialement réglementées ou interdites représente une première amorce du rapprochement des réglementations INB et hors INB, dont la cohérence logique aboutira à l'arrêté « zonage » [2].

Enfin, dans l'arrêté du 01 juin 1990 relatif aux méthodes de contrôle prévues par le décret 86-1103 figure en annexe 1 (§ 3.2.4.1) pour les installations fixes : « Lorsque les zones attenantes sont des zones de passage on pourra tenir compte d'un facteur d'occupation qui ne devra en aucun être inférieur à 0,1 ».

On retrouve ici la même approche que pour les zones d'occupation transitoire de l'arrêté du 18 avril 1968.

IV - 2 - 2. Le dispositif actuellement en vigueur

Le dispositif actuel de zonage repose sur la CIPR 60 de 1990 conduisant à la directive EURATOM n°96-29 du 13 mai 1996, transposée en droit français par le *décret n° 2003-296 du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants*. Ce décret en intègre donc les éléments les plus remarquables, désormais étendus à tous les secteurs d'activité. Son application sera concrétisée dans l'arrêté « zonage » [2].

Parmi les dispositions les plus remarquables relatives à ces deux textes on peut noter :

- de nouvelles grandeurs de radioprotection, dose équivalente, dose efficace, dose efficace engagée ;
- des facteurs de pondération radiologiques et tissulaires : w_R et w_T ;
- des coefficients de dose efficace engagée par inhalation ou ingestion appelés encore Dose Par Unité d'Incorporation (DPUI) ;
- l'obligation de dosimétrie opérationnelle dans les zones contrôlées ;
- l'abaissement à 20 mSv en dose efficace de la limite annuelle pour l'organisme entier (50 mSv auparavant) ;
- une limitation possible de la zone à une partie du local ou un espace de travail ;
- l'apparition dans les locaux ou aires attenants aux zones surveillées et zones contrôlées de l'obligation de respecter la valeur de 80 μ Sv par mois en dose efficace² ;
- la définition des zones spécialement réglementées ou interdites en termes de dose susceptible d'être reçue en une heure (cf. tableau 3). Un deuxième paramètre relatif au débit d'équivalent de dose est utilisé dans le cas de l'exposition externe seule de l'organisme entier ;
- la notion de zone intermittente et suppression temporaire ou définitive de délimitation de zone surveillée ou de zone contrôlée. Cette suppression est prise par le chef d'établissement³ après contrôles ;
- pour les appareils mobiles ou portables, le chef d'établissement devient le responsable de l'appareil. La zone contrôlée devient zone d'opération ;
- à la périphérie de la zone d'opération les valeurs en débits d'équivalent de dose moyennés peuvent être différentes : 2,5 μ Sv/h et 25 μ Sv/h à titre exceptionnel ;
- le chef d'établissement établit des règles spécifiques, en particulier pour le zonage, adaptées au transport au sein de son établissement ;

² En référence à la limite annuelle de 1 mSv pour un travailleur non exposé.

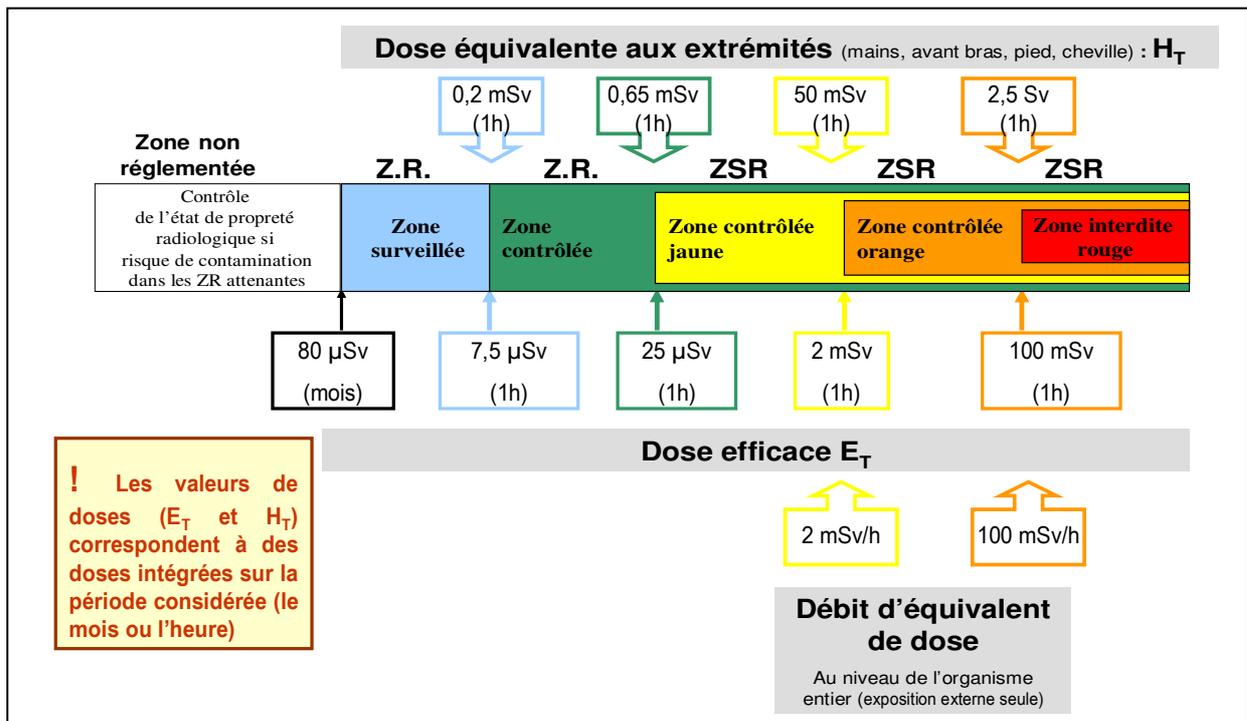
³ La substitution de la notion d'employeur à celle de chef d'établissement, apparue lors de la recodification du code du travail en 2008, visait à harmoniser les termes utilisés par le code du travail sans chercher à modifier les obligations qui s'imposaient jusque là.

- l'accès en zone orange et rouge fait l'objet d'un enregistrement nominatif. Les conditions d'accès et de sortie de ces zones sont définies par le chef d'établissement, après avis de la PCR.

En application de l'arrêté du 8 octobre 1990 modifié par l'arrêté du 12 mai 1998 *fixant la liste des travaux pour lesquels il ne peut être fait appel aux salariés en CDD ou aux salariés des entreprises de travail temporaire*, une valeur limite maximale de débit de dose horaire de 2 mSv leur est applicable⁴. Concernant l'exposition externe, les zones orange et rouge leur sont donc interdites.

Il n'existe pas de valeur de seuil bas pour définir la zone surveillée dans le cas de l'exposition des extrémités, alors que pour l'exposition externe et interne en dose efficace, une valeur de 80 µSv/mois a été fixée concernant les zones attenantes aux zones réglementées.

Tableau 3 : Règles de délimitation des zones pour les installations fixes d'après l'arrêté « zonage »



IV - 2 - 3. Les récentes et futures évolutions internationales

La récente *CIPR 103 de 2007* présente de nombreuses modifications entre autres celles concernant les valeurs pour le radon, les modifications des facteurs de pondération radiologiques et tissulaires...

Par ailleurs, dans un communiqué du 21 avril 2011 portant sur les réactions tissulaires, la CIPR recommande d'abaisser la limite annuelle pour le cristallin à 20 mSv.

⁴ Intégré par la suite dans le code du travail sous l'article D.4154-1.

Ces nouvelles dispositions apparaissent dans le projet de directive-cadre européenne [3].

La future directive EURATOM

La future Directive EURATOM [3] a fait l'objet, le 29 septembre 2011, d'une nouvelle proposition du conseil, révisée le 30 mai 2012. Ce projet reprend, à ce stade, les propositions ci-dessus mais n'apporte pas de modifications significatives dans les concepts relatifs à la protection des travailleurs.

Ainsi, les dispositions sur les lieux de travail (article 33) devront inclure une classification des emplacements de travail en différentes zones appropriées, en référence à une évaluation des doses annuelles attendues et de la probabilité et de l'ampleur des expositions potentielles.

Une distinction devra être établie entre la classification des zones contrôlées et surveillées, appropriée à des circonstances particulières.

L'entreprise devra surveiller les conditions de travail dans les zones contrôlées et surveillées. Les exigences pour les zones sont précisées aux articles 35 et 36.

Les exigences minimales pour la **zone contrôlée** sont les suivantes (article 35) :

- a) une zone contrôlée est délimitée et n'est accessible qu'à des personnes ayant reçu des instructions appropriées. Elle est contrôlée selon une réglementation écrite établie par l'entreprise. Des dispositions spéciales sont prises chaque fois qu'il existe un risque notable de dispersion de la contamination radioactive, notamment concernant l'accès et la sortie des personnes et des marchandises ainsi que la surveillance de la contamination dans la zone contrôlée et dans la zone adjacente ;
- b) en fonction de la nature et de l'ampleur des risques radiologiques régnant dans les zones contrôlées, une surveillance radiologique du milieu de travail est organisée conformément à l'article 37 ;
- c) des indications précisant le type de zone, la nature des sources et les risques qu'elles comportent sont affichées ;
- d) des consignes de travail adaptées au risque radiologique lié aux sources et aux opérations effectuées sont établies.

Les exigences pour la **zone surveillée** sont les suivantes (article 36) :

- a) en fonction de la nature et de l'ampleur des risques radiologiques régnant dans les zones surveillées, une surveillance radiologique du milieu de travail est organisée conformément à l'article 37 ;
- b) des indications précisant le type de zone, la nature des sources et les risques qu'elles comportent sont affichées ;
- c) des consignes de travail adaptées au risque radiologique lié aux sources et aux opérations effectuées sont établies.

Pour l'ensemble de ces zones, la mise en œuvre de ces dispositions devra être effectuée sous la responsabilité de l'entreprise qui consulte au préalable l'expert en radioprotection.

L'article 37 spécifie **les mesures de surveillance radiologique** des lieux de travail qui devront comprendre lorsque c'est approprié :

- a) la mesure des débits de dose externe avec indication de la nature et de la qualité des rayonnements en cause ;
- b) la mesure de la contamination atmosphérique et de la contamination surfacique en radionucléides contaminants avec indication de leur nature et de leurs états physique et chimique ;
- c) la mesure des concentrations de radon sur le lieu de travail ;
- d) les résultats de ces mesures sont enregistrés et, au besoin, servent à estimer l'exposition individuelle.

IV - 3. Les conclusions

La zone contrôlée a été définie à l'origine à partir des valeurs de doses susceptibles d'être reçues par les personnes directement affectées à des travaux sous rayonnements ionisants.

Seule la zone contrôlée, associée aux travailleurs DATR, était envisagée, la zone contigüe n'étant pas spécifiquement désignée, même si au cours des années des mesures d'ambiance y furent imposées.

La zone surveillée, bien que définie dans la Directive de la CEEA du 20 février 1959, n'apparaîtra réellement que dans le décret de 1986.

Si de nombreuses nuances sont apparues au fil du temps associées à des concepts évolutifs, et à des moyens parfois plus contraignants, les objectifs et la philosophie du zonage, de même que les facteurs de délimitation de 3/10 et de 1/10 entre zone non réglementée, zone surveillée et zone contrôlée, sont demeurés inchangés et stables depuis les recommandations de la CIPR 1 de 1959.

Il n'en est pas de même pour les facteurs d'occupation transitoire de zones fixés dans l'arrêté d'avril 1968, qui n'ont pas été repris par les règlements ultérieurs.

Les valeurs limites d'exposition ont évolué en permanence à la baisse depuis les années 50 jusqu'en 2007.

Les limites des zones spécialement réglementées ou interdites sont restées, en valeur absolue, identiques à celles fixées dans les textes de 1977. En revanche, elles ont été étendues à l'ensemble des secteurs d'activité et les débits d'équivalent de dose horaire sont devenus des équivalents de dose intégrés sur une heure, en conservant toutefois les débits d'équivalent de dose pour la délimitation des zones orange et rouge.

Bien que la valeur limite annuelle soit passée de 50 mSv à 20 mSv, la valeur de 25 $\mu\text{Sv/h}$ est devenue 25 μSv en moyenne sur une heure sur la considération qu'une occupation professionnelle à une exposition continue à ce niveau en zone contrôlée ne pouvait dépasser en pratique 800 heures par an.

Notons que dans l'arrêté INB du 7 juillet 1977, l'accès et la durée du séjour dans la zone orange nécessitait l'accord d'une personne appartenant au service ou au personnel qualifié en radioprotection. On ne retrouve pas une telle démarche dans l'arrêté « zonage » [2] où les conditions d'accès et de sortie de ces zones sont définies par le chef d'établissement, même si l'avis de la PCR est requis.

V - Retour d'expérience (REX) en France

V - 1. La synthèse de l'enquête menée auprès des acteurs de terrain par diffusion d'un questionnaire

Soixante-neuf questionnaires (annexe 1) ont été retournés au GT avec la répartition suivante :

- 41 dans les secteurs médical, dentaire et vétérinaire,
- 14 dans le secteur INB,
- 8 dans le secteur industriel,
- 5 dans le secteur de la recherche,
- 1 dans le secteur du transport.

Compte tenu des difficultés générales perçues sur la mise en œuvre de la délimitation des zones réglementées, un nombre de réponses plus élevé était attendu par les membres du GT. La longueur du questionnaire (36 questions) et le niveau de précision des questions d'une part, la période de diffusion au cours de l'été d'autre part, ont très certainement joué un rôle important dans ce faible taux de réponse. On notera également un niveau de renseignement inégal des questionnaires avec seulement 50% renseignés de façon exhaustive.

V - 1 - 1. La vue d'ensemble

Le questionnaire a été conçu par les membres du GT autour de plusieurs thèmes :

- contexte professionnel (Q1 à Q3),
- mise en œuvre du zonage (Q4 à Q8),
- méthodologie du zonage (Q9 à Q14),
- évolution/modification du zonage (Q15 à Q19),
- difficultés d'application (Q20 à Q33),
- apports de l'arrêté (Q34 et Q35),
- et enfin, pistes d'amélioration souhaitées (Q36).

Si les questionnaires retournés ont été inégalement renseignés, on peut noter de manière générale que, tous secteurs d'activité confondus, trois thématiques ont préférentiellement été complétées pour ce qui est des questions ouvertes : la méthodologie du zonage, les évolutions/modifications du zonage et les difficultés d'application.

Une majorité a mentionné les apports positifs de l'arrêté « zonage » [2] ; certains ont également proposé des pistes d'amélioration.

V - 1 - 2. Les points saillants à retenir

V - 1 - 2 - 1. La méthodologie du zonage

La notion de « conditions normales de travail » (Q9) est globalement définie par les conditions habituelles de travail hors situations incidentelles, accidentelle ou d'urgence. Celles-ci présentent cependant une grande diversité selon que l'on considère les activités les plus exposantes, l'heure la plus pénalisante, la moyenne des activités en tenant compte des temps de présence par jour, par semaine, par mois ou par an, les situations habituelles de travail (1600 h à 2000 h par an) avec prise en compte ou non des équipements de protection collective (EPC) i.e. paravents, ou individuelle (EPI) i.e. tabliers.

Les secteurs de la médecine nucléaire et de la recherche sont les seuls à prendre en compte des évènements incidentels susceptibles de se produire à une certaine fréquence.

Concernant les conditions de mesurage utilisées pour le zonage, les points de mesure retenus pour les modes d'exposition externe sont globalement basés sur les positions habituelles des intervenants, mais celles-ci revêtent alors une grande disparité : au contact, à 0,3 - 0,5 - 1 - 2 ou 3 mètres (souvent mesurées à hauteur d'homme) ou bien au contact des parois ou en limite de zone d'opération dans le cas d'installations fixes/mobiles dans le secteur industriel notamment. Enfin, des mesures « extrémités » ou « cristallin » sont parfois effectuées.

Les commentaires sur le choix des grandeurs mesurées (absence de réponse, doute sur l'adéquation de l'appareil utilisé, mesures utilisées généralement réalisées par un organisme agréé...) motivent les questions suivantes: le mesurage serait-il une affaire de spécialiste ou les formations doivent-elles être développées ou complétées ?

Le secteur INB réalise des mesures pour qualifier le risque d'exposition interne et précise que :

- la mesure de contamination surfacique est effectuée et peut être utilisée avec un facteur de remise en suspension variable selon les secteurs d'activité (de 10^{-4} à 10^{-6}) ;
- des prélèvements associés à des mesures continues (balises) ou à des mesures différées pour évaluer la contamination atmosphérique ;
- la modélisation par calcul est très peu utilisée.

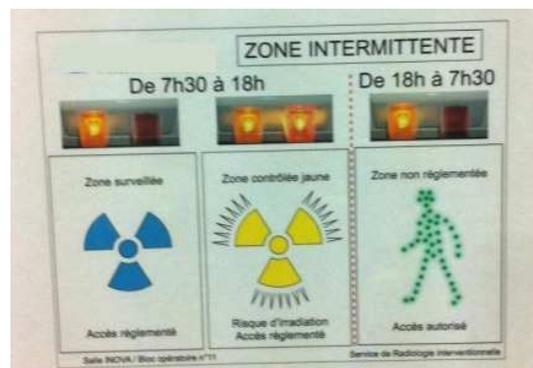
Dans les secteurs industrie et recherche, le zonage est défini sur la base de calcul en cas de manipulation de sources radioactives sous forme non scellées systématiquement pour l'exposition interne, voire parfois aussi pour l'exposition externe.

Enfin, à la question de la prise compte des limites en termes de doses efficace/équivalente annuelle fixées par le code du travail, il ressort que, le plus souvent, seules les dispositions de l'arrêté « zonage » [2] sont prises en compte.

V - 1 - 2 - 2. L'évolution et les modifications du zonage

La vérification de la pertinence du zonage est, pour la grande majorité, assurée par la mise en œuvre des contrôles techniques et/ou d'ambiance effectués périodiquement. Le zonage n'est réévalué qu'en cas de modification d'utilisation des sources de rayonnements ionisants (modifications des paramètres d'utilisation ou des protocoles ou lors de nouvelles manipulations) pour l'ensemble des secteurs d'activité ou en cas de modification d'installation ou d'opération de maintenance pour le secteur INB.

La possibilité de mettre en œuvre une zone contrôlée intermittente est souvent utilisée en milieu médical. Sa signalisation est réalisée le plus souvent par un affichage permanent des trèfles et des conditions d'accès (préalablement transmises aux utilisateurs) ainsi qu'avec la signalisation de mise sous tension sur la porte d'accès ou sur le générateur. Dans quelques rares structures les trèfles sont magnétiques et donc amovibles. Dans quelques autres structures on peut noter la mise en œuvre d'une signalisation lumineuse additionnelle pendant l'émission des rayonnements.



Dans le secteur industriel, les installations fixes sont souvent des locaux type casemate d'irradiation qui présentent un verrouillage avec accès à la zone techniquement rendu impossible ; la zone contrôlée intermittente est signalée avec des dispositifs lumineux et/ou sonore en fonction de la mise sous tension et de l'émission des rayonnements ionisants.

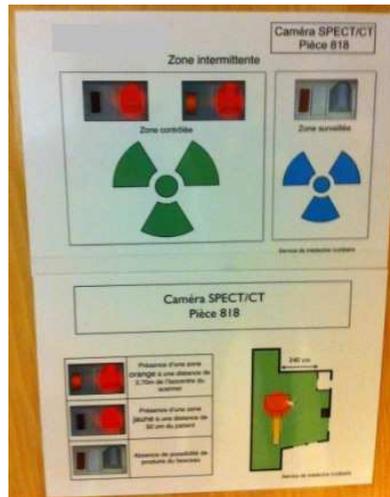
V - 1 - 2 - 3. Les difficultés d'application

De manière générale, le respect de la limite des 80 $\mu\text{Sv}/\text{mois}$ dans les zones attenantes est assuré par des contrôles d'ambiance (plus particulièrement par la mise en place de dosimètres passifs d'ambiance dans plus de la moitié des réponses). On peut noter, parmi les réponses, quelques points singuliers :

- la création de balisage spécifique ;
- la gestion du circuit du patient injecté qui est parfois problématique car son voisinage ne peut être classé en zone non réglementée ;
- la conception de certains blocs opératoires existants qui n'est pas adaptée à l'usage des nouvelles techniques d'imagerie notamment les arceaux en radiologie interventionnelle dans la mesure où l'atténuation apportée par les parois n'est pas suffisante pour respecter la limite de 80 μSv par mois dans les locaux attenants.

Concernant la délimitation de zones réglementées limitées à une partie du local, il ressort des questionnaires que les secteurs d'activité hors INB n'y ont globalement pas recours :

- En secteur médical, le plus souvent, le zonage est étendu aux parois par souci de simplification de la signalisation : seul un plan est affiché en entrée de zone, peu de structures mettent en place des marques au sol, rares sont les affichages ou chevalets mobiles.



- En secteur industriel, les limites d'une zone réglementée coïncident également quasiment toujours avec les parois des locaux car la configuration des locaux et l'utilisation des sources s'y prêtent.

L'utilisation des zones spécialement réglementées fait remonter des difficultés spécifiques à chaque secteur d'activité.

En secteur médical, pour 50 % des acteurs de terrain, les zones spécialement réglementées ne sont pas utilisables par souci de compréhension ou de compatibilité avec la pratique exercée. Dans l'éventualité de leur mise en place, on note peu de problème car soit la zone est définie sans accès possible en cours de fonctionnement (radiothérapie), soit sans en appliquer les contraintes (radiologie interventionnelle). Il est par ailleurs indiqué que :

- les zones spécialement réglementées sont gérées uniquement par affichage, le plus souvent simplifié ;
- la représentation réelle de toutes les zones est peu justifiée, car cela n'entraîne pas de modification des activités et des positions des intervenants ;
- le plus souvent la matérialisation n'est pas réalisée pour des soucis de facilité d'accès et des contraintes d'hygiène ;
- l'enregistrement factuel des entrées n'est que rarement réalisé via un registre particulier ou, lorsqu'il est réalisé, c'est au moyen des plannings d'activité et des enregistrements de la dosimétrie opérationnelle ;

- concernant l'autorisation exceptionnelle d'accès en zone rouge les réponses sont soit « non concerné » soit « jamais réalisé ».

En activité INB, il est souvent indiqué un sur-zonage en particulier pour les zones orange avec des contraintes jugées comme lourdes et administratives. Des autorisations d'accès peuvent être mises en place dans certains cas pour des listes préétablies d'intervenants avec ponctuellement des durées limitées d'autorisation (semaine). Des registres ou des applications informatiques permettent de répondre aux obligations réglementaires d'enregistrement. La maîtrise des accès en zone orange des travailleurs à statut précaire s'appuie parfois sur la mise en place de seuils d'alarme adaptés en débit d'équivalent de dose (i.e. inférieur à 1,6 mSv/h). Enfin, il est indiqué à plusieurs reprises que la limite de débit d'équivalent de dose horaire de 2 mSv conduit à interdire l'intervention de ces travailleurs sans forcément d'enjeu de radioprotection.

Les principales difficultés de la délimitation pratique de la zone d'opération citées sont la notion d'opération et le calcul d'un temps moyenné d'intervention.

En secteur médical et vétérinaire, la zone d'opération est souvent étendue à l'ensemble du local ou de la chambre sans pour autant en limiter les accès, notamment pour les intervenants ou pour les patients proches, et parfois sans en matérialiser les limites.

En secteur industriel, on note peu de difficultés, sauf quand le périmètre est large car il devient alors difficile d'en maîtriser les accès.

V - 1 - 2 - 4. Les apports de l'arrêté « zonage »

Parmi les principaux apports de l'arrêté « zonage » [2], tous les secteurs d'activité ont fortement apprécié :

- les conditions de délimitation des zones réglementées plus précises,
- la possibilité donnée de délimiter des zones réglementées différentes dans un même local,
- l'apparition de la notion de zone contrôlée intermittente,
- le renforcement du balisage/de la signalisation visant l'information des intervenants vis-à-vis des risques,
- la différenciation entre les installations fixes et mobiles,
- l'apport sur les règles d'hygiène et de sécurité applicables.

Mais des critiques en sont le corollaire :

- la complexité de mise en œuvre des paramètres (débit d'équivalent de dose ou dose efficace sur une heure),
- l'absence de répercussions sur les façons de travailler particulièrement mise en avant dans les secteurs médical, dentaire et vétérinaire,
- enfin, l'absence de précision sur les moyens à mettre à disposition de la PCR, qui se révèle le principal écueil sur le terrain.

Concernant l'objectif de l'arrêté « zonage », celui-ci est considéré comme atteint totalement ou en partie dans toutes les réponses. Néanmoins sa philosophie devrait être :

- identifier une source, analyser et évaluer le danger et les risques inhérents à son utilisation ;
- signaler / avertir / matérialiser de façon simple et compréhensible la présence d'une source et la gradation des risques lors de son utilisation.

V - 1 - 2 - 5. Les pistes d'amélioration de l'arrêté « zonage »

Tous les secteurs d'activité sont unanimes quant au développement de méthodologies de délimitation des zones réglementées adaptées et spécifiques aux types de sources manipulées et au secteur d'activité. Quant aux quelques évolutions proposées, elles sont regroupées par secteurs d'activité interrogés.

Secteur INB

- Supprimer la notion d'exceptionnel pour l'accès en zone rouge.
- Permettre explicitement la délégation de l'autorisation d'accès en zone rouge.
- Préciser ce que l'on appelle opérations en aval et en amont des acheminements.
- Faire évoluer la limite de la zone contrôlée à 3 $\mu\text{Sv/h}$.
- Mettre en place un verrouillage pour les accès des zones présentant un débit d'équivalent de dose supérieur à 3 mSv/h .
- « Caler » les limites de zonage sur les valeurs limites réglementaires d'exposition (zones rouges à partir de 20 mSv/h).

Secteurs médical, dentaire, vétérinaire

- Définir une méthodologie simplifiée déclinée selon les types d'activité en proposant des bonnes pratiques.
- Abandonner le débit d'équivalent de dose.
- Elargir la notion d'intermittence à la zone surveillée en radiologie conventionnelle, interventionnelle et en cas de manipulation de sources non scellées en médecine nucléaire.
- Intégrer la problématique du cristallin (nouvelles recommandations CIPR).
- Prendre en compte la problématique du patient « source » et de son circuit en médecine nucléaire en proposant des bonnes pratiques.

Secteurs industrie / recherche / transport

- Créer une zone « à radioactivité ajoutée » (zone inférieure à la zone surveillée) à la place de « zone non réglementée ».
- Définir une valeur limite inférieure de dose équivalente extrémité pour la zone surveillée.

- Elargir la notion de zone intermittente à la zone surveillée et clarifier cette notion d'intermittence pour tous les types de source.
- Supprimer les critères de débit de dose horaire et traiter le cas des émissions flash (100 picosecondes) pour les zones spécialement réglementées.
- Clarifier les limites en débit de dose et relever le débit d'équivalent de dose en limite à 7,5 µSv/h pour la zone d'opération.
- Créer des outils d'aide à la mise en œuvre du zonage (méthodes de calcul ou de mesurage).

On peut également citer de manière commune aux secteurs INB et médical que l'obligation de définition d'un référentiel des points de mesure pour les contrôles d'ambiance peut être un frein aux bonnes pratiques de radioprotection. Il est souligné que ces points de référence doivent pouvoir évoluer en fonction du contexte.

En lien avec la délimitation des zones réglementées, il ressort également des questionnaires complétés que devraient être revus :

- l'intérêt du port des dosimètres actifs au regard du dosimètre passif déjà porté et du coût financier ;
- la gestion des travailleurs à statut précaire (privilégier un suivi adapté de dosimétrie et ne pas instaurer des restrictions systématiques d'accès à certaines zones).

V - 2. Les entretiens et visites sur site

V - 2 - 1. La démarche de travail

Les membres du GT se sont rendus sur trois sites du secteur INB et sur un site en secteur médical.

Sur chaque site, le programme a été établi en 2 temps : rencontres/discussions en salle, puis visite des installations.

Les entretiens ont débuté avec un rappel préalable du contexte de la visite du groupe d'experts dans le cadre de la mission du GT suite à la saisine conjointe de l'ASN et de la DGT de mener une démarche de réflexion prospective en matière de délimitation et d'accès aux zones réglementées, puis avec la présentation des membres présents.

Ensuite, le site visité était présenté par les interlocuteurs (représentants de la direction et/ou Service de Protection contre les Rayonnements - SPR) et la mise en œuvre de l'arrêté « zonage » dans leurs installations était abordée. Cette dernière présentation, objet de l'attention particulière des experts, se poursuivait avec des échanges sous forme de question/réponse, puis continuait avec des entretiens particuliers successifs avec des représentants du personnel (membres des Comités d'hygiène de sécurité et des conditions de travail - CHSCT) et, le cas échéant, un médecin du travail et des représentants d'entreprises extérieures (PCR, responsables d'entreprise prestataire en radioprotection).

V - 2 - 2. Les visites sur site nucléaire (INB)

Des membres du GT se sont rendus sur trois sites du secteur INB :

- MELOX à Marcoule (usine de fabrication de combustible MOX, AREVA) ;
- CEA Marcoule (Atalante : installation regroupant des moyens de recherche nécessaire aux études sur l'aval du cycle électronucléaire comme le recyclage des combustibles usés, la gestion des déchets ultimes...) ;
- le Centre Nucléaire de Production d'Electricité (CNPE) de Cruas (EDF).



D'une manière générale, sont rapportées aux experts quelques difficultés d'application *stricto sensu* de l'arrêté « zonage », entraînant des adaptations locales et nécessitant pour certaines des précisions sur les attentes du législateur.

V - 2 - 2 - 1. La mise en œuvre du zonage

Concernant la mise en œuvre du zonage, on retiendra tout d'abord pour ces installations :

- un référentiel initial qui liait le zonage radioprotection avec les concepts de sûreté vis-à-vis en particulier des dispositions de confinement (ventilation) ;
- un référentiel radioprotection qui doit également cohabiter avec un troisième zonage dit « zonage déchets » ou encore appelé « propreté radiologique » ;
- la déclinaison de l'arrêté « zonage » a souvent été l'occasion de s'éloigner des règles de conception pour intégrer le retour d'expérience et se positionner « au plus près du risque ».

Certains acteurs de la radioprotection estiment que la mise en œuvre d'un zonage au plus près du risque peut conduire à des écarts en fonction de l'évolution parfois quotidienne des installations entraînant alors un « sur-zonage ». Pour d'autres, dans un contexte de niveau de risque évolutif, il est considéré comme une indication générale de danger au sens où il permet de limiter le surclassement de certains locaux au profit d'une analyse spécifique en cas d'opération à réaliser.

V - 2 - 2 - 2. La méthodologie du zonage

En pratique, on notera que :

- l'hétérogénéité des critères (dose intégrée en une heure, débit de dose instantané, dose reçue par mois) est vue comme un facteur nuisant à la mise en œuvre des zones réglementées en particulier pour les zones orange, mais également à la gestion des

zones attenantes (80 μ Sv/mois) compte tenu du bruit de fond ambiant sur certains sites ;

- le risque d'exposition interne en situation normale de travail n'est pris en compte que si l'occurrence est significative vis-à-vis du retour d'expérience ;
- les limites réglementaires relatives aux doses extrémités engendrent des règles opérationnelles complexes même si leur utilisation semble finalement limitée compte tenu de cette difficulté ;
- certains manques de précision entraînent nécessairement des adaptations locales :
 - o la métrologie par exemple (quelle distance pour les mesures de débit d'équivalent de dose en fonction des situations de travail ?),
 - o les règles pour les opérations en amont/en aval d'acheminement.

V - 2 - 2 - 3. L'évolution et les modifications du zonage

Dans ces installations, la variabilité quotidienne d'un zonage « au plus près du risque » du fait d'une répartition évolutive des sources de rayonnements ionisants (« points chauds », fûts de déchets, évolution suite aux opérations de démantèlement) rend sa gestion plus complexe. En conséquence, des situations majorantes du risque sont prises en compte pour le zonage afin d'intégrer ces situations radiologiques évolutives (risque de contamination, risque d'exposition interne, stockage/entreposage des déchets, local mitoyen d'une zone à contamination effective sans barrière physique...), d'éviter le morcellement des zones dans un même local et de rendre cohérentes les règles de circulation.



D'autres adaptations locales sont à souligner, notamment la notion de « points chauds » utilisée dans ces installations qui ne correspond pas exactement à la notion réglementaire de « sources individualisées ». Ces points, localisés, peuvent présenter des débits d'équivalent de dose supérieurs à 2 mSv/h qui ne sont pas pris en compte pour le zonage du local, mais signalés s'ils impactent le poste de travail. Ils permettent notamment de ne pas multiplier les zones orange et rouge inaccessibles aux CDD et travailleurs intérimaires. Néanmoins, en cas de multiplicité de points chauds dans un même local, le zonage étendu à l'ensemble du local est préférentiellement retenu.



Les interlocuteurs ont fait part également du manque de précisions concernant :

- les modalités d'affichage en entrée de zone (en particulier pour les cartographies) ;
- la périodicité des contrôles des zones attenantes et la gestion des intervenants non classés dans ces zones.

La finalité de certaines dispositions de l'arrêté « zonage » est appréciée de manière hétérogène entre les grands exploitants. Concernant la définition des points de référence mentionnés à l'article 5, certains y voient une disposition contraignante limitant l'action du SPR (cartographie figée sans liberté de recherche d'évolution d'ambiance au poste de travail), d'autres au contraire l'utilisent comme un dispositif souple laissant au SPR de la latitude dans sa mise en œuvre. Par contre, les dispositions d'enregistrement nominatif à chaque accès en zone orange/rouge sont globalement perçues comme une contrainte administrative sans plus-value.

Il est par ailleurs proposé de fusionner la zone contrôlée verte et la zone contrôlée jaune en l'absence de contraintes supplémentaires associées à cette dernière.

Une interrogation générale se pose sur la manière de gérer les entrées « visiteurs » et travailleurs non classés dans les zones réglementées.

Enfin, en lien avec les dispositions de l'arrêté « zonage » [2], les membres du GT ont systématiquement été interpellés sur les dispositions d'interdiction d'accès des travailleurs « précaires » en zone contrôlée orange induite par l'article D.4154-1 du code du travail (pertinence de la limite en débit de dose, suggestion d'une limite en dose intégrée).

V - 2 - 2 - 4. L'intervention des entreprises extérieures

On notera ici l'absence de rôle des PCR externes sur le zonage lesquelles sont, sur cet aspect, « SPR dépendantes » et la nécessité de lever l'ambiguïté sur les responsabilités de réalisation du zonage. Lorsque leurs travailleurs interviennent en zone contrôlée orange, l'enregistrement nominatif est géré par l'entreprise utilisatrice.

V - 2 - 2 - 5. Les recommandations des représentants du personnel

Bien que certains représentants du personnel aient insisté sur le principe de précaution qui doit prévaloir, la révision du zonage au plus près du risque a finalement été admise à la suite des actions de communication menées par les SPR.

Ils remarquent également que les travailleurs s'approprient davantage le zonage au travers de la signalisation associée au balisage (barrière physique notamment).



Ils s'interrogent sur les pratiques en place : quel zonage en cas de débit de dose localisé (un fût de déchet dans un local) ; en cas d'évolution du débit de dose (remplissage d'un fût sur une période plus ou moins longue) ; certains représentants du personnel préconiseraient d'étendre la zone à l'ensemble du local. Certains expriment également la difficulté de gestion des accès des travailleurs à statut temporaire quand d'autres se positionneraient pour un abaissement des valeurs définissant la zone orange afin de renforcer la protection de ces travailleurs.

V - 2 - 3. La visite sur site médical

Une visite a été organisée sur le site de l'Institut Gustave Roussy (IGR), à Villejuif, dans lequel sont utilisées de nombreuses sources de rayonnements ionisants avec des risques d'exposition externe et/ou interne : radiologie, radiothérapie externe, curiethérapie et médecine nucléaire.

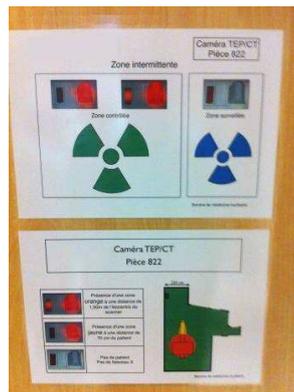
D'une manière générale, les experts ont pu noter les difficultés d'application *stricto sensu* de l'arrêté « zonage », entraînant des adaptations, voire parfois une non prise en compte de certaines mesures réglementaires en vigueur actuellement. Par contre les conditions d'accès et de sécurité aux zones réglementées sont déclinées de façon précise, pertinente et sont globalement bien respectées.



V - 2 - 3 - 1. La méthodologie et la signalisation du zonage

Si la méthodologie du zonage apparait bien appliquée de façon générale en prenant en compte les risques d'exposition interne et/ou externe, on note une hétérogénéité quant à la signalisation des différentes zones.

Ainsi, la déclinaison en code couleur des différentes zones réglementées n'est pas toujours mise en œuvre, alors que les consignes de sécurité et les plans ont paru explicites et très détaillés.



Lorsqu'elle existe, cette gradation de zones n'est pas retranscrite par un marquage au sol, il n'y a aucun enregistrement pour l'accès aux zones spécialement réglementées orange et rouge, aucune modification d'activité ou d'affectation pour les intervenants (manipulateurs ou infirmières intérimaires).

La diversité des situations à prendre en compte est en effet difficile à représenter et à conceptualiser pour les intervenants internes et externes à l'IGR d'autant plus qu'elle n'a aucune répercussion sur leur façon de travailler et qu'ils changent régulièrement de poste de travail.

A noter que la multiplication des affiches signalant d'autres risques potentiels (vigilance, hygiène, incendie...) peut nuire à la lisibilité de l'ensemble.



V - 2 - 3 - 2. La signalisation lumineuse

La plupart des salles sont équipées d'une double signalisation lumineuse située au-dessus de la (des) porte(s) d'accès qui permet de graduer les risques d'exposition selon les services, par exemple :

En radiothérapie :

- lumière éteinte : zone non réglementée avec accès libre ;
- lumière verte allumée : zone surveillée pour les accélérateurs de 6 MV et présence d'une zone contrôlée pour les accélérateurs de 18 MV et plus ;
- lumière rouge : émission de rayonnements en cours, accès interdit.

En radiologie interventionnelle (salles dédiées) :

- lumière éteinte : zone non réglementée avec accès libre ;
- lumière rouge : installation sous tension, zone surveillée ;
- lumière jaune: émission de rayonnements, présence de zones réglementée verte et spécialement réglementées jaune et orange.

Une signalisation lumineuse interne située sur l'équipement lui-même dans une des salles de radiologie interventionnelle, prévient les intervenants présents en salle de l'émission de rayons X.

On note ainsi une hétérogénéité de signalisations lumineuses concernant les codes couleur et leur interprétation.

V - 2 - 3 - 3. Les règles d'accès et les contrôles

Dans les services à fort enjeu dosimétrique, les entrées des locaux sont badgées et donc non accessibles à une personne non autorisée.

Lorsque les conditions d'irradiation présentent un risque important pour le personnel, l'ouverture des portes provoque l'arrêt de l'émission des rayonnements (radiothérapie, curiethérapie ...). Dans d'autres situations cette précaution n'est pas jugée pertinente (cas d'une installation mobile de radiologie au bloc opératoire) voire considérée à risque pour le patient (cas de la radiologie interventionnelle) ou pour le matériel (i.e. scanner).

Afin d'assurer la sécurité des intervenants et des patients, les équipements de sécurité sont multipliés : arrêts d'urgence, caméra de visualisation, microphones.

En radiothérapie, en complément de ces éléments de sécurité, un chevalet de signalisation de maintenance est mis en place, à l'entrée de la salle, lors de toute intervention de maintenance ou d'entretien afin de prévenir de la présence d'intervenants.



Les règles d'accès sont rédigées le plus souvent en fonction des voyants lumineux fixés au-dessus de la porte, parfois en tenant compte des horaires du service (radiologie interventionnelle) ou de la planification des traitements (curiethérapie en débit pulsé).

V - 2 - 3 - 4. Le classement des zones attenantes

La plupart des locaux sont conçus en amont pour une utilisation donnée afin d'assurer le classement en zone non réglementée des zones attenantes.

En radiothérapie par exemple, leur conception est telle que les couloirs de circulation ainsi que les postes de commande sont en zone non réglementée. Seules les parties situées en amont des portes d'accès aux casemates correspondent à des espaces à accès réglementé.

Par contre, l'acquisition de nouveaux équipements et la mise en place de nouvelles technologies dans des locaux préexistants posent des difficultés en matière normative et de zonage notamment vis-à-vis des équipements mobiles utilisés ou non à poste fixe.

V - 2 - 3 - 5. La surveillance et le contrôle de la dosimétrie ambiante

Des balises de mesures sont mises en place dans les chambres où sont utilisés les dispositifs de curiethérapie à débit pulsé pour contrôler le niveau d'exposition ambiant et vérifier l'absence de dysfonctionnement du système de retrait de la source. De même, d'autres balises sont également utilisées pour la gestion du circuit de déchets en sortie d'établissement.



Le recours à des dosimètres passifs est généralisé pour surveiller les zones attenantes : les portes d'accès, parfois les chambranles, en sont équipés que ce soit pour les salles mais aussi pour les chambres des patients, les couloirs, la salle d'attente, le congélateur de déchets....

V - 2 - 3 - 6. La gestion de la dosimétrie des travailleurs

La grande majorité des travailleurs sont classés B, quelques-uns sont classés A et 25 % des personnels exposés ont une surveillance des extrémités par bague (médecine nucléaire, radiologie interventionnelle, curiethérapie). Le port des dosimètres opérationnels est généralisé dès lors que le local est classé en zone contrôlée.

V - 2 - 3 - 7. La perception des professionnels et de leurs représentants

Le zonage doit être un moyen de visualiser un risque lié à l'émission de rayonnements, de façon à induire le port des dosimètres, des équipements de protection individuelle et le respect des consignes d'accès des intervenants à la salle. Par contre sa traduction par un code couleur qui devrait permettre de visualiser le niveau de risque d'exposition dans les locaux, n'est pas assimilée...

Les interlocuteurs rencontrés se méfient de la banalisation des actes routiniers contre laquelle ils luttent en multipliant les formations/informations, en instaurant un compagnonnage et une rotation sur les postes.

Néanmoins certains praticiens moins directement concernés ou formés semblent plus négligents.

Les interlocuteurs rencontrés soulignent la difficulté à s'équiper de façon systématique avec les bagues dosimétriques et les lunettes de protection.

Les signalisations par voie d'affichage et par voie lumineuse sont très utiles et sont jugées comme pertinentes que ce soit pour les travailleurs, les patients ou les visiteurs. En radiologie interventionnelle, la lumière reliée à l'émission des rayons X, visible en salle car positionnée sur l'arceau, est appréciée par les personnels exposés.

CHSCT

Le CHSCT rapporte que les intervenants extérieurs ne respectent pas toujours les consignes de sécurité mises en œuvre et qu'ils sont les premiers impactés par manque de connaissance des risques et de la gestion des situations d'urgence.

En pratique, le CHSCT se considère comme l'interlocuteur privilégié des intervenants des sociétés extérieures dont le turnover est important et pour lesquels les formations organisées sur site semblent complexes et parfois insuffisantes.

Le GT a pu noter l'importance des plans de prévention qui sont parfois insuffisamment formalisés.

V - 3. La synthèse des enseignements du colloque national

A l'issue de sa période d'enquête sur le terrain, le GT a organisé un colloque national les 28 et 29 novembre 2011 à l'Université de Caen afin de concentrer et partager largement les réflexions sur ce sujet mais aussi de faire émerger des propositions par les acteurs de terrain.

Près de 200 participants ont répondu à l'appel, dont de nombreuses PCR. La majorité des participants (69 %) avait une bonne expérience en radioprotection. Les 3/4 d'entre eux sont personnellement impliqués dans la démarche de zonage et parmi ceux-ci, les 2/3 rencontrent une difficulté dans l'application de la réglementation. Néanmoins, cette difficulté doit être nuancée : elle apparaît soit mineure (27 %), soit moyenne (62 %) ou enfin majeure (11 %) selon les personnes interrogées.

La problématique du zonage a pu être abordée pour l'ensemble des secteurs d'activité (INB, médical, recherche, industrie...) ou des pratiques (gammadensimétrie, gammagraphie...). Le retour d'expérience a pu aussi venir de l'inspection (inspecteurs de l'ASN et agents de contrôle de l'inspection du travail), d'un organisme agréé et de représentants de CHSCT. Enfin, l'historique de la réglementation, la déclinaison du zonage dans les autres classes de risque et l'approche du zonage radiologique sur la scène internationale ont permis d'élargir le champ de la réflexion et du débat. A souligner également la contribution de sociétés savantes (SFRP...) et de réseaux d'acteurs de la radioprotection.

De façon très synthétique, un certain nombre d'enseignements peuvent être tirés de ce colloque.



V - 3 - 1. Le débat sur des questions de fond

Si, dans l'ensemble des pratiques de zonage, quelle que soit la classe de risque, on cherche à prévenir l'apparition d'effets déterministes (voire de risques mortels), en matière de risques radiologiques, la volonté de réduire au mieux les effets stochastiques est prise en compte. Cela conduit à une approche graduée du zonage avec une signalisation variée alors que d'autres classes de risques s'illustrent par un pictogramme unique traduisant une approche binaire (présence ou non d'un danger établi).

L'impossibilité de tracer la philosophie et les principes fondamentaux qui ont conduit aux évolutions réglementaires relatives au zonage (i.e. la disparition des facteurs d'occupation, l'abandon de la corrélation zonage/classement...) rend difficile l'appropriation du dispositif réglementaire en vigueur.

Il conviendrait donc de pouvoir au préalable bien redéfinir l'objectif du zonage. Il est d'abord une alerte de danger permettant en outre d'appréhender différents niveaux de risque. Mais il est nécessaire d'éviter toute ambiguïté avec les analyses de poste de travail dont l'objet est en premier lieu l'optimisation de la radioprotection et la réduction de la dose, notamment par la mise en place d'EPC et d'EPI adaptés.

De ce point de vue, certains participants reconnaissent qu'ils n'appliquent pas certaines dispositions de l'arrêté « zonage » [2] ou qu'ils les appliquent de façon incomplète. Les raisons invoquées sont :

- la complexité de mise en œuvre de contraintes réglementaires dans certains secteurs d'activité (i.e. alarme sonore associée à dosimétrie opérationnelle à proximité d'un patient, enregistrement nominatif et autorisation du chef d'établissement pour certaines zones spécialement réglementées...);
- la part de travail associée à certaines tâches administratives qui s'effectue parfois au détriment d'une démarche d'optimisation de la radioprotection ;
- le coût associé à la mise en place de certains équipements (i.e. dosimétrie opérationnelle).

Le défaut d'objectifs clairs associés à l'arrêté « zonage » [2] contribue à une perception de contraintes administratives peu mobilisatrices dans le sens d'une culture de radioprotection (de plus en plus externalisées dans certains secteurs d'activité).

Par ailleurs, se posent également des problèmes de lisibilité de l'information affichée quand se superposent, au zonage radiologique, d'autres types de zonage (i.e. zonage déchets radioactifs...) ou d'autres types d'information ou de consignes de maîtrise des risques (autres risques associés).

En matière de signalisation, les codes couleurs retenus pour les zones réglementées peuvent paraître incohérents, pour des non-initiés, en regard des principes usuels de prévention (arrêté du 4 novembre 1993) selon lesquels la couleur verte est associée, par convention, à une absence de risque ou à une situation normale.



V - 3 - 2. Le débat sur l'accès aux zones spécialement réglementées orange et rouge

Dans l'emploi de sources dont le rayonnement est pulsé et/ou discontinu (i.e. générateurs électriques), il apparaît nécessaire de définir une doctrine représentative du risque de façon réaliste, ce qui implique de clarifier la période sur laquelle la dose est intégrée afin d'harmoniser les pratiques de zonage. Ainsi, une difficulté d'application largement soulignée - en particulier dans le secteur médical - porte sur l'établissement du zonage en fonction du débit de dose réel. A cet égard, il est rappelé que les générateurs électriques, même ceux employés en diagnostic, émettent des rayonnements avec des débits de dose instantanés le plus souvent supérieur au gray/h, c'est-à-dire toujours supérieurs à des débits de dose efficace de 2 mSv/h, voire de 100 mSv/h.

L'évolution constante du zonage en fonction du temps dans certaines situations (points chauds, démantèlement, accélérateurs, médecine nucléaire...) peut s'avérer laborieuse et conduire les utilisateurs à pratiquer un zonage large ou du sur-zonage. A l'inverse, la délimitation en temps réel d'un zonage fin peut conduire à des expositions supplémentaires des acteurs du service de radioprotection.

Par ailleurs, la difficulté de concilier la matérialisation des zones spécialement réglementées avec les exigences d'asepsie en radiologie interventionnelle est soulignée.

Concernant les zones rouges, il est apparu que, dans certains secteurs d'activité, le caractère « exceptionnel » d'entrée dans une telle zone est en fait régulier. Quant au caractère matériellement infranchissable d'une zone rouge, il ne peut être mis en œuvre dans certaines situations.

Par ailleurs, au-delà des seules préoccupations de zonage, le code du travail interdit l'emploi de travailleurs temporaires ou en CDD dans des zones où le débit de dose horaire est supérieur à 2 mSv (art. D.4154-1). L'application de cette disposition réglementaire semble poser quelques difficultés (i.e. alinéa précédent) et il est ressorti des discussions qu'elle n'était pas appliquée *de facto* dans certains secteurs d'activité. Le non-respect de ces dispositions a donné lieu à des suites judiciaires dans le secteur nucléaire.

Cette disposition entraîne une interdiction pour les CDD et les travailleurs temporaires de pénétrer en zone orange. Certains participants font cependant remarquer qu'on ne devrait pas considérer sur le même plan une situation de travail effectif et un passage furtif dans cette même zone.

L'expression « débit de dose horaire » elle-même, telle que mentionnée dans cet article D.4154-1, mériterait d'être précisée ainsi que son application : peut-elle concerner la dose équivalente aux extrémités ou seulement la dose efficace ?... Par ailleurs, il a été rappelé que cette disposition ancienne avait une fonction protectrice vis-à-vis de travailleurs souvent itinérants de l'industrie nucléaire et dont la surveillance individuelle souffrait de défauts. Pour certains participants, des avancées réglementaires notables sont signalées (mise en place du Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants (SISERI), obligation de la dosimétrie opérationnelle dotée d'un signal d'alarme, prise en compte du *prorata-temporis*...) qui devraient permettre de faire évoluer le dispositif. Cependant, cette évolution devra intégrer également une augmentation du nombre de travailleurs à statut précaire ou temporaire dans de nombreux autres secteurs d'activité.

V - 3 - 3. Le débat autour de questions plus spécifiques

Des participants ont insisté sur la nécessité de clarifier les dispositions d'intervention des travailleurs non classés en zone réglementée décrites, d'une part dans le code du travail et, d'autre part, dans la circulaire du 18 janvier 2008 relative à l'arrêté « zonage » [2] (notamment pour ce qui concerne le suivi dosimétrique). Par exemple, cela crée aujourd'hui une disparité de pratiques dans la gestion des accès aux zones attenantes.

Quant au dispositif permettant la suspension temporaire d'une zone, il peut présenter une certaine lourdeur notamment parce qu'il est exigé une autorisation du chef d'établissement.

Si l'arrêté « zonage » [2] permet le caractère intermittent d'une zone contrôlée, plusieurs participants ont regretté l'absence d'une telle disposition pour la zone surveillée.

En matière de gammagraphie industrielle, il est noté la difficulté d'appliquer la zone d'opération limitée à 2,5 $\mu\text{Sv/h}$ lorsqu'elle s'étend à des dimensions ne permettant pas d'en maîtriser les accès (la disposition permettant de fixer la limite de la zone d'opération jusqu'à 25 $\mu\text{Sv/h}$ semble peu ou pas appliquée).

Quelques questions plus spécifiques ont été soulevées sans que des réponses précises puissent être apportées :

- Quelle doit être la distance de référence pour effectuer les mesures (10, 30, 50 cm, 1 m sont le plus souvent citées) ?
- Peut-on retenir de façon générique des facteurs d'occupation (en particulier pour les zones attenantes mais aussi pour les zones réglementées) ?
- Pour les valeurs de doses équivalentes aux extrémités, quelle valeur de référence pour définir le seuil « d'entrée » en zone surveillée ?

- N'y a-t-il pas lieu de relier plus clairement le lien entre la zone contrôlée et la dosimétrie opérationnelle et donc de reformuler la fonction du dosimètre opérationnel et par là-même l'endroit où il est porté (i.e. sur ou sous le tablier) ?

Enfin, les participants se sont interrogés sur les répercussions possibles en matière de zonage de la forte réduction attendue (future directive européenne) des limites de doses équivalentes pour le cristallin.

V - 4. Le retour d'expérience de l'inspection

Dans ce chapitre sont présentés successivement les retours d'expérience (REX) des inspections menées sur l'application de l'arrêté « zonage » [2] dans le secteur médical, dentaire, vétérinaire, industriel, et dans certaines INB d'une part par les inspecteurs du travail et ingénieurs de prévention des Directions régionales des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (DIRECCTE) et d'autre part par les inspecteurs de l'ASN.

Dans les deux cas, on constate une disparité des retours des inspecteurs due notamment à la diversité de leurs expériences, à la pluralité des secteurs d'activité inspectés et à la nature des inspections réalisées.

V - 4 - 1. Le REX issu des inspections menées par les agents de l'inspection du travail

Le REX a été établi notamment sur la base de l'analyse des résultats de la campagne de contrôle « radioprotection » menée en 2010 par la DGT conjointement avec l'ASN au cours de laquelle 2333 établissements ont été visités. Ces établissements se répartissaient pour 91 % dans les secteurs de la radiologie conventionnelle (secteur médical, dentaire et médecine vétérinaire) et 9% dans le secteur industriel et aéroportuaire (contrôle de bagages). Ce REX a été complété par les réponses apportées à un questionnaire type proposé par la DGT aux DIRECCTE de métropole et aux Directions des entreprises, de la concurrence, de la consommation, du travail et de l'emploi (DIECCTE) d'outre-mer en août 2011. Deux tiers des questionnaires ont été retournés, plus ou moins renseignés compte tenu des thèmes et des secteurs d'activité inspectés.

V - 4 - 1 - 1. La démarche et les modalités de délimitation des zones réglementées

D'une manière générale les dispositions prévues par l'arrêté « zonage » [2] ne sont que partiellement mises en œuvre par les entreprises inspectées (50 % notamment des entreprises ne consignent pas leur démarche de zonage). Ce constat paraît résulter d'une part d'un manque de temps et de moyens de mesure alloués par l'employeur à la PCR pour mener cette démarche et d'autre part d'une maîtrise insuffisante du dispositif par la PCR. La méconnaissance de l'arrêté ou son incompréhension semblent également des facteurs contribuant aux écarts constatés. L'absence de guides ou de documents pratiques, par secteur d'activité, contribuent indéniablement aux difficultés de mise en œuvre de cette démarche de délimitation des zones réglementées.

Cette démarche est plus formalisée dans les secteurs de l'industrie et de la radiologie médicale que dans les secteurs dentaire et vétérinaire. Cette formalisation augmente lorsque la démarche est conduite par une PCR externe ou sur la base des mesures effectuées par un organisme agréé.

Les méthodologies utilisées pour définir le zonage radiologique sont généralement basées :

- sur des zonages types surtout pour le secteur dentaire ;
- sur des mesures radiologiques pour le secteur vétérinaire et la radiologie conventionnelle.

Le mode d'exposition interne, qui constitue pour les secteurs d'activité autres que l'industrie nucléaire une exigence récente en matière de zonage, est insuffisamment pris en compte. Le secteur de l'industrie nucléaire, assujéti de longue date, intègre cette problématique.

Les niveaux d'exposition pris en référence aux postes de travail pour réaliser le zonage sont le plus souvent représentatifs des conditions d'utilisation normales les plus pénalisantes conformément aux exigences réglementaires.

Les agents de l'inspection du travail ont cependant relevé, dans plusieurs cas, le non-respect de ce principe notamment dans l'utilisation qui est faite du critère de dose reçue dans l'heure la plus pénalisante : prise en compte du risque induit par le faisceau diffusé plutôt que celui induit par le faisceau direct, dose moyenne horaire calculée à partir du nombre de clichés effectués sur la durée totale d'ouverture de l'établissement, etc.

Les aléas raisonnablement prévisibles inhérents aux conditions d'utilisation sont interprétés de façon très diverse de sorte que leur prise en compte est parfois insuffisante.

Il a été également constaté que pour la délimitation des zones spécialement réglementées orange et rouge, les utilisateurs considèrent plutôt la dose efficace susceptible d'être reçue en une heure que le critère relatif au débit de dose. Ce choix est notamment observé dans le secteur de la radiologie. Les employeurs justifient leur position par les difficultés qu'ils rencontrent pour évaluer cette grandeur compte tenu du mode d'émission pulsée des sources de rayonnements sur des temps très courts.

A la suite des contrôles de l'inspection du travail, les observations formulées sur la démarche de zonage sont principalement motivées par les éléments suivants :

- niveaux d'exposition retenus non représentatifs des conditions les plus pénalisantes ;
- analyse incomplète ou absence de la formalisation de la démarche ;
- absence de zonage ou réévaluation du zonage non réalisée à la suite de l'évolution de l'activité au poste de travail ;
- non prise en compte du débit d'équivalent de dose pour les zones spécialement réglementées orange et rouge ;

- délimitation des zones sur la base des dispositions relatives aux appareils mobiles alors que les appareils sont utilisés à poste fixe (secteur médical).

L'inspection du travail a constaté que dans certains établissements, des organismes agréés chargés de réaliser les contrôles techniques de radioprotection pour le compte de l'employeur, avaient émis des demandes d'actions correctives sur le zonage, alors que ces organismes ne sont pas légitimes à le faire. Les contrôles réalisés par les inspecteurs de l'ASN et le traitement des non conformités soulignées par les organismes agréés conduisent régulièrement à des demandes d'actions correctives sur le zonage initialement proposé. Par ailleurs, l'inspection du travail n'a pas fait état de constat émis par les CHSCT des entreprises sur le zonage mis en place dans les installations. Cette constatation doit être néanmoins relativisée, compte tenu que seuls 14 % des établissements contrôlés dans le cadre de la campagne de contrôle 2010 avaient un effectif supérieur à 50 salariés, justifiant la mise en place d'un CHSCT.

V - 4 - 1 - 2. Les modalités de signalisation des zones réglementées

L'inspection du travail constate le plus souvent que les limites de la zone réglementée coïncident avec les parois du local. Cela semble très généralisé dans les secteurs médical, dentaire, et vétérinaire. C'est en revanche peu le cas s'agissant des zones spécialement contrôlées jaune et orange qui sont le plus souvent restreintes à une partie du local.

Dans le cas particulier des appareils mobiles, la délimitation est globalement conforme aux exigences réglementaires fixées pour les zones d'opération.

Lorsque les zones sont restreintes à une partie du local, une signalisation complémentaire est le plus souvent mise en place au niveau de la zone considérée et celle-ci est signalée par des panneaux installés à chacun des accès. La matérialisation de ces zones devant prévenir tout franchissement fortuit, est en revanche souvent insuffisante, notamment pour les zones jaunes et orange, pour lesquelles les marquages au sol notamment sont exceptionnels.

Concernant la zone rouge, dite « interdite », l'inspection du travail constate que l'accès est rendu impossible lorsqu'il s'agit de casemate (accélérateur en radiothérapie ou irradiateur industriel). En revanche, en radiologie interventionnelle, la démarche de zonage n'aboutit que rarement à l'identification de zone rouge et lorsqu'elle l'a été, la mise en place de barrière physique infranchissable telle que prévue réglementairement n'a pas été réalisée, dans la mesure où l'activité pratiquée ne le permettait pas.

A la suite des inspections réalisées, les constats les plus fréquents sur la signalisation portent sur :

- l'absence, totale ou partielle, de panneau de signalisation ou une signalisation toujours en place alors qu'il n'y a plus de source de rayonnement ;
- une signalisation incohérente par rapport au résultat de l'évaluation des risques (zone verte affichée alors que la démarche conduit à une zone spécialement réglementée jaune par exemple) ;

- l'absence de signalisation complémentaire signalant les zones réglementées limitées à un espace de travail défini ;
- l'absence de signalisation permettant de distinguer les différentes zones réglementées dans un même local ;
- le signalement incorrect des zones intermittentes ;
- le non-respect des codes couleurs des panneaux.

V - 4 - 1 - 3. Les conditions d'accès aux zones spécialement réglementées

Concernant le secteur médical, les dispositions prises pour s'assurer qu'aucun travailleur sous contrat précaire (CCD ou intérim) n'exécute des travaux en zone orange ou rouge restent exceptionnelles. Seul un cas est rapporté où des consignes orales et écrites ont été portées à la connaissance du salarié ; dans ce cas, l'intervention du salarié se faisait en dehors des périodes d'utilisation du générateur électrique de rayons X.

Ce constat ne s'applique pas au secteur de l'industrie nucléaire où les limitations d'accès des salariés en intérim ou CDD sont rappelées contractuellement, lors des inspections communes préalables avant d'effectuer une opération en zone, et dans les formations (qu'elles s'adressent aux entreprises utilisatrices ou aux prestataires).

V - 4 - 1 - 4. La vérification du zonage

L'inspection du travail constate que l'employeur, via la PCR, vérifie périodiquement que le zonage reste adapté sur la base des contrôles techniques externes et des contrôles d'ambiance voire parfois sur la base des résultats des contrôles techniques internes. Certains employeurs s'appuient également sur les résultats de la dosimétrie individuelle.

V - 4 - 1 - 5. Les zones attenantes

Concernant les locaux ou aires attenants aux zones réglementées, la vérification que la dose efficace susceptible d'être reçue reste inférieure à 80 $\mu\text{Sv}/\text{mois}$ n'est pas systématiquement réalisée.

V - 4 - 1 - 6. Les zones intermittentes

Pour les zones intermittentes, l'inspection du travail fait généralement le constat d'absence de signalisation lumineuse et, s'il y a lieu, sonore interdisant tout accès fortuit d'un travailleur à la zone considérée. Dans le secteur médical, la présence du voyant rouge indiquant la mise sous tension du générateur de rayons X n'apparaît généralement pas satisfaire aux exigences de l'article 9 de l'arrêté « zonage » [2].

Les obstacles techniques (durée d'émission des rayonnements X trop courte, fonctionnement de la signalisation lumineuse et/ou sonore), le coût de la mise en œuvre et le fait que la signalisation asservie à l'émission des rayonnements ne garantit pas l'accès fortuit en zone réglementée sont les principales difficultés opérationnelles exprimées par les utilisateurs pour pouvoir répondre aux exigences réglementaires.

V - 4 - 1 - 7. Les zones d'opération

L'inspection du travail fait généralement le constat d'une mise en œuvre imparfaite des dispositions relatives aux zones d'opération quel que soit l'activité ou le secteur d'activité concerné : radiographies au lit dans le secteur médical, diagnostic dans le secteur industriel à l'aide de dispositif portable (détecteur de plomb dans les peintures, analyseur de métaux), de gammadensimètre ou radiographie industrielle.

Les difficultés opérationnelles rencontrées par les entreprises portent sur :

- La matérialisation de la zone d'opération tant sur le plan de la signalisation que de la délimitation ;
- L'évaluation du débit d'équivalent de dose moyen sur la durée de l'opération ;
- La mise en œuvre de protocole spécifique ;
- Le contrôle des restrictions d'accès.



V - 4 - 1 - 8. Les conclusions

En conclusion, les contrôles menés par les agents de l'inspection du travail, principalement dans le cadre de la campagne de contrôle conduite en 2010, montrent que les dispositions réglementaires actuelles ne sont appliquées que de manière très disparate alors que, par leur mise en œuvre, elles devraient permettre :

1. à l'utilisateur de mener une réflexion et tracer une démarche qui le conduit à mieux appréhender les dangers et les risques et ainsi à mieux les prévenir en adaptant les mesures de prévention (éviter les expositions fortuites, sensibiliser les travailleurs, mise en place de la dosimétrie et des protections collectives et individuelles, etc.).
2. aux travailleurs de se situer par rapport au risque et d'apporter une lisibilité sur le danger tout en considérant une représentation graduée autour des sources de rayonnements quel que soit le secteur d'activité dès lors que l'information a été délivrée.

Les manquements constatés traduisent une appropriation difficile des textes qui amène parfois les entreprises à faire appel à une PCR externe ou un consultant.

Par ailleurs, lors des contrôles, les difficultés suivantes ont souvent été exprimées par les secteurs d'activité contrôlés :

1. la complexité des dispositions de l'arrêté « zonage » dont l'appropriation apparaît être une affaire de spécialistes ;
2. l'absence d'outils opérationnels adaptés aux secteurs d'activité considérés tels que des guides méthodologiques, simples, pratiques et illustrés qui faciliteraient la mise en œuvre de la démarche de zonage ;
3. la mise en œuvre délicate des dispositions relatives aux zones spécialement réglementées orange et rouge pour les sources de rayonnements qui émettent de façon intermittente qui s'appuient sur 2 critères dont le débit d'équivalent de dose qui est difficile à appliquer ;
4. enfin, le besoin de clarifier la définition des zones intermittentes, de même que les consignes et restrictions d'accès associées.

Quelques agents de l'inspection du travail attirent l'attention sur l'emploi dévoyé du principe de zonage « au plus près de la source de danger » ; ils ont ainsi parfois constaté des intentions de déclassement des zones contrôlées en zones surveillées pour éviter l'acquisition de dosimètres opérationnels.

V - 4 - 2. Le REX issu des inspections menées par l'ASN

La synthèse du REX présentée ci-après émane du retour des inspections menées par toutes les divisions de l'ASN. Environ 90 % des divisions ont répondu et fait état de l'expression des difficultés rencontrées par les utilisateurs sur le terrain pour la mise en œuvre de l'arrêté « zonage » [2] ainsi que des questionnements des utilisateurs.

V - 4 - 2 - 1. Le secteur médical

Une des difficultés récurrentes remontées par les utilisateurs aux divisions territoriales est la notion de zone rouge dite zone « interdite » ; comment rendre l'accès impossible par des dispositifs matériellement infranchissables lorsqu'un médecin intervient pour effectuer un acte médical sur un patient ? Les dispositions de l'arrêté sur ce point méritent d'être revues.

Les inspecteurs constatent que le critère de débit d'équivalent de dose est apprécié de façon très différente d'un établissement à l'autre ; tantôt le débit de dose est évalué sur une période hebdomadaire, mensuelle ou à l'inverse pour des temps d'expositions instantanés (quelques millisecondes). Cette approche conduit, en fonction du plan de charge des appareils (nombre d'actes pratiqués) à un zonage différent pour un même type de générateur de rayonnements.

La zone d'opération constitue également une source d'observations lors des inspections ; les utilisateurs considérant que les appareils mobiles, type amplificateur de luminance, utilisés à poste fixe relèvent des dispositions de la section II de l'arrêté relative aux appareils mobiles alors que l'article 12 de l'arrêté les exclut explicitement.

La délimitation au sol des zones pour les appareils à incidences multiples ou rotationnelles est complexe à considérer.

Des difficultés sont également recensées pour la définition et la délimitation de zones réglementées dans des locaux à utilisation transitoire tels que les salles de réveil où des patients sont temporairement en attente après une curiethérapie à l'iode 125, ainsi que dans les différents secteurs d'une unité de médecine nucléaire. Ces cas s'inscrivent dans la problématique générale du zonage autour d'un patient considéré comme source de rayonnements.

Enfin, les utilisateurs de sources non scellées voudraient pouvoir appliquer le principe d'intermittence des zones dans leur secteur d'activité (i.e. accès du personnel d'entretien en fin d'exams). A ce sujet, les inspecteurs de l'ASN rappellent que des dispositions de suspension temporaire de zone existent dans les textes réglementaires, mais qu'elles sont assujetties à des contraintes de contrôle par la PCR qui rendent cette possibilité difficilement applicable pour certaines organisations, quand la PCR ne fait pas partie du service ou qu'elle est absente.

Les inspecteurs notent que l'enjeu de la définition des zones réglementées est souvent lié à l'obligation d'acquisition et de port de dosimètres opérationnels.

V - 4 - 2 - 2. Le secteur industriel

Les difficultés rencontrées portent régulièrement sur la mise en œuvre de la zone d'opération tant pour la gammagraphie que pour la gammadensimétrie : quel critère de débit de dose moyenné faut-il retenir, sur quelle durée, quelle est la définition d'une opération, quel mode de fonctionnement de l'appareil retenir ? Où faut-il positionner la signalisation lumineuse, en périphérie de la zone d'opération ? Au plus près de la source ?

Délimiter une zone d'opération a-t-il encore un sens lorsque celle-ci se limite à l'appareil ou dans un périmètre très proche de celui-ci (cas de la gammadensimétrie par exemple) ?

Concernant le protocole qui doit être établi lorsque les conditions techniques de l'opération rendent impossible la mise en place de dispositif de protection radiologique, que doit-il comporter ? Comment en évaluer la pertinence ?

D'autres interrogations concernent l'association zonage/espace de travail ; la mise en place d'un zonage suppose-t-elle qu'il y ait présence d'une zone de travail ? Dans ce cas, quelle définition faut-il donner à une zone de travail ? A titre d'exemple, un caisson de radiographie constitue-il un espace de travail à délimiter en zone réglementée ? Les utilisateurs font remarquer que, dans un tel cas, la signalisation de la présence d'une source de rayonnement pourrait être suffisante et permettrait de s'exonérer de la mise en place d'un zonage radioprotection.

Concernant la définition des zones intermittentes associées à l'utilisation de générateurs X, les interrogations des utilisateurs portent sur les critères de déclassement en zone non réglementée. En particulier, l'asservissement d'une ouverture de la porte du local au fonctionnement du générateur X, est-elle suffisante pour considérer que l'appareil est verrouillé sur une position interdisant toute émission fortuite de rayonnements lorsque la porte est ouverte ?

Comme cela a également été souligné par ailleurs, il est rappelé que l'arrêté ne prévoit pas de zone surveillée intermittente.

V - 4 - 2 - 3. Le secteur de la recherche

Pour le zonage des laboratoires utilisant des sources non scellées, les utilisateurs notent qu'il n'y a pas de critère simple pour établir le zonage au regard des risques d'exposition interne.

De même, dans la définition du zonage autour des générateurs électriques de rayonnements X pulsés, quel critère retenir lorsque l'on a plusieurs milliers de grays/heure (Gy/h) pendant quelques nano secondes ? Là encore, comme cela a été noté auparavant, le critère de débit d'équivalent de dose est globalement jugé inadapté.

V - 4 - 2 - 4. Les INB et les laboratoires, usines, déchets et démantèlement (LUDD)

Dans les centres nucléaires de production d'électricité, les inspecteurs constatent que certains locaux, tel que le bâtiment réacteur, sont classés en zone contrôlée jaune alors qu'ils pourraient être classés en zone contrôlée verte.

Les inspecteurs ASN attirent également l'attention sur l'articulation entre la notion de points chauds et le zonage qui dans ce cas est limité à la zone de travail ; c'est le cas notamment à EDF où la notion de points chauds « zone contrôlée orange » est définie pour signaler une source individualisée qui génère au contact un débit d'équivalent de dose supérieur à 2 mSv/h. Les modalités d'intervention à proximité de ces points sont identiques à celles relatives à un accès en zone contrôlée orange (autorisation spéciale d'accès), mais la zone orange est en fait limitée à l'espace où le salarié évolue pour son intervention et où il est susceptible de se retrouver au contact du point le plus irradiant.

Des questions se posent également sur le registre d'accès en zones orange et rouge ; ce registre doit-il comporter la liste des personnes susceptibles d'accéder à ces zones, ou uniquement celles qui rentrent effectivement dans ces zones ?

Les inspecteurs font également état des difficultés pour maintenir le zonage au plus près du risque lors des chantiers de tirs de gammagraphie durant les arrêts de tranche dans les CNPE. Durant ces phases, les opérateurs doivent définir des zones d'opération qui évoluent continuellement tout en intégrant un balisage au niveau de l'intervention mais également au niveau supérieur et inférieur de la zone considérée compte tenu de la présence en co-activité de salariés d'autres prestataires et des salariés de l'entreprise utilisatrice.

V - 4 - 2 - 5. Le transport de matières radioactives

Les dispositions du code du travail n'étant pas applicables aux opérations d'acheminement de matières radioactives devant emprunter la voie publique, les inspecteurs soulèvent la problématique du zonage radiologique autour des aires de transit et autour des véhicules en stationnement : quid de la signalisation du risque et des accès à proximité des véhicules ?

V - 4 - 2 - 6. Les autres difficultés rencontrées

Quel que soit le secteur d'activité, les inspecteurs de l'ASN font également remonter les difficultés suivantes du point de vue des utilisateurs :

- comment signaler les zones intermittentes ? Par ailleurs, les codes couleurs des signalisations normatives et du zonage ne sont pas harmonisés ;
- le nombre de zones réglementées est trop important ;
- les critères de délimitation des zones (débit d'équivalent de dose, dose efficace susceptible d'être reçue en 1 h, dose mensuelle, référentiel qui fait référence à des charges d'utilisation hebdomadaire, ...) sont trop nombreux et ne permettent pas de mettre en pratique le zonage radiologique qui devrait résulter de la démarche d'optimisation ;
- les utilisateurs font la confusion entre l'évaluation des risques et l'analyse du poste de travail. La prise en compte du temps de présence des travailleurs conduit alors à considérer des expositions annuelles moyennées pour évaluer le zonage radiologique en lieu et place de l'évaluation sur 1 heure de la dose efficace ;
- la vérification de la pertinence de la délimitation du zonage dans le temps n'est pas aisée notamment lorsque les activités évoluent fréquemment comme pour le secteur médical ;
- l'incertitude des mesures réalisées est importante et le matériel utilisé ou disponible n'est pas toujours adapté au type de rayonnement ou au mode opératoire utilisés.

En conclusion, les utilisateurs, au travers des informations échangées avec les inspecteurs de l'ASN demandent que les dispositions réglementaires pour délimiter les zones réglementées soient pragmatiques et soient utiles sans toutefois préciser les objectifs qu'ils attendent.

A titre d'exemple, la prise en compte d'une part des situations normales et, d'autre part, des situations incidentelles ou accidentelles n'introduit pas de clarté ni de pragmatisme dans la démarche même si des précisions sont apportées dans la circulaire conjointe DGT/ASN n° 01 du 18 janvier 2008 [10].

Pour terminer, la plupart des utilisateurs notent que certaines dispositions de l'arrêté sont inapplicables dans le secteur médical comme notamment la gestion des accès dans les zones spécialement réglementées orange et rouge.

Globalement les remarques issues du REX des inspecteurs des DIRECCTE et de l'ASN se rejoignent et confirment la nécessité d'apporter des clarifications et des simplifications par rapport aux dispositions actuelles.

V - 5. Le zonage dans les autres classes de risque

Au travers de ce chapitre, plusieurs exemples de délimitation des zones à risque applicables en matière de prévention des risques pour la santé et la sécurité au travail sont présentés en vue de comparer les approches retenues par le législateur. Seront abordés successivement les risques laser, en atmosphère explosive (ATEX), biologique et pyrotechnique.

V - 5 - 1. Le risque Laser

Les dispositions relatives au risque lié à l'utilisation des lasers sont définies dans le décret 2010-750 du 2 juillet 2010 relatif à la protection des travailleurs contre les risques dus aux rayonnements optiques artificiels. En pratique, ce cadre réglementaire est complété par un dispositif normatif.

Les lieux de travail où, d'après les résultats de l'évaluation des risques, les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des rayonnements optiques artificiels dépassant les valeurs limites d'exposition (VLE) (définies en annexe du décret susnommé) font l'objet d'une signalisation appropriée. Ces lieux sont en outre circonscrits, lorsque cela est techniquement possible, et leur accès est limité.

Le premier principe est donc de confiner le rayonnement optique ; le chemin optique doit être capoté pour empêcher l'accès d'un opérateur au trajet du faisceau.

Cependant lorsque l'activité nécessite l'émission d'un rayonnement dangereux vers l'extérieur d'une enceinte (faisceau accessible), une zone d'espace doit être définie dans laquelle seules peuvent évoluer des personnes formées, ayant un suivi médical adapté (avec fiche d'exposition) et disposant des équipements de protection permettant une exposition inférieure à la VLE lors de l'émission d'un rayonnement accessible supérieur ou égal à la classe 3R (Cf. définition des classes LASER selon la norme EN 60285-1).

L'accès à un local dans lequel un tir laser a lieu doit être contrôlé. Tous les accès possibles à une telle zone doivent être balisés par le pictogramme ci-après (figure 1) qui doit être apposé de façon à être visible. Des avertissements lumineux et/ou sonores doivent être asservis à l'émission laser.



Figure 1 : Pictogramme signalant la présence d'une source de rayonnement laser

La zone ne sera une zone d'exclusion que si on ne peut pas mettre en place ou fournir les équipements de protection collective ou les équipements de protection individuelle permettant une exposition inférieure à la VLE.

V - 5 - 2. Le risque atmosphère explosive

Les atmosphères explosives (ATEX) sont occasionnées soit par la présence de gaz ou de vapeur soit par des poussières combustibles. Elles peuvent se former tant en fonctionnement normal des installations par accumulation dans des zones peu ventilées ou dans des locaux fermés qu'en situation accidentelle à la suite de fuite (liquide ou gaz inflammables par exemple).

Les dispositions réglementaires⁵ précisent que l'employeur subdivise en zones les emplacements dans lesquels des atmosphères explosives peuvent se présenter et veille à ce que les prescriptions minimales visant à assurer la protection des travailleurs soient appliquées dans ces emplacements.

Le système de classification s'applique aux emplacements pour lesquels des précautions doivent être prises. Ces emplacements considérés comme dangereux sont classés en trois types de zones en fonction de la nature, de la fréquence ou de la durée de présence d'une atmosphère explosive. La classification se fait selon les dispositions décrites dans le tableau 4 suivant, du risque le plus élevé au risque le plus faible.

Tableau 4 : Classification des emplacements présentant un risque d'atmosphère explosive

Atmosphère explosive présente	Zone Gaz/vapeurs	Zone Poussières
En permanence ou pendant de longues périodes, en fonctionnement normal Ex : intérieur des réservoirs, canalisations, récipients	0	20
Occasionnellement, en fonctionnement normal Ex : ouvertures d'alimentation, événements, vannes, purges	1	21
Accidentelle à la suite d'un dysfonctionnement ou présence de courte durée Ex : connexions, raccords	2	22

Cette classification détermine la nature et l'importance des mesures à prendre par l'employeur :

1. les travailleurs intervenant dans des emplacements où des atmosphères explosives peuvent se présenter reçoivent une formation suffisante et appropriée ;

⁵ Articles R. 4227-42 à R. 4227-54 du code du travail complété par l'arrêté du 8 juillet 2003 et celui du 28 juillet 2003

2. l'exécution de travaux dans les emplacements dangereux s'effectue selon des instructions écrites de l'employeur ;
3. un système d'autorisation est formalisé, en vue de l'exécution de travaux dangereux en zone. L'autorisation ne peut être délivrée que par une personne habilitée à cet effet par l'employeur.

La délimitation des zones ATEX, passe dans un premier temps par une identification des produits concernés (matières inflammables, poussières combustibles). Une fois que ces produits sont identifiés, les types de zones ATEX et l'étendue de ces zones sont déterminés en caractérisant :

- la source de dégagement, c'est-à-dire le point ou l'endroit où le produit concerné peut être libéré dans l'atmosphère, et le niveau de dégagement ;
- les matières inflammables (point éclair, limite d'explosivité, volatilité, etc..) ou pour les poussières (granulométrie, température de stockage et d'auto inflammation) ;
- les caractéristiques de la ventilation (naturelle, artificielle) et son niveau d'aspiration (faible, moyen, fort).

Plusieurs documents normatifs ou guides de bonnes pratiques émanant de syndicats professionnels proposent des démarches de délimitation de zones de façon forfaitaire et plus ou moins majorante pour permettre aux entreprises de mettre en œuvre la réglementation ATEX dans les usines et installations concernées.

Tous les matériels électriques et non-électriques présents dans les zones à risques d'explosion ainsi que les systèmes de protection doivent être conformes aux prescriptions techniques liées à la zone concernée. Pour ce faire, ceux acquis depuis le 1er juillet 2003 doivent comporter un marquage spécifique.

Les accès des emplacements dans lesquels des atmosphères explosives peuvent se présenter en quantités susceptibles de présenter un risque pour la santé et la sécurité des travailleurs sont signalés au moyen du pictogramme suivant (figure 2).



Figure 2 : Pictogramme illustrant la présence d'un risque en atmosphère explosive

Lorsque seule une partie du local présente un danger, il est possible de ne signaler que cette zone par des hachures en jaune et noir au sol. Des explications complémentaires peuvent être ajoutées au panneau d'avertissement ci-dessus.

La délimitation des emplacements ATEX doit apparaître dans le « document relatif à la protection contre les explosions » lui-même intégré dans le document unique de l'évaluation des risques.

Lorsque les zones ATEX sont délimitées, les mesures de prévention et de protection doivent être mises en place avec notamment la rédaction du document relatif à la protection contre les explosions, les consignes d'accès à ces zones, la vérification que le matériel mis en place ou utilisé dans ces zones est en adéquation avec le type de zone (cf. tableau 5).

Tableau 5 : Adéquation du matériel à la zone à risque d'explosion

Zones à risque	Catégorie d'équipements
Zones 0 ou 20	Catégorie 1 : Appareils conçus pour assurer un très haut niveau de protection
Zones 1 ou 21	Catégorie 2 : Appareils conçus pour assurer un haut niveau de protection
Zones 2 ou 22	Catégorie 3 : Appareils conçus pour assurer un niveau normal de protection

V - 5 - 3. Le risque biologique

Lorsqu'une activité est susceptible de présenter un risque d'exposition à des agents biologiques, l'employeur doit caractériser l'exposition des travailleurs et en évaluer les risques. Cette évaluation se fonde sur les conditions d'exposition, les manipulations réalisées et sur le classement des agents biologiques en fonction de l'importance du risque d'infection qu'ils présentent (4 groupes dont les groupes 2, 3 et 4 représentent les agents pathogènes).

En matière de risques biologiques, l'objectif n'est pas de délimiter des zones à risque mais plutôt de mettre en œuvre un niveau de confinement adapté en fonction des agents biologiques pathogènes manipulés. Les mesures techniques de prévention et de confinement à mettre en œuvre dans les établissements dans lesquels des travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des agents biologiques pathogènes sont définies dans l'arrêté du 16 juillet 2007 [11].

Les critères déterminant le niveau de confinement du laboratoire sont d'une part la classification des agents biologiques et d'autre part la nature des manipulations et des échantillons analysés.

A titre d'exemple, les mesures techniques spécifiques de prévention et de confinement minimum à mettre en œuvre dans des laboratoires de recherches, de développement et d'enseignement où sont utilisés délibérément des agents biologiques pathogènes classés dans les catégories 2 à 4 doivent respecter les règles de conception précisées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Mesures de confinement à respecter en fonction du niveau de confinement vis-à-vis du risque biologique

MESURES DE CONFINEMENT DANS LES SALLES dédiées aux activités techniques	NIVEAUX DE CONFINEMENT		
	2	3	4
<i>a) Conception</i>			
1. Accès via un sas muni de portes asservies ne pouvant pas s'ouvrir simultanément.	Non	Oui	Oui
2. Possibilité de fermer hermétiquement la salle dédiée aux activités techniques pour permettre la désinfection.	Optionnel	Oui	Oui
3. Filtration de l'air entrant de la salle dédiée aux activités techniques (filtre HEPA).	Non	Oui	Oui
4. Filtration de l'air extrait dans la salle dédiée aux activités techniques (filtre HEPA).	Non	Oui	Oui, double filtre HEPA
5. Fenêtres fermées pendant la manipulation.	Oui	Oui, hermétiquement closes	Oui, hermétiquement closes et incassables
6. Maintien d'une pression négative dans la salle dédiée aux activités techniques par rapport aux zones voisines.	Non	Oui	Oui
7. Système d'alarme pour détecter tout changement anormal de la pression de l'air.	Non	Oui	Oui
8. Approvisionnement en énergie électrique de secours.	Non	Optionnel	Oui
9. Système de ventilation de secours.	Non	Optionnel	Oui

Au-delà de ces règles de conception, le législateur prévoit également des dispositions minimales d'aménagements internes des salles dédiées aux activités concernées et des dispositions relatives à l'organisation du travail, aux procédures, aux protections individuelles et aux règles d'hygiène.

En particulier, le danger biologique doit être signalé au moyen d'un pictogramme spécifique (figure 3).



Figure 3 : Pictogramme signalant la présence d'un risque biologique

Ce pictogramme doit être apposé à l'entrée des locaux, sur tout poste de travail concerné et sur toute enceinte enfermant des agents biologiques. C'est donc une signalisation unique à la fois pour la localisation de la source de danger mais aussi pour l'indication de zone à risque.

L'accès aux locaux à risque biologique est limité aux seuls travailleurs autorisés et la salle dédiée aux activités biologiques doit être séparée des autres locaux par au moins une porte verrouillable. Des dispositions plus contraignantes peuvent être imposées selon la classification des salles dédiées.

Pour la prévention du risque biologique, l'objectif est donc de confiner les agents pathogènes de telle sorte qu'il n'y ait pas de dispersion à l'extérieur des zones non prévues à cet effet et ainsi qu'aucun salarié ne soit exposé.

Cette démarche simple, basée essentiellement sur le confinement de la source à la conception des locaux et sur des dispositions de sécurité d'accès, permet par ailleurs d'alerter les salariés vis-à-vis du niveau de danger dans la zone définie et d'en restreindre l'accès aux seules personnes autorisées avec des conditions plus ou moins contraignantes selon les agents pathogènes manipulés. Cette approche n'a pas pour objectif d'apporter une lisibilité sur la graduation du danger qui est ici fonction de l'importance du risque d'infection que présentent les agents pathogènes.

V - 5 - 4. Le risque pyrotechnique

Les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques sont fixées dans l'arrêté 20 avril 2007 [12].

Le chef d'établissement doit identifier l'ensemble des risques générés par les produits explosifs présents dans l'installation. Pour cela, il peut notamment s'appuyer sur le classement des produits explosifs par rapport au risque qu'ils présentent [de 1 (risque d'explosion en masse) à 6 (matière peu sensible au risque d'explosion)] et à leur compatibilité entre eux.

Dès lors qu'une installation pyrotechnique élémentaire désignée a_0 est identifiée, le législateur précise les différentes catégories d'installations à protéger contre les effets d'un accident pyrotechnique qui se produirait dans l'installation a_0 . Le tableau 7 définit les installations classées de a_1 à a_4 .

La délimitation des zones vis-à-vis du risque pyrotechnique est définie en fonction de la probabilité d'occurrence d'un accident pyrotechnique, de sa gravité (zones d'effets), de l'activité réalisée et du nombre de personnes présentes.

Les installations précédemment citées et repérées de a_0 à a_4 ne peuvent pas être construites de manière arbitraire ; elles doivent respecter les dispositions réglementaires qui prévoient que celles-ci soient positionnées en fonction de la zone d'effets d'un accident pyrotechnique (classée de Z1 à Z5) et de la probabilité d'occurrence de cet accident. Les zones d'effets sont définies selon les conséquences décrites dans le tableau 8.

Les probabilités d'un phénomène dangereux et d'accident pyrotechnique sont respectivement désignées P0, P1, P2, P3, P4 et P5 selon que l'éventualité d'un tel phénomène dangereux se révèle extrêmement peu probable, très improbable, improbable, probable, courant, très courant. Les modalités d'évaluation de ces probabilités sont précisées dans l'arrêté du 29 septembre 2005 [13].

Le tableau 9 suivant précise les implantations possibles.

Tableau 7 : Caractéristiques de classement des installations présentant un risque pyrotechnique

TYPE D'INSTALLATION	CARACTERISTIQUES DE CHAQUE CATEGORIE D'INSTALLATIONS	SYMBOLE DE CLASSEMENT
Constructions ou emplacements intérieurs à un établissement pyrotechnique.	Installations pyrotechniques (emplacements de travail, ateliers, dépôts, magasins de stockage...) ainsi que leurs voies d'accès et annexes qu'il est indispensable de placer dans le voisinage proche de a ₀ .	a ₁
	Installations pyrotechniques non classées « a ₁ » et les voies de circulation intérieures les desservant.	a ₂
	Bâtiments et locaux non pyrotechniques et voies d'accès non classées « a ₁ » ou « a ₂ »	a ₃
	Bâtiments ou locaux non pyrotechniques non classés « a ₁ » ou « a ₃ » pour l'une des raisons suivantes : <ul style="list-style-type: none"> - l'activité à l'intérieur de ces bâtiments ou de ces locaux n'a pas de lien avec l'activité pyrotechnique de l'établissement ; - les bâtiments ou les locaux accueillent des personnes non liées à l'activité pyrotechnique de l'établissement en vue d'activités sportives ou sociales 	a ₄

Tableau 8 : Type de zone en fonction des conséquences liées aux effets d'un accident pyrotechnique

Désignation de la zone	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Conséquences pour l'homme	Extrêmement graves (blessures mortelles dans plus de 50 % des cas)	Très graves	Graves	Significatives	Effets indirects par bris de vitres
Dégâts prévisibles aux biens	Extrêmement graves	Importants effets domino	Graves	Légers	Destructions significatives de vitres

Tableau 9 : Implantation possible des installations en fonction de la zone d'effets et de la probabilité d'accident pyrotechnique

Zones d'effets	PROBABILITE D'ACCIDENT PYROTECHNIQUE				
	Extrêmement peu probable/Très improbable (P0/P1)	Improbable (P2)	Probable (P3)	Courant (P4)	Très courant (P5)
Z1	a ₀	a ₀	a ₀ (*)	a ₀ (**)	a ₀ (**)
Z2	a ₁ a ₂	a ₁ a ₂ (*)	a ₁	a ₁ (*)	a ₁ (**)
Z3	a ₁ a ₂ a ₃	a ₁ a ₂	a ₁ a ₂	a ₁	a ₁ (*)
Z4	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄	a ₁ a ₂ a ₃	a ₁ a ₂	a ₁ a ₂	a ₁
Z5	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄	a ₁ a ₂ a ₃ a ₄	a ₁ a ₂ a ₃	a ₁ a ₂ a ₃

(*) signifie que le personnel nécessaire au fonctionnement de l'installation considérée ne doit pas être soumis pendant plus de 10% du temps de travail normal à des risques équivalents à ceux auxquels il est exposé dans cette installation.
(**) signifie qu'aucune personne ne doit se trouver dans la zone et l'installation considérée en application des prescriptions de l'article 27 du décret n°79-846 du 28 septembre 1979.

Compte-tenu de la cinétique des phénomènes dangereux de nature pyrotechnique, toutes les personnes présentes dans les zones à risque sont considérées comme exposées. L'objectif de la délimitation des zones à risque est donc de limiter la présence des salariés. Ainsi :

- le nombre de personnes admises à se trouver simultanément dans les zones Z1 et Z2 doit être aussi réduit que possible ;
- le nombre de personnes présentes simultanément dans toute installation de type a₀ ayant une probabilité d'accident pyrotechnique > P1 ne doit pas dépasser 5 ;
- dans les installations a_i(*), le personnel ne doit pas être soumis plus de 10% de son temps de travail à des risques équivalents à ceux auxquels il est exposé dans cette installation ;
- dans les installations a_i(**), aucun personnel ne doit se trouver dans la zone et l'installation considérée.

Les zones à risque pyrotechnique sont signalées au moyen d'un pictogramme spécifique (figure 4). De plus, les limites des zones d'effets doivent être reportées sur un plan de l'installation ou de l'établissement concerné qui sera annexé au dossier de sécurité.



Figure 4 : Pictogramme signalant la présence d'un risque pyrotechnique

V - 5 - 5. La synthèse

Les dispositions pour délimiter les zones à risque sont donc très variables selon le risque considéré.

On retient cependant que dans tous les cas l'objectif est de signaler le risque au plus près de la zone concernée par un pictogramme unique et, dès que la délimitation de la zone a été réalisée, de définir la nature et l'importance des mesures de prévention que l'employeur doit mettre en œuvre (prescriptions techniques, conception des locaux, autorisation de travail, limitation des accès, formation, surveillance médicale des salariés, etc.).

Selon les cas, on retiendra également que la délimitation d'une source de danger est :

- soit réalisée à la conception des installations ou des appareillages ; il s'agit alors de confiner le risque en empêchant une exposition par inadvertance (pour le risque biologique ou laser) ;
- soit définie en fonction de la probabilité d'occurrence d'un accident et de sa gravité (zones d'effets) (pour le risque pyrotechnique).

Par ailleurs on notera également que :

- le nombre de zones autour de la source de danger varie également : 1 zone simple (risque laser, biologique mais 3 niveaux de confinement pour ce dernier), 3 zones (risque ATEX) et 5 zones (risque pyrotechnique) ;
- la délimitation des zones à risque peut être simplement évaluée à partir du terme source (risque laser et biologique) ou résulter d'une analyse de risque complexe et approfondie (risque ATEX et pyrotechnique) ;
- la signalisation par pictogramme ne donne pas de lisibilité sur la graduation du risque rencontré mais les éléments retenus pour délimiter les zones à risque conduisent dans la plupart des cas à ce que cette graduation soit effective (niveau de confinement pour le risque biologique, zones d'effets pour le risque pyrotechnique, zone à risque plus ou moins élevé pour le risque ATEX. Pour les lasers, la lisibilité sur le danger est portée par la classification des lasers classés 1 [risque le plus faible] à 4 [risque élevé] ;
- la délimitation d'une zone à risque est réalisée indépendamment du temps de présence des opérateurs ; une limitation du temps de présence dans la zone peut cependant être imposée (risque pyrotechnique) ;

- des documents normatifs et des guides de bonnes pratiques édités par les syndicats professionnels permettent d'aider les employeurs à réaliser la délimitation des zones à risque de leurs installations.

En conclusion, on retiendra que la délimitation des zones à risque d'une installation nécessite une réflexion plus ou moins approfondie sur la base d'une évaluation des risques et d'éléments techniques définis réglementairement repris par des guides pratiques rédigés par des professionnels du secteur d'activité considéré. La vérification de la conformité de ces délimitations n'est donc pas binaire et nécessite une analyse documentaire approfondie.

VI - Situation internationale du zonage radiologique

Une synthèse des réglementations et des pratiques en matière de zonage au sein de 5 pays de l'Union Européenne (UE) : Belgique, Royaume-Uni, Espagne, Finlande, Suède a été réalisée. Les situations de 2 autres pays ont été aussi analysées, Suisse et Etats-Unis.

Il apparaît une grande hétérogénéité des réglementations et des pratiques, ce qui n'est pas surprenant dans la mesure où la CIPR ne traite pas cet aspect de manière détaillée et que, la directive EURATOM 96/29, si elle reprend les notions de zone surveillée et contrôlée, ne fixe pas de critère précis pour leur délimitation (c.f IV-1). Il est seulement stipulé que, dès lors qu'il existe une possibilité d'exposition supérieure à 1 mSv par an ou à une dose équivalente à $1/10^{\text{ème}}$ des limites de dose équivalente, des dispositions doivent être prises aux fins de la radioprotection. On notera toutefois que, même si la directive EURATOM 96/29 ne fait plus référence aux $3/10^{\text{ème}}$ de limites réglementaires pour la délimitation de la zone contrôlée, les pays ont conservé cette référence qui figurait dans les directives antérieures, depuis la première en 1959.

De façon générale, par rapport à la situation en France, on peut noter les points essentiels suivants :

- En termes de philosophie, parmi les pays étudiés, le zonage a pour fonction essentielle de « repérer » des zones nécessitant des contrôles particuliers pour l'accès, la surveillance des travailleurs etc... La démarche de zonage a une importance plus faible, dans la démarche générale de prévention, que les études de postes,
- Le zonage, comme indication de danger et non de risque, apparaît comme une spécificité française. Les réglementations ou les pratiques étrangères font intervenir des notions de facteur d'occupation des locaux, ou des durées de travail réalistes,
- En matière de textes de référence, généralement, le texte réglementaire « chapeau », qui s'applique à toutes les activités nucléaires (au sens français du terme) est peu détaillé par rapport à l'arrêté « zonage ». *A contrario*, il est complété par des documents soit réglementaires soit à statut de guide applicables par secteur d'activité. En particulier, certains documents précisent des obligations vis-à-vis des règles de conception,
- La réglementation n'introduit la notion de subdivision de zone (sans forcément de code couleur associé), à l'instar de la France, que dans trois pays : les Etats-Unis, la Belgique et l'Espagne. Toutefois dans le secteur de l'industrie nucléaire, les exploitants se sont tous dotés d'un système gradué, en accord avec l'autorité compétente ou à sa demande,
- Les valeurs numériques utilisées pour définir les zones sont très hétérogènes suivant les pays de même que la période d'intégration pour définir les débits de dose de référence, éventuellement moyennés sur la minute, l'heure, la journée voire l'année,

- Les voies d'exposition (exposition externe et contamination) font l'objet de deux zonages distincts et signalés différemment. Lorsque des critères de contamination surfacique sont utilisés (cas de la Belgique, du Royaume-Uni, de la Suède et de l'Espagne en installation nucléaire, cas de la Suisse tous secteurs d'activité) ils ne semblent pas être liés explicitement à une évaluation de l'exposition interne mais plutôt à la volonté de maîtriser la propreté radiologique. Concernant les Etats-Unis, on note la prise en compte des contaminations atmosphériques, dans une logique plus axée sur la dose efficace engagée.

Ce qui suit détaille les éléments essentiels recueillis pour chaque pays en considérant successivement : le cadre réglementaire ou normatif, les objectifs du zonage, les critères de délimitation des zones et les signalisations.

Avant d'aborder ces différents aspects, et dans la mesure où les réglementations des pays font toutes référence aux valeurs de limites de dose pour les travailleurs, celles-ci sont rappelées dans le tableau 10 pour les 7 pays étudiés.

Tableau 10 : Limites de dose pour les travailleurs dans les 7 pays étudiés.

	Limite de dose efficace	Limite de dose équivalente
- Belgique	20 mSv sur 12 mois glissants	Pour chaque organe ou tissu : 500 mSv sur 12 mois glissants Cristallin : 150 mSv sur 12 mois glissants Peau : 500 mSv sur 12 mois glissants Extrémités : 500 mSv sur 12 mois glissants
- Royaume-Uni - Suisse	20 mSv par année calendaire	Cristallin : 150 mSv par année calendaire Peau : 500 mSv par année calendaire Extrémités : 500 mSv par année calendaire
- Espagne - Finlande - Suède	50 mSv par année calendaire et 100 mSv sur 5 années calendaires	Cristallin : 150 mSv par année calendaire Peau : 500 mSv par année calendaire Extrémités : 500 mSv par année calendaire
- Etats-Unis	50 mSv par année calendaire	Pour chaque organe ou tissu : 500 mSv par année calendaire Cristallin : 150 mSv par année calendaire Peau : 500 mSv par année calendaire Extrémités : 500 mSv par année calendaire

VI - 1. Les cadres réglementaires

Belgique :

La réglementation belge relative à la désignation de zones réglementées s'appuie sur l'Arrêté Royal du 20/07/01 portant règlement général de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants, texte qui concerne tous les secteurs d'activité.

Des éléments complémentaires sont fournis pour le secteur médical par deux guides publiés par l'Autorité fédérale de contrôle nucléaire (AFCN) et un guide publié par le Conseil supérieur d'hygiène, ainsi que par des guides de bonnes pratiques (médical et vétérinaire).

En ce qui concerne l'industrie nucléaire, il n'existe pas de guide spécifique destiné aux exploitants. Les modalités d'application particulières de zonage sur une centrale nucléaire telle qu'à Doel ou sur le centre de recherche SCK-CEN résultent donc d'accords particuliers avec l'AFCN.

Espagne :

La réglementation espagnole relative à la classification des zones règlementées est inscrite dans la Réglementation sur la Protection Sanitaire contre les Rayonnements Ionisants et le Décret Royal d'application 738/2001. La réglementation en particulier pour le zonage concerne tous les secteurs d'activité.

L'autorité de sûreté et de radioprotection espagnole (CSN), via des groupes de travail avec des représentants des professionnels, a élaboré également des guides de sécurité par secteur d'activité (nucléaire et médical), devant être suivis par les opérateurs pour la rédaction de leur manuel de radioprotection. Ces guides précisent quelques éléments sur le zonage.

Etats-Unis :

La réglementation américaine relative à la classification des zones contrôlées et surveillées est inscrite dans le *U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) Regulations Title 10, Code of Federal Regulations – Part 20 – Standards for protection against radiations (10 CFR 20)*. Elle concerne tous les types d'installations.

Pour renforcer la réglementation, des guides réglementaires sont publiés par le NRC. En ce qui concerne l'industrie nucléaire, un guide (*Regulatory guide 8.38*) précise les conditions d'accès dans les zones de rayonnement élevé et très élevé, complétant ainsi la réglementation 10 CFR 20.

Les dispositions relatives au secteur médical sont également définies par le 10 CFR 20. Pour la radiothérapie, l'accès aux zones est précisé dans le 10 CFR 35.615. Il existe aussi plusieurs documents du *National Council of Radiation Protection and measurements (NCRP)* concernant les différentes applications des rayonnements ionisants en médecine.

Finlande :

La réglementation finlandaise relative à la désignation des zones règlementées est inscrite dans le *Radiation Act* qui concerne l'utilisation de tous les rayonnements (ionisants ou non) et les autres pratiques qui entraînent ou peuvent entraîner l'exposition à des rayonnements dangereux pour la santé humaine. Cette réglementation générale est peu prescriptive. Elle est complétée par deux guides réglementaires qui précisent la gestion des zones surveillées et contrôlées ainsi que la signalisation à utiliser : le guide ST 1.3 "*Warning Signs for radiation sources*" et le guide ST 1.6 "*Operational Radiation Safety*".

Pour préciser la mise en œuvre de la réglementation dans différents secteurs d'activité, des guides de conception et d'utilisation ont été publiés par les autorités (STUK). Ils s'appuient sur les guides ST 1.3 et ST 1.6 mais précisent des spécificités du secteur d'activité traité. A noter, en particulier, les guides suivants:

- ST 2.2 "*Radiation safety of radiotherapy equipment and treatment rooms*"
- ST 3.2 "*Mammography equipment and their use*"
- ST 3.6 "*Radiation safety in X-ray facilities*"
- ST 5.1 "*Radiation safety of sealed sources and devices containing them*"
- ST 5.6 "*Radiation safety in industrial radiography*"
- ST 6.1 "*Radiation safety when using unsealed sources*".

Dans l'industrie nucléaire, un guide spécifique a été publié par les autorités : YVL 7.9 "*Radiation protection of workers at nuclear facilities*".

Royaume-Uni :

Au Royaume-Uni, les exigences spécifiques à la protection des travailleurs et de la population contre les rayonnements ionisants sont regroupées dans les Règles de l'IRR99 (*Ionising Radiation Regulations 1999*). Pour faciliter la mise en œuvre pratique de l'IRR99, l'autorité britannique en charge de la radioprotection (HSE), a publié un guide d'application (*ACoP - Approved Code of Practice and guidance*) qui analyse en détail et explicite chacune des règles de l'IRR99. Appliquer le « *code of practice* » permet de satisfaire la réglementation. Des « *guidances* » le complètent, mais ont moins de poids que le « *code of practice* ».

Dans le secteur de l'industrie nucléaire, le HSE a publié à destination des inspecteurs des installations nucléaires des principes d'évaluation de la sûreté pour les installations nucléaires (*Safety Assessment Principles - SAP*) afin de les guider dans leur travail d'inspection. Ces SAP représentent les bonnes pratiques à mettre en œuvre du point de vue du corps d'inspection du HSE. En support aux SAP, le HSE a également publié plusieurs guides techniques (*Technical Assessment Guides - TAG*) détaillant de façon plus opérationnelle ces différents principes. Le guide principal précise des instructions pour le zonage radiologique (TAG38 sur la radioprotection).

Dans le secteur médical et dentaire, un guide sur les bonnes pratiques en termes de radioprotection dans un environnement clinique a été réalisé conjointement par l'Institut de Physique et d'Ingénierie en Médecine, le *National Radiological Protection Board* et le HSE en 2002. Il précise la réglementation IRR99 et indique notamment des critères et caractéristiques de délimitation de zone, les conditions d'accès dans ces zones et les spécificités sur les installations mobiles (appareils radiographiques).

Suède :

Les principes généraux de radioprotection sont édictés par une loi sur la radioprotection de 1988 (*Radiation Protection Act 1988* :220). Les modalités de délimitation des zones

règlementées sont définies, actuellement, dans un texte : *The Swedish Radiation Safety Authority's regulations concerning basic provisions for the protection of workers and the general public in practices involving ionising radiation (SSMFS 2008:51)* qui concerne les « dispositions de base pour la radioprotection des travailleurs et du public » et date de 2008.

On peut souligner que, dans ce texte, un même chapitre traite de la catégorisation des travailleurs et des lieux de travail (*Chapter 4 Categorisation of workers and workplaces*).

En complément, pour l'industrie nucléaire, il existe une réglementation spécifique concernant les travailleurs en centrale nucléaire : *The Swedish Radiation Protection Institute's Regulations on Radiation Protection of Workers Exposed to Ionising Radiation at Nuclear Plants (SSI FS 2000:10)*.

Il existe aussi une réglementation qui s'applique aux pratiques médicale et dentaire : *The Swedish Radiation Safety Authority's Regulations on general obligations in medical and dental practices using ionising radiation (SSMFS 2008:35)*. Elle concerne aussi les expositions des personnes qui aident et accompagnent les patients.

De plus, une réglementation spécifique concerne les accélérateurs et les sources scellées au-delà de 100 GBq : *The Swedish Radiation Protection Institute's Regulations on Accelerators and Sealed Sources (SSI FS 2000:9)*.

Suisse :

En Suisse, les exigences appliquées à la protection des travailleurs et du public contre les rayonnements ionisants sont spécifiées dans la Loi sur la radioprotection (LRaP) du 22 mars 1991 et dans ses règles d'application spécifiées dans l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP) du 22 juin 1994. La LRaP s'applique à toutes les activités et toutes les installations. Les principes de classification de zones contrôlées sont mentionnés dans l'ORaP.

Dans le secteur des installations nucléaires et, plus spécifiquement des centres de production d'électricité, la directive IFSN G 15/f de novembre 2010 spécifie des zones contrôlées pour lesquelles « le détenteur de l'autorisation doit prendre les mesures nécessaires pour garantir une planification efficace de la radioprotection » mais celle-ci demeure très générale. La classification des zones et les critères de mise en œuvre du zonage ne sont mentionnés que dans une directive de juin 1995 (ces directives ont été émises par l'Inspection Fédérale de la Sécurité Nucléaire ex HSK).

Dans le secteur médical, trois ordonnances précisent les critères de zonage : elles concernent les accélérateurs, les sources radioactives scellées et les installations radiologiques. Quelques éléments peu détaillés sur les conditions d'accès en zone contrôlée sont donnés dans la Directive R-06-03 (émanant de l'Office Fédéral de Santé Publique) concernant la surveillance dosimétrique dans les hôpitaux.

Une ordonnance spécifique précise des éléments succincts liés à la classification de zones dans les installations non médicales produisant des radiations ionisantes : elle s'applique notamment aux travaux industriels de radiographie ou de radioscopie (fixe ou mobile).

Enfin, dans le domaine des sources non scellées, incluant le secteur médical, une autre ordonnance indique quelques éléments relatifs à la délimitation des zones notamment dans le cadre du transport de celles-ci.

VI- 2. Les objectifs du zonage

Les objectifs du zonage sont rarement explicités dans les textes réglementaires ou normatifs et les analyses menées ou les contacts pris n'ont que rarement permis de les préciser. Cette partie est donc assez incomplète.

Belgique :

Même si la formulation est différente, les objectifs du zonage renvoient à ceux, succincts, qui figurent dans la directive européenne 96/29. A noter toutefois, que selon l'Arrêté Royal, l'exploitant, et par défaut le chef d'entreprise, est tenu d'organiser un service de contrôle physique. La première des tâches affectées à ce service est la délimitation et la signalisation des zones contrôlées.

Espagne :

La classification en zones contrôlées a pour objectif la protection du public et des travailleurs face au risque d'exposition aux rayonnements ionisants. Elle doit aussi prévenir la dispersion de contamination radioactive ou prévenir ou limiter la probabilité et l'ampleur d'accidents radiologiques. Dans cette formulation, seule la partie soulignée introduit un élément supplémentaire par rapport à la directive européenne 96/29.

Etats-Unis :

Aucun élément recueilli ne nous permet de définir le rôle et la philosophie du zonage dans la réglementation américaine. Il est curieux de constater que dans le document 10 CFR 20, les éléments relatifs au zonage apparaissent sous forme de définitions dans un paragraphe consacré aux définitions des termes de radioprotection usuels. Seuls, 2 courts paragraphes traitent des conditions d'accès dans des zones à fort et très fort débit de dose.

Finlande :

La réglementation finlandaise donne peu d'éléments sur la philosophie du zonage. La classification des zones s'inscrit dans l'ensemble des mesures destinées à assurer la radioprotection des travailleurs et des autres personnes situées dans un lieu où les rayonnements sont utilisés.

Royaume-Uni :

La réglementation anglaise précise que l'IRR99 et le « *code of practice* » associé (ACoP) ont pour but de donner un cadre permettant de s'assurer que les expositions professionnelles aux rayonnements ionisants sont maintenues aussi bas que raisonnablement possible (*As low as reasonably practicable* - ALARP) et ne dépassent pas les limites de doses prescrites. Par ailleurs, dans la définition même de la zone contrôlée, il est précisé qu'elle doit correspondre à toute

zone où des procédures particulières doivent être mises en place pour restreindre les expositions significatives ou pour limiter le risque et l'amplitude des accidents.

Le « *code of practice* » précise de plus que le principal objectif de la désignation de zones contrôlées est d'aider à s'assurer que les mesures prises pour éviter les accidents et pour mettre en œuvre le principe ALARP sont efficaces. En effet, les zones contrôlées permettent de vérifier qui peut entrer ou travailler dans ces zones et quelles sont les procédures spécifiques à suivre. Les zones surveillées sont définies notamment dans des zones où il existe potentiellement un risque de changement de conditions radiologiques pouvant les faire évoluer vers des zones contrôlées.

Suède :

La réglementation est très vague quant à la philosophie du zonage se bornant à rappeler les éléments clés de la directive 96/29.

Suisse :

Le zonage a pour but de « limiter et contrôler l'exposition aux rayonnements ». Les zones contrôlées doivent être délimitées de manière distincte et marquées conformément à l'annexe 6. Le titulaire de l'autorisation doit contrôler l'accès aux zones contrôlées et le séjour dans celles-ci.

VI- 3. Les critères de zonage

Belgique :

La réglementation Belge reprend les deux types de zones : zone contrôlée et zone surveillée avec les définitions de la directive 96/29. Pour la zone contrôlée, en complément, figure la référence à un dépassement des 3/10^{ème} des limites réglementaires.

Par ailleurs, il est fait mention d'un découpage de la zone contrôlée en fonction du débit de dose. Trois zones sont ainsi définies qui nécessitent l'apposition d'un panneau spécifique:

- Débit de dose > 1 mSv/h : L'indication « Intensité de radiation très élevée » doit être apposée.
- Débit de dose > 0,2 mSv/h : Indication « Intensité de radiation élevée »
- Débit de dose > 20 µSv/h : Indication « Radiations ionisantes »

« Intensité de radiation très élevée » : Quand cette inscription est apposée sur la porte d'accès d'un local, elle est doublée d'une signalisation acoustique ou visuelle sauf si l'accès est seulement possible avec la permission d'une personne compétente ou sous la surveillance du service de contrôle physique. Cette signalisation fonctionne en permanence ou se met en marche dès qu'une personne ouvre la porte d'accès du local ou y pénètre. C'est donc l'équivalent d'une zone rouge française, par contre il n'y a pas l'équivalent de la zone orange, puisqu'à l'indication « Intensité de radiation élevée » n'est pas associée de disposition particulière.

En complément, et avec un découplage apparemment total de la contamination par rapport à l'exposition externe, quand des sources non scellées sont entreposées ou utilisées, l'indication « Danger de contamination radioactive » doit figurer.

L'accès à une zone est signalé par un trisecteur dont la couleur répond au code général des couleurs défini dans un autre arrêté (arrêté royal du 17 juin 1997) dont un extrait est reproduit dans le tableau 11.

Tableau 11 : Signification du code couleur définissant les zones en Belgique

<u>Art. 2N1. 2. Les indications figurant dans le tableau ci-dessous s'appliquent à toute signalisation qui comporte une couleur de sécurité.</u>		
Couleur	Signification ou but	Indications et précisions
Rouge	Signal d'interdiction. Danger-alarme.	Attitudes dangereuses. Stop, arrêt, dispositifs de coupure d'urgence. Evacuation.
	Matériel et équipement de lutte contre l'incendie.	Identification et localisation.
Jaune ou Jaune-orange	Signal d'avertissement.	Attention, précaution. Vérification.
Bleu	Signal d'obligation.	Comportement ou action spécifique. Obligation de porter un équipement individuel de sécurité.
Vert	Signal de sauvetage ou de secours.	Portes, issues, voies, matériels, postes, locaux.
	Situation de sécurité.	Retour à la normale.

La réglementation ne mentionne pas spécifiquement quelles formes doivent prendre les séparations entre les zones contrôlées, les zones surveillées et le reste de l'établissement. Elle précise uniquement qu'en cas de risque de contamination dans certains types d'établissement (dont industrie nucléaire et milieu médical), un mur continu et plein (dit « orbe ») ou un espace libre doit séparer les zones surveillées ou contrôlées de certains locaux tels que les réfectoires, salles de conférence, etc... Par ailleurs, concernant les locaux dans le secteur médical, elle précise qu'à l'extérieur des locaux utilisant des sources de rayonnement ionisants, la dose reçue en tout endroit accessible où des personnes peuvent séjourner ne doit pas excéder 0,02 mSv par semaine. En outre, les chambres d'hospitalisation de malades porteurs de sources doivent être conçues de façon à respecter une contrainte de dose de 0,5 mSv par personne et par an dans les pièces voisines (compte tenu de leur occupation). Enfin, il doit être prévu de pouvoir fermer à clef les locaux.

Il faut souligner qu'à la centrale nucléaire de Doel, l'exploitant a mis en place une subdivision à 5 niveaux de la zone contrôlée sur un critère de débit de dose (la zone contrôlée débute à 3 µSv/h). La sous-zone « Intensité de radiation très élevée » est appelée zone rouge. En parallèle, une autre subdivision existe à 3 niveaux principaux pour la contamination surfacique, avec, comme déjà dit plus haut, un découplage du classement sur débit de dose.

Il n'y a pas de règles de zonage particulières pour le secteur médical et vétérinaire mais des dispositions d'aménagement figurant dans un guide. Il est précisé qu'à l'exclusion des cabinets dentaires où se trouve un appareil spécifiquement conçu pour la radiographie dentaire, le

symbole de la radioactivité ainsi que les mentions prévues à l'article 31 de l'arrêté royal, figurent sur les portes : « Intensité de radiation très élevée », « Intensité de radiation élevée », « Radiations ionisantes », « Danger de contamination radioactive »

Espagne :

La réglementation espagnole introduit deux types de zones : zone contrôlée et zone surveillée avec les définitions de la directive 96/29. Pour la zone contrôlée, en complément, figure la référence à un dépassement des $3/10^{\text{ème}}$ des limites réglementaires (soit 6 mSv en dose efficace).

Les critères de délimitation sont basés sur les limites de doses annuelles. L'accès est libre dans les zones où le débit de dose est inférieur à $0,5 \mu\text{Sv/h}$.

Des subdivisions dans les zones contrôlées peuvent être définies en complément :

- Zone de séjour limité (trèfle jaune), qui est une zone où il y aurait un risque de dépasser les limites de doses annuelles (en cas de présence permanente d'un travailleur à cet endroit) :
 - o Dose efficace : 50 mSv sur une année civile et 100 mSv sur une période de 5 années civiles consécutives,
 - o Doses équivalentes définies pour les extrémités, la peau et le cristallin sur une année civile.
- Zone de séjour réglementé (trèfle orange), zone où il y a un risque de recevoir sur une plus courte période des doses dépassant les limites de dose annuelles (dose efficace et doses équivalentes) et qui nécessitent des prescriptions spéciales (permis de travail) afin d'optimiser les doses reçues.
- Zone d'accès interdit (trèfle rouge), zone où il y a un risque de dépasser en une seule exposition (entrée/sortie de la zone) les limites de doses annuelles (dose efficace ou doses équivalentes).

On notera que ces zones sont définies en termes de dose équivalente et doses efficaces.

Pour l'industrie nucléaire, un groupe de travail conjoint autorité de sûreté-exploitants a défini un zonage plus précis, à 4 et non 3 niveaux, en fonction du risque d'exposition externe, de la contamination surfacique et de la contamination atmosphérique. C'est le risque le plus élevé qui définit la zone et la signalisation. Toutefois, en cas de risque conjoint (exposition externe et contamination par exemple), les deux risques sont signalés.

A noter que la zone contrôlée est repérée verte si les 3 critères suivants sont respectés :

- $3 \mu\text{Sv/h} \leq \text{débit de dose} < 25 \mu\text{Sv/h}$,
- Contamination surfacique moyennée sur $300 \text{ cm}^2 < 4 \text{ Bq/cm}^2$ en β/γ et $< 0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en α ,
- Contamination atmosphérique $< 0,1 \text{ LDCA}$

Et la Zone Rouge (4^{ème}), qui est fermée par double verrouillage, définie par :

- 100 mSv/h \leq débit de dose, ou
- Contamination surfacique moyennée sur 300 cm² > 400 Bq/cm² en β/γ et > 40 Bq/cm² en α , ou
- Contamination atmosphérique > 10 LDCA

Certaines centrales mettent un simple verrouillage dès la sous-zone 2 (jaune) soit à des niveaux de débit de dose supérieurs à 25 μ Sv/h (et critères correspondants en termes de contamination).

Dans le médical, il existe aussi des guides qui précisent les modalités de mise en œuvre du zonage et proposent des zonages type définis suivant le type d'activité. Celui-ci n'existe que quand l'appareil est utilisé. Les pupitres de commande des appareils sont situés en zone surveillée.

Etats-Unis :

Le vocabulaire de désignation des zones est sensiblement différent du vocabulaire européen.

Zone d'accès restreint : zone dont l'accès est limité par le titulaire afin de protéger les individus contre les risques liés à l'exposition aux rayonnements ou aux matières radioactives. Elle s'apparente à notre zone surveillée mais aucun critère précis de délimitation n'est donné.

Zone de rayonnement élevé : zone accessible où les niveaux de rayonnements provenant de sources externes au corps peuvent donner lieu à une dose équivalente reçue par un individu supérieure à 1 mSv en 1 heure à 30 cm de la source de rayonnement ou 30 cm de toute surface émettant des rayonnements.

Zone de rayonnement très élevé : zone accessible aux individus où les niveaux de rayonnements provenant de sources externes au corps peuvent donner lieu à une dose absorbée reçue par un individu supérieure à 5 Gy en 1 heure à 1 mètre de la source de rayonnement ou 1 mètre de toute surface émettant des rayonnements.

Zone de radioactivité dans l'air : zone dans laquelle des particules radioactives, sont à des concentrations :

- supérieures à des limites dérivées de concentration dans l'air (LDCA) spécifiées dans une annexe du 10 CFR 20
- ou donnant lieu à une incorporation de plus de 0,6% de la limite annuelle d'incorporation (LAI)
- ou plus de 12 LDCA.heure pour une personne présente pendant 1 semaine sans équipement de protection respiratoire (LDCA et LAI sont définies par rapport à une limite réglementaire qui est restée à 50 mSv par année calendaire).

On notera, sur la base de ces définitions, que :

- le zonage en termes de débit de dose et contamination interne sont découplés ;
- le débit de dose est toujours une moyenne sur une heure même lorsque l'on est sur des valeurs de 5 Gy/h ;
- pour l'application des critères en débit de dose, la réglementation fournit une distance de référence : 30 cm ou 1 m selon le type de zone.

Pour les zones de rayonnement élevé, la réglementation fixe des conditions très détaillées pour y accéder parmi lesquelles l'exploitant doit choisir celles qu'il va mettre en œuvre, par exemple la détection automatique d'entrée provoquant une réduction des débits de dose en dessous du critère, ou activant un signal sonore ou visible ; la surveillance physique ou à distance des accès ; le verrouillage d'accès. En dernier ressort, l'exploitant peut proposer à la NRC une méthode alternative.

On notera aussi qu'il est possible de déroger à ces dispositions dans deux cas :

- lorsque les débits de dose élevés proviennent de la préparation de transports de matières radioactives (avec une durée limite de 3 jours),
- dans les hôpitaux, lorsque les sources sont des patients. Il est toutefois nécessaire que des personnels de surveillance soient présents, pour éviter des expositions qui ne soient conformes aux objectifs ALARA (*As low as reasonably achievable*) définis dans le programme de radioprotection de l'hôpital.

Pour les zones de rayonnement très élevé, en complément, des dispositions doivent être prises pour éviter des accès par inadvertance ou sans autorisation.

La signalisation est celle du trisecteur avec comme couleurs autorisées : le magenta, le violet ou le noir sur fond jaune. De plus des informations complémentaires sur la nature ou le niveau de risque ainsi que sur certaines dispositions (dosimètres par ex.) sont rajoutées.

Dans les centrales nucléaires ces dispositions de base sont déclinées en un système plus complexe faisant intervenir en complément des zones d'exposition neutron, des zones de contamination surfacique (2 types), le repérage de points chauds etc...

Les zones de rayonnement élevé sont subdivisées en 2 : les ordinaires (<10 mSv sur 1 heure), les verrouillées (>10 mSv sur 1 heure).

Pour le médical il n'y a pas de disposition particulière. On peut cependant noter que le NCRP publie des documents très complets pour chaque secteur d'activité (radiologie, radiothérapie, dentaire...) détaillant les conditions d'aménagement des locaux. En particulier les points où les mesures doivent être effectuées sont toujours bien précisés.

Finlande :

La réglementation ne fournit pas de critères pour la délimitation des zones et reprend simplement les formulations de la directive 96/29. Il appartient à l'exploitant de les délimiter en fonction :

- de la nature de l'utilisation des sources de rayonnement,
- des doses annuelles estimées,
- des risques de contamination,
- des expositions potentielles.

De plus, une attention particulière doit être portée à la possibilité de survenue d'événements anormaux pouvant donner lieu à des expositions plus élevées que celles observées en situation normale.

C'est un guide spécifique aux zones contrôlées et surveillées (ST 1.6) qui introduit la référence aux $3/10^{\text{ème}}$ de limites réglementaires pour la délimitation des zones contrôlées. En complément, une zone peut également être désignée comme contrôlée si les risques d'exposition externe aux rayonnements ionisants ou de contamination font que des règles de sûreté et des procédures spéciales sont nécessaires pour pouvoir y travailler. Ce même guide reprend la référence aux $1/10^{\text{ème}}$ de limites réglementaires pour la délimitation des zones surveillées.

Pour les centrales nucléaires un guide spécifique fixe des critères plus précis pour la zone contrôlée :

- un débit de dose supérieur à $3 \mu\text{Sv/h}$, ou
- une présence des travailleurs dans cette zone de 40 h par semaine susceptible d'entraîner une dose interne de 1 mSv/an .

Trois sous-zones doivent être définies :

- Zone la plus basse (si tous les critères sont respectés):
 - o un débit de dose externe $\leq 25 \mu\text{Sv/h}$
 - o une contamination surfacique : émetteurs beta $\leq 4 \text{ Bq/cm}^2$
émetteurs alpha $\leq 0,4 \text{ Bq/cm}^2$
 - o une contamination atmosphérique $\leq 0,3 \text{ LDCA}$
- Zone la plus élevée (si l'un des critères est vérifié):
 - o un débit de dose externe $\geq 1 \text{ mSv/h}$
 - o une contamination surfacique : émetteurs beta $\geq 40 \text{ Bq/cm}^2$
émetteurs alpha $\geq 4 \text{ Bq/cm}^2$
 - o contamination atmosphérique $\geq 30 \text{ LDCA}$
- Au moins une zone supplémentaire doit être définie entre ces deux zones.

Dans le secteur de la radiothérapie, des contraintes de doses fixées à $300 \mu\text{Sv/an}$ ont été établies pour les zones adjacentes pour lesquelles il n'y a pas de restriction d'accès. Un guide précise pour chaque type d'activité comment considérer les différentes zones. Ainsi pour la mammographie, s'il y a plus de 4000 examens/an, les alentours immédiats doivent être classés en zone surveillée.

Royaume Uni :

La réglementation IRR99 reprend les définitions de la directive 96/29 pour les zones surveillées et zones contrôlées. Une zone contrôlée doit être définie en référence à la possibilité de dépassement des $3/10^{\text{ème}}$ de limites réglementaires. En complément, une zone contrôlée peut aussi être créée si l'on estime que des procédures spécifiques sont nécessaires pour limiter l'exposition des personnes présentes ou travaillant dans cette zone.

L'ACoP (guide de bonnes pratiques pris en application de la réglementation IRR99) recommande des critères additionnels détaillés pour la délimitation des zones contrôlées.

Critères en termes de dose :

- un débit de dose externe supérieur à $7,5 \mu\text{Sv}$ par heure en moyenne sur une journée de travail.

Ce critère devient $7,5 \mu\text{Sv}$ par heure mais moyenné sur une minute :

- pour une radiographie industrielle,
 - si des employés non formés à la radioprotection sont susceptibles d'entrer dans cette zone ;
- les mains d'un travailleur peuvent entrer dans une zone de débit de dose moyen dépassant $75 \mu\text{Sv}$ par heure sur 8 heures de travail ;
 - des salariés sont susceptibles de travailler dans la zone pendant une période suffisante pour recevoir une dose excédant 6 mSv/an .

Critères en termes de contamination :

- il existe un risque significatif de disperser de la contamination en dehors de la zone de travail ;
- les personnes sont susceptibles d'être exposées à des niveaux significatifs de contamination atmosphérique ou surfacique (supérieurs aux LDCA) ;
- des équipements de protection respiratoire doivent être portés dans cette zone.

Critères complémentaires :

- des travailleurs qui normalement ne sont pas exposés professionnellement aux rayonnements peuvent y accéder ;
- les mesures de contrôle habituelles doivent être temporairement suspendues pour des travaux tels que des travaux de maintenance ou un changement de source.

Pour les installations nucléaires, un guide à l'usage des inspecteurs (TAG 38) stipule que lorsque cela est nécessaire, les zones surveillées et contrôlées doivent être subdivisées, et des contrôles spécifiques permettant de réduire l'exposition et de prévenir la propagation des substances radioactives doivent être mises en œuvre. La subdivision de ces zones doit s'appuyer sur les niveaux d'irradiation, de contamination surfacique et de concentration d'aérosols. Ces subdivisions doivent s'accompagner de contrôles appropriés, en particulier en relation avec l'accès à la zone, à son taux d'occupation et à l'utilisation d'équipements de protection individuelle. Dans le cas où une fraction significative d'une des limites de dose peut

être reçue en quelques minutes, l'accès doit être limité par des mesures physiques, par exemple des cadenas ou des alarmes. Cependant, aucun critère précis n'est donné pour la délimitation. Le classement des zones doit être une indication sur les moyens de contrôles à mettre en œuvre et à adapter en fonction des zones : C1, C2, C3, etc. et R1, R2, R3, etc. correspondant respectivement à des niveaux croissants de contamination et d'irradiation.

En outre, il est précisé que le contrôle d'accès aux zones à plus faible risque peut être suffisant avec l'installation de barrières physiques et de signaux d'alerte alors que les contrôles pour les zones à plus haut risque peuvent requérir un isolement grâce à des protections et des mécanismes de verrouillage. Le tableau 12 présente la déclinaison propre de British Energy (EDF SA) pour ses centrales nucléaires.

Tableau 12 : Critères de délimitation des zones pour British Energy (EDF SA) pour ses centrales nucléaires

	Débit de dose Minimum (μSv/h)	Débit de dose Maximum (μSv/h)
Zone surveillée R1	0,5	3
Zone Contrôlée R2	3	50
Zone Contrôlée R3	50	500
Zone Contrôlée R4	500	

British Energy (EDF SA) définit aussi une zone contrôlée C2 en fonction de la contamination surfacique si celle-ci dépasse des valeurs données par radionucléide (par ex : 4 Bq/cm² pour le ⁶⁰Co) et une zone contrôlée C3 en fonction de la contamination volumique si elle dépasse des valeurs minimales par radionucléide (ex : pour le ⁶⁰Co : 24 Bq/m³ en moyenne sur 8 heures), valeurs qui peuvent être augmentées avec l'accord d'un radioprotectionniste habilité par l'employeur (96 Bq/m³ pour le ⁶⁰Co).

Les zones R4 sont condamnées fermées, les zones R3 doivent comporter des portes ou des barrières pour éviter des accès fortuits.

Les zones C2 et C3 ne sont accessibles qu'après passage dans un vestiaire pour revêtir des tenues adaptées.

On constate que les zonages en débit de dose et contamination sont distincts.

Pour la radiographie industrielle la délimitation est réalisée à l'isodose 7,5 μSv/h en dehors de la zone contrôlée et doit respecter les valeurs liées au zonage en place en zone contrôlée.

Dans le secteur médical, les critères de délimitation des zones réglementées sont établis sur la base des mesures instantanées, ou moyennées sur la journée ou l'année (tableau 13).

Tableau 13 : Débit de dose en $\mu\text{Sv/h}$ utilisés dans la délimitation de zones au Royaume Uni.

Critère	Zone contrôlée	Zone surveillée	Zone publique non surveillée
Moyenné sur 1 mn (IDR⁶)	> 2000 $\mu\text{Sv/h}$	> 7,5 $\mu\text{Sv/h}$	< 7,5 $\mu\text{Sv/h}$
Moyenné sur 8h (TADR⁷)	> 7,5 $\mu\text{Sv/h}$	> 2,5 $\mu\text{Sv/h}$	< 2,5 $\mu\text{Sv/h}$
Moyenné sur l'année (TADR2000⁸)	> 3 $\mu\text{Sv/h}$	> 0,5 $\mu\text{Sv/h}$	< 0,15 $\mu\text{Sv/h}$

Des logigrammes très détaillés définissent le classement d'une zone. Autant que faire se peut, une contrainte de dose de 0,3 mSv par an doit être appliquée à la conception pour que les zones adjacentes n'aient pas besoin d'être classées. Si, malgré un débit de dose ambiant faible, la probabilité de contamination subsiste ou, en cas d'exposition accidentelle, cette zone devra être définie en zone contrôlée ou zone surveillée sur la base de l'exposition potentielle.

Des guides de bonnes pratiques précisent les dispositions de radioprotection.

Suède :

La réglementation reprend les critères de la directive 96/29 pour la zone surveillée (SSI FS 1998:3). Cette réglementation s'applique quand :

- la dose efficace annuelle dépasse 1 mSv,
- la dose équivalente au cristallin dépasse 15 mSv,
- la dose équivalente aux extrémités dépasse 50 mSv.

La zone contrôlée est définie comme une zone où un travailleur peut recevoir :

- une dose efficace annuelle > 6 mSv,
- une dose équivalente au cristallin > 45 mSv,
- une dose équivalente aux extrémités > 150 mSv.

Ces valeurs servent aussi de limite pour classer le travailleur en catégorie A ou B.

La zone surveillée est une zone qui n'est pas contrôlée mais où des dispositions réglementaires s'appliquent.

En complément, une zone pour laquelle il y a un risque de dispersion de contamination aux espaces environnants doit être classée zone contrôlée.

⁶ IDR : Instantaneous Dose Rate

⁷ TADR : Time Average Dose Rate

⁸ TADR2000 : Time Averaged Dose Rate estimated over 2000 h.

Par ailleurs, le document SSMFS 2008:51 fournit, dans une annexe 2, une liste de pratiques (situations de travail) pour lesquelles il faut prendre sérieusement en considération le besoin de classer en catégorie A les travailleurs (tableau 14).

Il y a donc (ne serait-ce que parce que la catégorisation des travailleurs et des lieux de travail sont traités dans un même chapitre de SSI FS 1998:3), une relation forte entre zone contrôlée et classement en catégorie A des travailleurs.

Dans le secteur nucléaire, si l'on prend la centrale de Ringhals comme exemple, des zones subdivisées au sein de la zone contrôlée sont définies de manière séparée selon l'ampleur de l'exposition externe et des contaminations surfaciques et atmosphériques :

- Zones contrôlées définies à partir des débits de dose

Zone bleue : débit de dose < 25 $\mu\text{Sv/h}$

Zone jaune : entre 25 $\mu\text{Sv/h}$ et 1 mSv/h

Zone rouge : > 1 mSv/h

Une zone dont le débit de dose est supérieur à 3mSv/h est considérée comme une « zone à débit de dose élevé ». De plus, un point chaud peut être défini lorsque le débit de dose près d'un composant ou un circuit est plus élevé qu'à la normale.

- Zones contrôlées définies à partir de la contamination surfacique

Pour total β - γ :

Zone bleue : < 4 Bq/cm²

Zone jaune : entre 4 et 100 Bq/cm²

Zone rouge : > 100 Bq/cm²

Pour total α :

Zone bleue : < 0,4 Bq/cm²

Zone jaune : entre 0,4 et 10 Bq/cm²

Zone rouge : > 10 Bq/cm²

- Zones contrôlées définies à partir de la contamination atmosphérique

Zone bleue : < 1 LDCA

Zone jaune : entre 1 et 10 LDCA

Zone rouge : > 10 LDCA

La LDCA est calculée sur une base de 20 mSv/an et 2000 heures de travail par an.

Tableau 14 : Liste de pratiques (situations de travail) pour lesquelles il faut prendre sérieusement en considération le besoin de classer en catégorie A les travailleurs en Suède.

SSMFS 2008:51	
<i>Appendix 2</i>	
<i>Examples of practices where classification in category A shall be considered for workers</i>	
Other kinds of work not listed in the table may exist.	
Practice	Workers whose belonging to category A shall be carefully considered
<i>Medical, dental or veterinary radiology:</i>	Anyone who takes part in work with fluoroscopy or more than 30 exposures per week and stays with the patient not behind a radiation shield or anyone who takes part in work where the hands or some other unprotected part of the body is occasionally within or close to the primary beam.
<i>Service or installation of equipment for which a licence is required:</i>	Anyone who installs, performs service, changes radioactive sources, maintains or checks the equipment. This also applies to accessories if radiation is emitted during the work.
<i>Intracavitary and interstitial therapy with sealed sources:</i>	Anyone who handles radioactive sources or nurses patients during the treatment.
<i>Radiotherapy except Grenz ray therapy:</i>	Anyone who handles the sources.
<i>Practices with open radioactive sources emitting gamma radiation:</i>	Anyone who works with more than 100 MBq per step.
<i>Practices with open radioactive sources emitting beta radiation:</i>	Anyone who works with more than 10 MBq per step if the maximum β -energy is more than 0.3 MeV or anyone who works with more than 100 MBq per step if the maximum β -energy is between 0.1 and 0.3 MeV.
<i>Nuclear activity:</i>	Anyone who works within a controlled area.
<i>Radiography except X-rays used within sealed boxes with interlock:</i>	Anyone who takes part in the work.
<i>Work with accelerators except shielded ones in industrial production lines:</i>	Anyone who has access to the accelerator room.
<i>Practices with sealed sources in industry or research:</i>	Anyone who routinely takes part in work in positions where the dose rate exceeds 6 μ Sv/h or where it is possible to occasionally be within a radiation field having a dose rate exceeding 100 μ Sv/h.
<i>Transport:</i>	Anyone who routinely is in positions where the dose rate exceeds 6 μ Sv/h or for extended periods must be in positions where the dose rate exceeds 20 μ Sv/h.

Pour les zones à risque de contamination, le classement en zone s'accompagne de prescriptions précises sur les protections à porter. Le port de ces protections est une condition préalable à l'entrée. De manière générale, un accès en zone jaune ou rouge nécessite un accord préalable d'un radioprotectionniste.

L'accès en zone contrôlée est autorisé aux personnes ayant reçu une formation adéquate. Toute zone où un risque de contamination existe doit être classée zone contrôlée.

Suisse :

La réglementation applicable à tous les secteurs d'activité précise les zones contrôlées :

- Les secteurs de travail destinés à l'utilisation de sources radioactives non scellées dont l'activité dépasse les seuils dénommés LA présentés dans une annexe de l'ORaP 814.501 du 22 juin 1994 (type C de 1 à 100 LA, type B de 1 à 10 000 LA et type A de 1 à la limite supérieure fixée dans l'autorisation détenue),
- Les zones dans lesquelles le degré de contamination de l'air peut excéder 1/20 des valeurs par radionucléide (CA) indiquées dans cette annexe,
- Les zones dans lesquelles la contamination surfacique (CS) peut excéder des valeurs directrices pour la radioprotection opérationnelle indiquées par radionucléide dans l'annexe 3 de l'ORaP.

A titre d'exemple, voici un extrait du tableau de cette annexe (tableau 15).

Tableau 15 : Extrait de l'annexe de l'ORaP 814.501 du 22 juin 1994 concernant les sources non scellées.

Radionucléide	Forme chimique	Type de contamination	Seuil LA (Bq)	Seuil CA (Bq/m ³)	Formes d'activité			LA (Bq)	LA (Bq/m ²)	CA (Bq/m ³)	CS (Bq/cm ²)	Réf. de l'annexe 3
					Libre	Adsorbé	Libre + Adsorbé					
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l
Cs-137	7,51h	solide	3,3E+02	1,1E+02	0,50E+02	1000	10	3E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Co-60	5,27a	solide	4,9E+02	2,3E+02	0,25E+02	100	0,6	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
La-139	14,02d	solide	6,0E+02	2,1E+02	0,01E+02	100	0,1	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
La-140	1,020d	solide	1,1E+02	1,2E+02	0,1E+02	100	0,2	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
La-141	4,15h	solide	1,1E+02	2,1E+02	0,000E+02	10	<0,1	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
La-142	1,127h	solide	1,1E+02	2,1E+02	0,00E+02	1000	1,1	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Co-60ca	10,17m	solide	1,2E+02	1,7E+02	0,001E+02	10	<0,1	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Co-60	1,65a	solide	1,2E+02	1,7E+02	0,017E+02	1000	1,6	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Co-60s	1,41m	solide	1,2E+02	1,7E+02	0,15E+02	1000	1,8	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Ni-59	1,01a	solide	5,6E+02	8,6E+02	0,20E+02	60	0,1	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Ni-63	9,608h	solide	1,6E+02	8,0E+02	0,07E+02	700	0,8	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Ni-64	1,514a	solide	2,2E+02	6,1E+02	0,000E+02	10	<0,1	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Ni-65	2,5a	solide	2,2E+02	6,1E+02	0,000E+02	10	<0,1	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Ni-66	1,520h	solide	1,2E+02	1,2E+02	0,001E+02	1000	1,6	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02
Ni-66ca	1,12h	solide	1,2E+02	1,2E+02	0,07E+02	1000	1,3	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02	1E+02

CA : correspond à la définition de la LDCA.

LA : activité qui par inhalation en une fois entraîne une dose engagée de 5 mSv.

La référence « 161 » dans le tableau correspond à un correctif apporté pour cette valeur (www.admin.ch/ch/f/rs/8/814.501.fr.pdf).

CS : Contamination moyenne sur 100 cm². Pour calculer les valeurs, 3 scenarii liés aux dépôts ont été pris en considération : l'irradiation de la peau, l'incorporation par ingestion, ainsi que l'inhalation (fraction de LA). Le cas le plus défavorable a été retenu :

- irradiation de la peau pendant 8760 heures (un an) avec atteinte d'un dixième de la valeur limite pour la peau, correspondant à une dose efficace de 0,5 mSv sur 1 an (via un w_T = 0,01) ;
- ingestion quotidienne de l'activité qui peut se trouver sur une surface de 10 cm² (parties de la main), et entraînant une dose engagée de 0,5 mSv sur 1 an ;
- CS_{inh} = LA / 100 cm².

- Les zones dans lesquelles des personnes peuvent accumuler une dose efficace supérieure à 1 mSv par an par exposition externe,
- Les zones dans lesquelles sont exploitées des installations dépourvues de dispositif de protection autour des sources de rayonnements ionisants,
- Les zones désignées comme telles par l'autorité de surveillance.

La réglementation n'évoque pas de subdivisions de la zone contrôlée ni de notion de zone surveillée.

A contrario, des exigences figurent dans la partie : règles d'application (ORaP) pour les zones extérieures à la zone contrôlée (équivalent des zones attenantes de l'arrêté « zonage » [2]) :

1. Le local ou la zone dans lesquels sont utilisées ou entreposées des installations fixes ou des sources radioactives doivent être conçus ou blindés de façon que, compte tenu de la fréquence d'exploitation :
 - Dans les zones attenantes aux zones contrôlées, où peuvent séjourner des personnes exposées aux rayonnements dans des circonstances non liées à l'exercice de leur profession, la dose ambiante n'excède pas 0,02 mSv par semaine ; cette valeur peut être portée à 0,1 mSv par semaine dans les endroits où personne ne séjourne durablement.
 - à aucun endroit situé en dehors de l'enceinte de l'entreprise, des valeurs limites d'«immission»⁹ ne soient dépassées.
2. Avec l'assentiment de l'autorité de surveillance, le débit de dose peut atteindre localement jusqu'à 2,5 µSv par heure dans des endroits rarement fréquentés, situés en dehors des zones contrôlées, comprises dans l'enceinte d'une entreprise et sous surveillance constante, et dans lesquels le dépassement de la valeur limite de dose de 1 mSv par an est empêché par des mesures appropriées.

Dans l'industrie nucléaire, une directive de l'Inspection Fédérale pour la Sécurité des Installations Nucléaires (IFSN) applicable aux centrales nucléaires et à l'Institut Paul Scherrer fournit les détails suivants :

1. Elle définit des zones surveillées et précise que toute zone contrôlée doit être située à l'intérieur d'une zone surveillée.
2. A l'intérieur des zones contrôlées, des sous-zones doivent être définies selon le niveau de contamination surfacique et/ou atmosphérique (zone I et IV). De manière distincte du risque contamination, des secteurs sont à délimiter au sein des zones contrôlées selon des critères d'exposition externe (secteurs V à Z).

⁹ Par immission (terme non utilisé en France), la réglementation suisse entend les concentrations d'activité respectivement dans l'air extérieur à l'enceinte de l'entreprise respectivement dans les eaux accessibles au public. Ce sont donc des valeurs de concentrations de rejets radioactifs liquides et gazeux.

En ce qui concerne le risque d'exposition externe :

- Zone réglementée hors zone contrôlée :
 - 20 $\mu\text{Sv}/\text{semaine}$ (0,12 $\mu\text{Sv}/\text{h}$), dans les zones où des travailleurs non classés peuvent séjourner,
 - ou 100 $\mu\text{Sv}/\text{semaine}$ (0,6 $\mu\text{Sv}/\text{h}$) dans les zones de passage où le débit de dose est inférieur à 1 $\mu\text{Sv}/\text{h}$.
- Zone contrôlée :
 - Secteur V : débit de dose < 0,01 mSv/h,
 - Secteur W : 0,01 mSv/h < débit de dose < 0,1 mSv/h,
 - Secteur X : 0,1 mSv/h < débit de dose < 1 mSv/h,
 - Secteur Y : 1 mSv/h < débit de dose < 10 mSv/h,
 - Secteur Z : débit de dose > 10 mSv/h.

En ce qui concerne le risque de contamination, les limites des sous-zones sont définies en fraction de valeurs contamination surfacique (CS) et atmosphérique (CA), qui sont définies dans une annexe de l'ORaP pour chaque radionucléide (tableau 16).

Par exemple, la centrale de Beznau retient le ^{60}Co comme radionucléide de référence et prend pour CS : 3 Bq/cm² et CA : 500 Bq/m³ (équivalent ^{60}Co).

Le guide fédéral précise, pour les zones 0 à IV, les tenues de protection et donne des indications pour limiter les conditions d'accès et la durée de séjour. Pour les secteurs V à Z, sont précisées les conditions d'accès et de séjour. Ces conditions sont d'une sévérité croissante en fonction du risque.

A Beznau, la zone Z est traitée comme une zone rouge dans la réglementation française ; pour accéder et travailler en zone Y, la présence d'un radioprotectionniste est requise.

Tableau 16 : Limites des sous zones en fraction de valeurs contamination surfacique (CS) et atmosphérique (CA) en Suisse

Zone	Contamination surfacique	Contamination volumique
O	Non significative	Non significative
I jaune avec faible probabilité de contamination	≤ 1 CS	$\leq 0,1$ CA
II jaune II S en Bâtiment réacteur	1 – 10 CS	$\leq 0,1$ CA
III rouge	10 – 100 CS	0,1 – 1 CA
IV rouge	> 100 CS	> 1 CA

Dans le secteur médical, il existe trois ordonnances particulières qui précisent les conditions d'utilisation et de mise en œuvre des accélérateurs, des sources radioactives scellées et des installations radiologiques médicales.

- Accélérateurs d'électrons : les débits ne doivent pas dépasser 0,02 mSv/semaine hors de la zone contrôlée, et 0,1 mSv/semaine aux endroits situés à l'intérieur de la zone contrôlée. Pour les locaux hors zone contrôlée et où aucun séjour durable n'est envisagé et aucun poste de travail n'est installé, un facteur 5 est appliqué : par exemple, les salles d'attente, les vestiaires, les locaux d'archives, les entrepôts, les caves, les toilettes, les corridors, les escaliers, les ascenseurs, les trottoirs, les rues, les espaces verts et les jardins. Il n'existe aucune limite pour les endroits où personne ne peut séjourner durant le fonctionnement de l'accélérateur.
- Sources radioactives scellées : les débits ne doivent pas dépasser 0,02 mSv/semaine aux endroits où des personnes non exposées dans l'exercice de leur profession peuvent séjourner de manière durable, et 0,1 mSv/semaine aux endroits accessibles seulement aux personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession ou qui ne sont pas prévus pour un séjour durable. Il n'existe aucune limite pour les endroits où personne ne peut séjourner durant l'exploitation des sources radioactives médicales.
- Installations radiologiques : les débits ne doivent pas dépasser 0,02 mSv/semaine aux endroits où des personnes non exposées dans l'exercice de leur profession peuvent séjourner de manière durable, et 0,1 mSv/semaine dans les zones contigües où des personnes non exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession ne séjournent pas durablement : les salles d'attente, les vestiaires, les locaux d'archives, les entrepôts, les caves, les toilettes, les corridors, les escaliers, les ascenseurs, les trottoirs, les rues, les espaces verts et les jardins et dans les zones où ne séjournent que des personnes exposées aux rayonnements ionisants dans l'exercice de leur profession.

Il n'existe aucune limite pour les endroits où personne ne peut séjourner durant l'exploitation des installations radiologiques.

VI- 4. La signalisation et le balisage

Belgique :

Un trisecteur, dont les proportions sont fixées, doit figurer à chaque entrée de toute zone contrôlée. Par ailleurs, ainsi que mentionné plus haut des indications complémentaires doivent être indiquées en fonction du niveau de débit de dose au sein des zones contrôlées (« intensité de rayonnement élevée ou très élevée »). Ces exigences s'appliquent aussi dans le secteur médical, à l'exception des cabinets dentaires, où se trouve un appareil spécifiquement conçu pour la radiographie dentaire.

A la centrale nucléaire de Doel, un double zonage en termes de débit de dose et contamination surfacique est réalisé. Chacun a un code de couleur similaire :

- Pour le risque d'exposition externe le code couleur est blanc (zone surveillée et bas de la zone contrôlée), jaune, orange, violet et rouge (5 niveaux en zone contrôlée).
- Pour le risque de contamination, le code est vert, jaune, rouge.

Pour ces zones, en plus d'un panneau de couleur est apposé un panneau montrant le type de protection individuelle à utiliser.

Espagne :

Les modalités de signalisation sont quasi identiques à ce qui a cours en France :

- trisecteur de couleur sur fond blanc avec la même codification selon que l'on est en exposition externe pure, contamination interne pure ou mixte (figure 5) ;
- la gradation et les couleurs (de gris-bleu, puis de vert à rouge) sont les mêmes.

Dans le secteur médical, les exigences de la réglementation générale sont reprises et, en complément, pour les zones n'ayant pas une classification permanente un panneau doit indiquer les restrictions applicables ainsi que leurs conditions d'applications.

On retrouve donc le code couleur du zonage français (bleu/gris, vert, jaune, orange et rouge) mais avec des valeurs de débit de dose différents. Par ailleurs la nature du risque doit être précisée : exposition externe (pointes radiantes) ou contamination (pixels sur fond).



Figure 5 : Exemples de signalisation en Espagne selon le type d'exposition (externe pure, contamination interne pure ou mixte)

Etats-Unis :

Les panneaux de signalisation à utiliser ainsi que les exigences concernant la signalisation sont décrits dans la réglementation applicable à tous les secteurs d'activité : 10 CFR 20. Le symbole standard des rayonnements (trisecteur) doit être utilisé sauf autorisation spéciale de la NRC, les couleurs utilisées doivent être le magenta, le violet ou le noir sur fond jaune.

L'exploitant doit signaler chaque zone de rayonnement avec une signalisation spécifique bien visible ou avec des panneaux portant le trisecteur et le message d'alerte suivant : "ATTENTION, ZONE DE RAYONNEMENT". Il doit également signaler les zones de rayonnement élevé de la même manière ou avec la mention suivante : "DANGER, ZONE DE RAYONNEMENT". Pour les zones de rayonnement très élevé, la mention "GRAVE DANGER, ZONE DE RAYONNEMENT TRES ELEVE" doit être inscrite et, pour les zones de radioactivité dans l'air : "ATTENTION, ZONE DE RADIOACTIVITE DANS L'AIR" ou "DANGER, ZONE DE RADIOACTIVITE

DANS L'AIR". Le titulaire doit également signaler chaque zone ou pièce dans laquelle est utilisée ou stockée une quantité de matière radioactive dépassant 10 fois la quantité de ces matières spécifiée dans une annexe du 10 CFR 20, avec un signe visible ou des panneaux portant le symbole des rayonnements et les mots "ATTENTION, MATIERES RADIOACTIVES" ou "DANGER, MATIERES RADIOACTIVES".

En centrale nucléaire, on retrouve ces principes. En complément, et comme l'autorise la réglementation, sur les panneaux figurent une ou plusieurs indications complémentaires : port de dosimètre, autorisation, ou régime de travail, protection respiratoire, pré-job briefing requis, zone fermée... Des panneaux spécifiques signalent aussi l'existence de points chauds, des zones de contamination particulaire ou surfacique, faible ou élevée. Des disparités existent entre les centrales.

Pour le médical la même signalisation (trisection avec comme couleurs autorisées le magenta, le violet ou le noir sur fond jaune) se retrouve (figure 6). Cependant les salles de téléthérapie n'ont pas besoin d'affichage si l'accès à la pièce est contrôlé suivant le 10 CFR 35.615, et si le personnel présent prend les dispositions nécessaires pour éviter que les expositions des travailleurs, autres patients et membres du public dépassent les limites prescrites.



Figure 6 : Exemple de signalisation du zonage aux Etats-Unis

Finlande :

Les zones contrôlées doivent comprendre la signalisation suivante :

- Une signalisation spécifique "zone contrôlée" et la mention de risque de rayonnement ;
Une signalisation spécifique n'est pas exigée si la signalisation démontre d'une autre façon que la zone est contrôlée (à l'aide d'un panneau par exemple). Par exemple, dans le secteur médical les signalisations suivantes sont acceptées : "salle d'exams aux rayons X" ou "salle de radiothérapie". Dans une salle d'opération ou salle d'hôpital ou lors de l'utilisation industrielle des rayonnements ionisants, la signalisation peut n'être apposée que pendant la durée de l'irradiation pour indiquer le risque de rayonnement.
- Une signalisation d'avertissement, des alarmes lumineuses et des signaux acoustiques doivent clairement indiquer toute source radioactive en cours d'utilisation.

Pour la centrale nucléaire de Lovisa, un guide spécifique définit trois subdivisions selon les critères définis plus haut de débit de dose, contamination surfacique et atmosphérique. Il utilise un code à 3 couleurs : vert, orange et rouge (selon le risque croissant).

Dans le secteur médical il faut indiquer en plus de la zone contrôlée une information sur les conditions d'accès (figure 7).

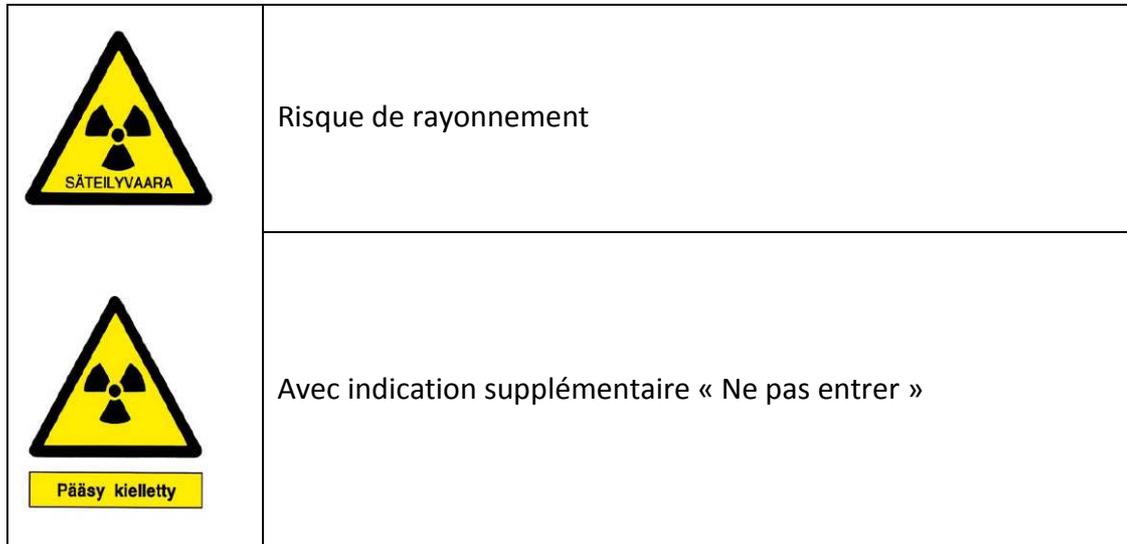


Figure 7 : Exemple de signalisation du zonage en Finlande

Royaume-Uni :

Selon la réglementation générale, il faut installer une signalisation adéquate à chaque entrée en zone. Cette signalisation permet aux employés ayant reçu une formation ou une information appropriée de comprendre les risques et de savoir exactement quelles actions ils doivent entreprendre pour entrer dans cette zone (par exemple, la signalisation doit permettre de savoir quel type de protection individuelle doit être porté).

Pour les zones contrôlées des panneaux doivent être installés à chaque entrée de zone ou si cette zone est délimitée par des barrières temporaires, à intervalles réguliers.

Dans le cas où la délimitation des zones contrôlées n'est pas possible, une ou plusieurs personnes devront être désignées pour alerter verbalement toutes les personnes approchant de la zone. Il est indiqué que des signaux avertisseurs peuvent être appropriés pour certaines zones surveillées mentionnant la nature des sources radioactives et les risques afférents. A contrario, si l'emprise d'une zone surveillée est clairement signalée dans les règles locales et ceux qui travaillent dans cette zone en ont bien connaissance alors il est possible de ne pas signaler la zone *in situ*.

La réglementation donne le modèle de trisecteur (noir sur fond jaune) pour la signalisation des sources et des zones en précisant qu'il est possible d'ajouter du texte ou des indications de danger, mais ne donne pas d'autres codes de couleur.

Dans les centrales nucléaires, les différentes zones (R1 à R4 ou C2 à C3) sont repérées par des panneaux à fond jaune et pictogrammes noirs, les interdictions sont en blanc sur fond rouge. La signalisation repose sur le trèfle noir sur fond jaune avec des indications correspondant au critère de classement et aux conditions d'accès (figure 8).



Figure 8 : Exemple de signalisation du zonage au Royaume Uni.

Suède :

La réglementation spécifie que l'entrée d'une zone contrôlée ou surveillée doit comprendre une signalisation précisant la nature de la zone et les types de sources utilisées.

Aucune autre disposition n'est spécifiée.

A la centrale nucléaire de Ringhals, les zones subdivisées définies en termes de débit de dose ou de contamination sont signalées par des panneaux avec un code couleur bleu, jaune, rouge selon le risque croissant.

Suisse :

La réglementation précise la signalisation et les indications minimales qui doivent être mentionnées à l'entrée d'une zone contrôlée, selon les types de sources radioactives utilisées :

1. Sources radioactives non scellées

- a. le nucléide le plus radiotoxique et son activité maximale ;
- b. la classification du secteur de travail (type A, B ou C suivant l'activité de la source) ;
- c. le niveau maximal de contamination non fixée sur les surfaces, en Bq/cm² ou en fraction de valeur de contamination surfacique (CS) pour le nucléide considéré ;
- d. le débit de dose ambiant en mSv par heure dans le secteur accessible, si cela se révèle judicieux ;
- e. les indications sur les vêtements de protection nécessaires ainsi que les mesures de protection à prendre ;
- f. le signe de danger (i.e. trisecteur).

2. Sources radioactives scellées:

- le nucléide le plus radiotoxique et son activité maximale ou l'activité et le nucléide avec le rayonnement gamma de la plus haute énergie ;
- le débit de dose ambiant en mSv par heure dans le secteur accessible, si cela se révèle judicieux ;
- le signe de danger.

3. Installations (i.e. installations à rayons X, accélérateurs):

- la désignation de l'installation ;
- la nature du rayonnement (par exemple électrons, rayons X, neutrons, pour autant que cela n'apparaisse pas dans la désignation de l'installation) ;
- le débit de dose ambiant en mSv par heure dans le secteur accessible, si cela se révèle judicieux ;
- le signe de danger (trisection noir).

La signalisation doit se composer d'un signe de danger sous lequel figurent les indications relatives aux locaux ou aux zones concernées. Les exemples ci-dessous (figure 9) illustrent la signalisation des secteurs de travail avec des sources radioactives non scellées (A) et celle pour le marquage des salles de radiologie (B).

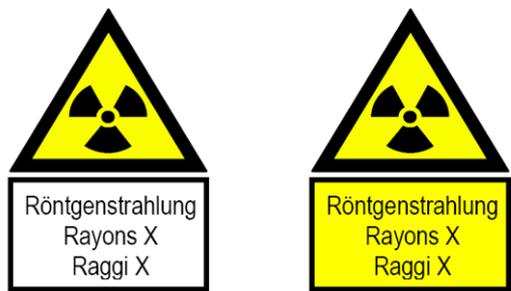
	
<p>A : Exemple de signalisation selon la directive L-07-02 Signalisation des secteurs de travail (2008).</p>	<p>B : Exemple de signalisation selon la directive R-07-01 Marquage des salles de radiologie (2000).</p>

Figure 9 : Exemples de signalisation du zonage en Suisse.

A la centrale nucléaire de Beznau, les zones subdivisées en termes de débit de dose de la zone contrôlée ne sont pas clairement indiquées : seuls, des plans placés en différents endroits indiquent les sous-zones par des codes couleurs. Par contre les sous-zones de contamination sont repérées par des pancartes : jaunes (zones I et II), rouges (zones III et IV). Sur ces pancartes figurent des débits de dose ambiants.

VII - Propositions du GT

D'avril 2011 à avril 2012, le GT a mené des investigations larges et approfondies sur la scène nationale mais il a également bénéficié d'une analyse de la situation internationale en matière de zonage radiologique.

La méthode de travail déployée par le GT s'est largement inspirée de l'expérience positive du Groupe de travail PCR [14], à la différence près qu'il s'est, en plus, appuyé sur la tenue d'un colloque national spécifique à cette thématique ce qui a fortement contribué à enrichir le retour d'expérience.

Les chapitres précédents ont retracé de façon synthétique ce retour d'expérience collecté auprès des acteurs de terrain ainsi que l'évolution historique du zonage sur le plan réglementaire et sa déclinaison sur le plan international.

Un bilan des réflexions du GT sur ce REX est maintenant présenté afin de pouvoir proposer des axes d'évolution du système conformément à la saisine dont le GT fait l'objet.

VII - 1. Les réflexions du GT sur le dispositif actuel

VII - 1 - 1. Les innovations

L'évolution constante des réglementations en matière de zonage reflète le souci d'accroître la sécurité des travailleurs et du public et de préserver notre environnement des atteintes que les activités nucléaires pourraient éventuellement lui porter.

Quelles que soient les réserves que l'on serait tenté de formuler concernant les modalités du zonage, il n'en reste pas moins vrai que, globalement, le concept de définition de zones a eu un impact positif important sur la prévention des risques liés aux rayonnements ionisants dans tous les secteurs d'activité.

Il est ainsi utile de souligner les avancées du dernier arrêté « zonage » [2], saluées unanimement, qui permettent d'offrir plusieurs alternatives pour un même objectif. C'est en particulier :

- le fait que la zone surveillée ou la zone contrôlée (à l'exception des zones interdites) puisse être limitée à une partie du local ou à un espace de travail : cela peut notamment faciliter l'organisation des activités en intégrant une cartographie spatiale de la gradation des risques ;
- la possibilité de concevoir des zones contrôlées intermittentes ou de suspendre temporairement le zonage : ceci permet de lever ponctuellement - sous réserves de procédures encadrées - des contraintes particulières, par exemple celle limitant les accès, sans déroger aux principes de prévention ;

- la simplification de la mise en œuvre du zonage pour les utilisations d'appareils mobiles avec la définition d'une seule zone contrôlée dénommée zone d'opération ;
- l'apport sur les règles d'hygiène et de sécurité, afférentes aux zones réglementées, aujourd'hui élargies aux secteurs d'activité hors INB ;
- l'inclusion, dans le dispositif de zonage radiologique, de dispositions particulières relatives à l'acheminement des matières radioactives.



VII - 1 - 2. Les faiblesses et les difficultés d'application

Le dispositif zonage en vigueur est globalement cité comme étant d'une réelle complexité tant dans son interprétation que dans sa mise en œuvre ou dans sa perception. Si cette complexité peut être admise pour des non-initiés, s'y ajoutent des ambiguïtés pour des intervenants directement concernés : travailleurs exposés, radioprotectionnistes, employeurs, corps d'inspection. Quel que soit le niveau de formation ou d'implication, de réelles confusions, voire divergences, remontent du terrain.

S'il n'y a pas contestation sur le fait que le droit du travail dans ses principes fondamentaux doit s'appliquer indistinctement quels que soient les catégories de travailleurs et les secteurs d'activité, la déclinaison uniforme d'un dispositif extrêmement détaillé vient inmanquablement se heurter à des spécificités propres à certaines activités professionnelles.

De manière générale, le GT constate que le manque d'explications quant au sens à donner à certaines évolutions réglementaires intervenues en matière de zonage radiologique a induit doute et confusion même pour certains acteurs expérimentés.

VII - 1 - 2 - 1. L'ambiguïté sur l'évolution des limites de zones et leurs fondements

Le GT a pu relever l'ambiguïté de certains points du dispositif notamment concernant l'interprétation de la notion de danger versus celle de risque, ou encore l'articulation entre zonage, évaluation des risques et analyse de poste. Ces confusions sont liées aux objectifs même du zonage qui mériteraient d'être mieux définis.

En effet, le GT constate un défaut de cohérence entre les objectifs du zonage décrits dans le code du travail, qui cite le respect des limites réglementaires annuelles dans les situations normales de travail, et les critères de délimitation déclinés dans l'arrêté « zonage » [2], qui définit des notions horaires et ne tient pas compte du temps de présence effectif. Ainsi, par exemple, la présence continue en zone contrôlée verte sur 2000 heures de travail induit le dépassement du niveau d'exposition annuelle admissible actuellement : en effet la limite horaire délimitant cette zone reste calculée sur la base de l'ancienne limite annuelle d'exposition des travailleurs (50 mSv).

La prise en compte d'une activité sur une notion d'heure « la plus pénalisante », sans tenir compte de l'exposition globale annuelle ou intégrée sur une période de travail effective, ne semble pas pertinente dès lors que l'activité mettant en œuvre les rayonnements ionisants n'est pas répétée au quotidien. En particulier, ce critère ne semble pas adapté pour une activité ponctuelle, répétée avec une faible fréquence et qui ne conduirait pas à dépasser la limite annuelle de 1 mSv (définissant l'entrée en zone réglementée), même pour une présence permanente dans le local.

VII - 1 - 2 - 2. Les lacunes concernant les dispositions relatives aux zones réglementées surveillées et contrôlées.

Si la notion de zone intermittente est prévue pour la zone contrôlée, le GT regrette qu'elle n'ait pas été introduite pour une zone initialement classée surveillée pour permettre notamment, de la même manière, de suspendre temporairement les contraintes d'accès lorsque l'appareil est verrouillé sur une position interdisant toute émission de rayonnements ionisants.

A cet égard, le retour d'expérience conduit par le GT a mis en relief le fait que la possibilité de définir une zone contrôlée intermittente (art. 9) serait propre aux générateurs électriques de rayonnements. La circulaire d'application a, sur ce point, apporté des précisions utiles qui mériteraient d'apparaître dans le corps de l'arrêté.

Par ailleurs, le GT note qu'il n'existe pas de limite basse pour délimiter la zone surveillée en relation avec le critère d'exposition des extrémités. Il est ainsi impossible de matérialiser le début de la zone surveillée pour ce type d'exposition.

VII - 1 - 2 - 3. Les difficultés concernant les dispositions relatives aux zones spécialement réglementées

Les zones spécialement réglementées (jaune, orange et rouge) avec des contraintes additionnelles particulières sont devenues applicables dans les secteurs d'activité hors INB (lesquels ne comportaient auparavant que des zones surveillées et des zones contrôlées). La pertinence de cette extension et la possibilité de mettre en œuvre ces zones de manière pratique ont fait l'objet de la majorité des interrogations ou des réserves émises pour les secteurs médical, dentaire et vétérinaire.

En particulier, les critères retenus (i.e. en débit de dose instantané) pour définir de telles zones sont problématiques : en pratique médicale, l'utilisation croissante de techniques d'imagerie à haut débit conduit à instaurer des zones spécialement réglementées dont les contraintes ne peuvent être totalement respectées.

Même dans le secteur des INB, dont ce type de disposition est issu, les difficultés d'application ont conduit à mettre en œuvre des règles particulières. Ainsi, lorsque la zone concernée ne comporte pas de poste de travail habituel, le zonage peut être basé sur les débits d'équivalent de dose auxquels sont susceptibles d'être exposés les personnels qui circulent dans les locaux. En complément, les sources individualisées de rayonnement, appelées « points chauds » sont signalées par un affichage spécifique et un code couleur identique à celui des zones spécialement réglementées.



Cet affichage complémentaire est destiné :

- d'une part à signaler le niveau de danger auquel s'exposerait un intervenant circulant à une distance des points chauds plus faible que celle qui est préconisée par les règles internes de l'exploitant,
- d'autre part, dans la perspective de la mise en place d'un poste de travail temporaire dans le local, signaler la nécessité d'une ré-interrogation sur le balisage voire le classement du local et la mise en place le cas échéant d'autorisations particulières de travail.

Cette démarche, en vigueur dans les réacteurs de production, est reconnue plus explicite et plus opérationnelle pour les intervenants, même si l'on peut considérer qu'elle s'écarte d'une lecture littérale de l'arrêté.

Par ailleurs, l'interdiction d'accès en zone rouge et l'instauration de barrières infranchissables sont incompatibles avec la mise en œuvre de certaines activités dont la justification est pourtant avérée (par exemple, la radiologie interventionnelle). Des situations

analogues sont aussi rencontrées dans le secteur de la recherche et de l'industrie (pour illustration, alignement de faisceau d'appareil électrique...).

Si, quel que soit le secteur d'activité, les zones rouges sont liées à la notion d'accès à titre exceptionnel, les impératifs de certaines activités démontrent que ces accès peuvent être fréquents.



Plus globalement, une disposition du code du travail concerne le critère de débit de dose avec l'interdiction d'exécution de travaux par des travailleurs intérimaires ou en CDD *dans des zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2 millisieverts*. Cette disposition, est sujette à interprétation pour une intervention en zone orange :

- l'interdiction porte-t-elle sur un travail effectif dans la zone ou également sur un simple passage furtif ?
- sur quelle grandeur dosimétrique (dose efficace ou dose équivalente) porte la limite horaire de 2 mSv ? (la circulaire apporte certes une précision mais celle-ci n'est pas explicite),
- enfin, s'agit-il d'une référence au débit de dose réel ou encore d'une dose évaluée sur une heure ?

Dans ce contexte, le GT a pris connaissance d'une procédure judiciaire (ayant conduit à une condamnation d'un chef d'installation) « *pour emploi de travailleurs intérimaires dans des zones où le débit de dose horaire [était] susceptible d'être supérieur à 2 mSv* ».

Par ailleurs le code du travail cite des règles d'accès particulières à ces zones réglementées (article R.4451-20) qui, si elles sont largement explicitées dans l'arrêté « zonage » [2] pour les zones orange ou rouge, ne le sont pas pour les zones jaunes. On peut donc s'interroger sur l'intérêt de la zone jaune en sus de zone verte puisqu'aucune disposition réglementaire additionnelle ne semble lui être reliée.

VII - 1 - 2 - 4. Les difficultés concernant les dispositions relatives aux zones attenantes

Si l'objectif de limiter l'exposition pour des intervenants non directement concernés (y compris les membres du public) est pertinent, le GT s'interroge sur l'absence de facteurs d'occupation. Ces facteurs existaient historiquement pour des locaux ou zones à occupation temporaire. Le GT note que plusieurs pays ainsi que l'AIEA (*Safety Reports Series No.39 Applying Radiation Safety Standards in Diagnostic Radiology and Interventional Procedures Using X Rays*) ont conservé la prise en compte de ces facteurs d'occupation.

Cette situation peut induire :

- soit une extension de la zone surveillée : se pose alors le problème de la gestion des travailleurs non classés amenés à y intervenir ;
- soit un surcoût financier injustifié compte tenu des enjeux dosimétriques et lié à la mise en place de protection biologique complémentaire permettant le respect des limites de la zone attenante.

VII - 1 - 2 - 5. Les difficultés liées à l'autorisation émanant de l'employeur

L'accès aux zones rouges, la mise en place de zones intermittentes et le déclassement des zones sont liés à la notion d'autorisation qui doit provenir directement de l'employeur. Si la notion de responsabilité prioritaire de l'employeur sur le respect et la mise en œuvre de la réglementation concernant la prévention des risques n'est pas remise en cause, les impératifs des activités nécessitent une délégation d'autorisation plus opérationnelle sur le terrain.

VII - 1 - 2 - 6. Les difficultés liées aux dispositions concernant la zone d'opération

Lors de la mise en œuvre d'équipements mobiles ou portables de radiologie industrielle, médicale ou vétérinaire, pour certaines situations pratiques, il existe une réelle difficulté d'appliquer la limite du débit d'équivalent de dose moyen de 2,5 $\mu\text{Sv/h}$ à la zone d'opération lorsqu'elle s'étend à des dimensions ne permettant pas d'en maîtriser les accès. Certes, une disposition permet à titre exceptionnel de fixer la limite de la zone d'opération jusqu'à 25 $\mu\text{Sv/h}$ de débit d'équivalent de dose moyen mais les difficultés d'interprétation du protocole spécifique n'incitent pas à sa mise en œuvre par le responsable de l'appareil en charge de l'opération.

VII - 1 - 2 - 7. Les difficultés liées aux opérations de transport

Dans le secteur des transports de matières radioactives, la réglementation relative au zonage s'applique uniquement aux opérations situées en amont et en aval de l'opération d'acheminement.

De fait, il existe des situations d'entreposage intermédiaire qui peuvent aller d'un stationnement de quelques heures sans changer de véhicule à des situations d'entreposage qui peuvent durer plusieurs jours avec réorganisation de convois et même changement de mode de transport.

VII - 1 - 2 - 8. Les difficultés liées à la signalisation des zones

Devant la disparité, soulignée dans ce rapport, des symboles mais aussi des couleurs pour la signalisation au niveau international, le GT n'a pas manqué de s'interroger sur l'adéquation du code couleur vert avec la notion de danger ou de risque à laquelle un citoyen non averti ne l'associe pas usuellement.

En secteur médical, dentaire et vétérinaire, l'information complémentaire affichée pour préciser le caractère intermittent d'une zone n'est pas suffisant s'il n'est pas accompagné d'une signalisation (si possible lumineuse ou autre moyen d'une efficacité équivalente), indiquant le changement d'état, et de consignes d'accès détaillées.

Par ailleurs, lorsque plusieurs classes de risques coexistent, le cumul des consignes, des informations et des signalisations multiples conduit à un manque de lisibilité de l'affichage en place.

VII - 1- 3. Les axes d'évolution

Le GT constate que le système en place n'a pas failli aux objectifs généraux de prévention des risques et que le dispositif actuel a globalement été mis en place, avec un niveau d'appropriation inhomogène selon le secteur d'activité. Les difficultés formulées par les acteurs de terrain ont été relatées tout au long de la partie retour d'expérience en France de ce rapport.

Sur ces constats, et parce que le risque radiologique est très variable d'un secteur d'activité à un autre, voire d'une installation à une autre, le GT suggère une évolution conséquente conduisant à une refonte du système eu égard aux critiques sur ses ambiguïtés et la complexité de sa mise en œuvre uniforme sur le terrain.

Néanmoins, dans l'attente de cette refonte, et pour une meilleure application des dispositions en vigueur, notamment dans le secteur médical, le GT souligne la nécessité d'aménager le système actuel.

Dans la perspective d'une harmonisation internationale, le GT suggère que les propositions de refonte du système développées ci-après impulsent des réflexions au niveau européen dont la France pourrait être à l'initiative.

VII - 2. Les propositions d'aménagement du dispositif

Le GT s'accorde unanimement sur une mise en œuvre prioritaire des deux actions suivantes de la part des administrations compétentes :

1. une réécriture des articles 1 et 2 qui décrivent la méthodologie du zonage en intégrant ou en modifiant les précisions apportées par les circulaires de 2008 et 2010. En particulier, doivent être reprises et éventuellement modifiées les notions de danger *versus* risque (en vue notamment de prendre en compte les conditions normales de

travail telles que définies dans la directive cadre [15] et la communication de la Commission [16]), l'articulation avec l'analyse de poste, la référence à l'heure la plus pénalisante....

2. une révision des critères de débit d'équivalent de dose pour définir les zones contrôlées orange et rouge. Ceux-ci ayant en effet cristallisé une partie des débats, les membres du GT rappellent ici que les implications sont effectivement fortes dans la mesure où certaines sources de rayonnements (notamment les générateurs électriques de rayons X) émettent des rayonnements avec des débits de dose le plus souvent supérieurs au Gy/h, c'est-à-dire toujours supérieurs à des débits d'équivalent de dose de 2 mSv/h, voire de 100 mSv/h sur des temps très courts.

Le GT considère que ces critères de débit d'équivalent de dose horaire ne devraient être applicables que dans le cas où l'émission des rayonnements est continue. Dans les situations où l'émission est discontinue ou pulsée, la référence à prendre en compte serait l'équivalent de dose intégré sur une heure, et non le débit d'équivalent de dose.

Par ailleurs, la majorité des membres du GT considère le caractère prioritaire de la mise en œuvre des propositions ci-dessous :

3. Le GT souhaite une restructuration des articles 9 et 11 en un seul article pour clarifier les situations respectives suivantes, leur contexte et les contraintes associées :
 - des zones intermittentes en précisant que celles-ci ne s'appliquent qu'aux générateurs électriques de rayonnements et aux appareils contenant des sources radioactives scellées de forte intensité systématiquement stockées hors utilisation ;
 - des zones temporairement suspendues pour toutes les autres sources de rayonnements.

Dans ce cadre, le GT souhaite que l'évolution réglementaire permette la mise en place de zones surveillées intermittentes à l'instar des zones contrôlées, permettant ainsi un accès libre à la zone dès lors que l'on s'est assuré qu'il n'y a aucune possibilité de rayonnements parasites ni de démarrage intempestif d'une quelconque source de rayonnements ionisants.

4. Concernant, d'une part, le déclassement définitif ou temporaire d'une zone et, d'autre part, l'accès aux zones rouges, le GT incite les administrations à apporter des précisions sur les modalités par lesquelles un chef d'établissement pourrait déléguer ses responsabilités à un salarié doté de l'autorité, de la compétence et des moyens nécessaires.
5. Le GT suggère que, comme pour la zone rouge, des précisions soient apportées sur les règles d'accès particulières (dont l'autorisation et l'enregistrement) aux zones spécialement réglementées en cohérence avec la gradation des risques.
6. Pour l'établissement d'une barrière matériellement infranchissable autour de la zone rouge, le GT suggère l'ajout (article 19 de l'arrêté) d'une formulation complémentaire du style « lorsque cela est techniquement possible ou lorsque des dispositifs

organisationnels garantissent le non franchissement fortuit (i.e. zones d'opération) » mais ceci est à apprécier impérativement en regard d'une pratique dont la justification n'est pas discutée.

7. Le GT considère que la maîtrise des accès à la zone d'opération est un objectif essentiel du dispositif. En conséquence, et sans que cela n'affecte les règles de radioprotection en vigueur au sein de la zone, le GT suggère que la démarche administrative du protocole spécifique soit déclinée dans un guide professionnel soumis à approbation des autorités compétentes.
8. Concernant les activités de transport, le GT considère que les situations de stationnement intermédiaire, de modifications du convoi ou de changements de mode (rupture de charge) qui durent de façon significative peuvent nécessiter la mise en place d'un zonage radiologique intermittent afin de prévenir les risques d'exposition. Cette évolution devra être faite en cohérence avec la réglementation Transport des marchandises dangereuses (TMD), et en particulier avec le programme de protection radiologique.

Par ailleurs, le GT souligne que, bien que non directement lié au dispositif de délimitation des zones réglementées en tant que tel, l'interdiction d'emploi de travailleurs temporaires ou en CDD dans des zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2 mSv est revenue de façon récurrente. En effet, la formulation même « débit de dose horaire » de l'article D. 4154-1 du code du travail introduisant cette interdiction questionne sur son champ d'application (cf. paragraphe VII-1-2 alinéa c) au regard des précisions apparemment contradictoires apportées par la circulaire de 2008 relative à l'arrêté « zonage » [10] ou par la jurisprudence. Une reformulation dans le code du travail pour lever toute ambiguïté serait nécessaire.

En outre, le fondement de cette disposition, considérée par certains comme inadaptée aujourd'hui et par d'autres toujours utile, a été précisé au cours du colloque de Caen. Dans un contexte où la surveillance individuelle des travailleurs souvent itinérants de l'industrie nucléaire souffrait de défauts, elle avait une fonction protectrice. Sans trancher la question, mais au regard, d'une part, des avancées réglementaires notables intervenues depuis (mise en place de SISERI, de la dosimétrie opérationnelle, prise en compte du *pro rata temporis*...) et, d'autre part, d'une augmentation du nombre de travailleurs à statut précaire ou temporaire dans l'ensemble des secteurs d'activité (industriel et médical), les membres du GT suggèrent qu'une réflexion soit engagée avec l'ensemble des parties prenantes sur cette disposition.

VII - 3. Les propositions de refonte du dispositif zonage

Parce que le risque radiologique est très variable d'un secteur d'activité à un autre, voire d'une installation à une autre, le GT estime que le système pourrait évoluer ultérieurement de façon conséquente eu égard aux critiques sur ses ambiguïtés et la complexité de sa mise en œuvre sur le terrain. Les fondements en seraient un questionnement sur les objectifs, la

philosophie du zonage et la connaissance d'autres dispositifs alternatifs mis en place au niveau international.

VII - 3 - 1. Pour une clarification des fondamentaux du zonage

Le GT considère les objectifs du zonage comme une fonction d'alerte, avec deux niveaux de lecture à l'intention, d'une part, de toute personne susceptible de pénétrer en zone réglementée et, d'autre part, des travailleurs susceptibles d'être exposés. Il souligne que ce dispositif relève du champ de la radioprotection dont il vise à faciliter l'organisation.

VII - 3 - 1 - 1. Les objectifs du zonage

Selon l'article 1 de l'arrêté « zonage » [2], l'objet de la délimitation en zones est de s'assurer du respect des valeurs limites d'exposition. Il s'agit là d'un objectif basé sur le principe fondamental de limitation des expositions.

A cette fin, à l'attention du public et des travailleurs, le zonage radiologique doit :

- D'une part, assurer une fonction d'alerte,
- D'autre part, permettre d'informer sur un niveau de risque d'exposition aux rayonnements ionisants.

Par ailleurs, la gradation de l'espace en niveaux de risque doit permettre aux acteurs en charge de la radioprotection (PCR, SCR) de mieux hiérarchiser leurs missions.

En tout état de cause, il est rappelé que, au-delà du respect des limites d'exposition, la démarche d'optimisation de la radioprotection s'appuie sur les études de poste de travail qui constituent un complément indispensable du zonage radiologique.

VII - 3 - 1 - 2. La fonction d'alerte

Concernant tout d'abord la fonction d'alerte, le GT pense qu'un double objectif devrait être assigné au zonage réalisé autour d'une source de danger :

- En premier lieu, et de façon générique à toute classe de risque (physique, chimique, biologique...), il s'agit d'identifier et de signaler une source de danger (rayonnement ionisant). C'est la fonction du pictogramme symbolisant le trisecteur.
- En second lieu, mais ici de façon plus spécifique, il s'agit d'informer de façon explicite sur le niveau de risque en présence par le jeu d'un code couleur et sa nature (exposition interne ou externe...) par le jeu de symboles ou d'indications venant compléter le trisecteur.

Le premier point fait donc référence au danger, alors que le second repose sur la notion de risque. Par ailleurs, afin de délimiter les différentes zones dans une installation, les acteurs de la radioprotection doivent mettre en œuvre une évaluation des risques.

Dans l'esprit de certains de nos concitoyens, il y a confusion entre ces deux notions de danger et de risque. Il est donc utile de rappeler la relation qui les lie :

$$R = f(D \times p(O) \times V_u)$$

Le risque est donc fonction [f] du danger [D], encore appelé « danger potentiel », mais en tenant compte d'une probabilité d'occurrence [p(O)] et de la vulnérabilité de la situation [V_u].

La probabilité d'occurrence sera d'autant plus grande que les dispositifs de sûreté (i.e. barrières...) et de protection seront insuffisants ou fragiles.

La vulnérabilité dépend des conditions spatio-temporelles et humaines en un lieu où le risque s'exprime (i.e. si une source se retrouve à nu dans un local, est-ce que des personnes sont présentes ou non ? si oui, combien ? sur quelle durée ? portent-elles ou non des EPI ?...).

En matière de risques naturels, le risque est parfois exprimé par $R = \text{Aléa} \times V$, où l'aléa est la fusion des deux premiers termes de l'équation générique, alors qu'en matière de risques industriels, le risque sera exprimé par $R = D \times E$, où l'exposition [E] est la fusion des deux derniers termes de l'équation.

Le risque exprime donc un détriment qui, selon le domaine, peut-être matériel, économique, environnemental ou bien sanitaire. Dans le cas des rayonnements ionisants, ce détriment sanitaire peut être de nature déterministe ou de nature stochastique.

VII - 3 - 1 - 3. A qui s'adresse la fonction d'alerte ?

En relation avec la distinction danger *versus* risque, il convient maintenant de s'interroger sur les personnes (ou groupes de personnes) à qui ces messages de danger et de risque sont adressés.

Dans une INB ou des installations de recherche fermées, on peut distinguer, d'une part, le personnel exposé (ou susceptible de l'être) qui entre en zone et, d'autre part, le personnel non exposé susceptible d'approcher des zones réglementées sans toutefois y pénétrer. Pour chacune de ces deux catégories de personnels, il existe des valeurs limites d'exposition.

Dans une structure de soins, outre ces deux catégories de personnels, il convient de considérer également les patients et les personnes accompagnantes pour lesquels il n'est pas défini de valeurs limites réglementaires.

Pour chacune des situations, la signalisation relative au zonage s'adresse aussi (et parfois surtout) à des personnes qui pourraient pénétrer de façon fortuite dans une zone d'accès interdit pour elles.

En première approche, il est clair que le niveau de connaissance général d'une part, et le niveau de formation en radioprotection d'autre part, mais aussi le fait d'être directement concerné dans son activité professionnelle sont déterminants pour une bonne perception de cette information relative au risque radiologique et donc pour le respect des consignes afférentes.

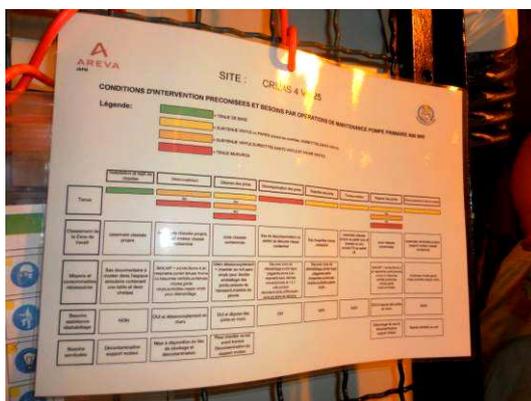
En simplifiant, on peut considérer d'un côté des travailleurs directement concernés capables d'appréhender le message relatif aux niveaux de risques et de l'autre des travailleurs indirectement concernés ou des personnes du public pour lesquels l'information relative au danger peut paraître suffisante. A cet égard, le groupe a pu noter que même des travailleurs concernés ayant une culture scientifique et ayant reçu une formation à la radioprotection, perçoivent bien la notion de danger mais n'associent pas clairement le code couleur actuel à la gradation de risque (notamment en des lieux où les règles d'accès ne sont pas différenciées).

VII - 3 - 1 - 4. Le zonage comme composante du dispositif de radioprotection

L'existence d'un zonage radiologique au sein d'une installation va entraîner des obligations fortes en matière d'information (notice...) et de formation (renouvelée régulièrement) des travailleurs. Ceux-ci font l'objet d'une surveillance dosimétrique individuelle graduée (passive, opérationnelle) et adaptée au mode d'exposition ainsi que d'une surveillance médicale renforcée. De plus, une évaluation prévisionnelle des doses individuelles et collectives doit être engagée dès lors qu'une opération va avoir lieu en zone contrôlée.

Pour autant, le dispositif de zonage ne peut résumer à lui seul l'ensemble des actions qui constituent la radioprotection. Celle-ci s'appuie en premier lieu sur les analyses de poste qui doivent être conduites en toutes circonstances, y compris au sein d'installations mettant en œuvre des sources de rayonnements ionisants mais ne comportant pas de zones réglementées (i.e. salle de TP utilisant de sources de test à l'université). Ainsi, si le zonage contribue à garantir le respect des limites réglementaires, l'optimisation de la radioprotection repose pour l'essentiel sur les analyses de poste.

Dans le cadre de ses obligations dans le champ de la radioprotection, en conséquence de l'évaluation des risques, l'employeur pourra également associer le port d'équipements de protection individuelle (EPI) spécifiques ainsi que des règles particulières pour accéder à certaines zones. Dès lors, la subdivision en zones contribue à faciliter l'organisation pratique de la radioprotection.



Alors que les analyses de poste sont réalisées dans une situation normale de travail, les évaluations des risques s'inscrivent dans un contexte plus pénalisant conduisant à la prise en compte de certains événements. L'image couramment reprise pour illustrer cette dualité est celle du port du dosimètre : sous le tablier de protection, dans l'analyse de poste, ou sur le tablier, dans l'évaluation des risques (qui ignore le port d'EPI).

Il y a là une première source d'ambiguïté entre le code du travail, qui indique que la délimitation des zones repose sur une estimation des doses susceptibles d'être reçues dans des conditions normales de travail, et l'arrêté « zonage » [2] qui précise que le dispositif doit être construit sur une analyse pénalisante de risque.

Le niveau de risque en relation avec la fréquence des événements est généralement exprimé sous la forme d'une pyramide exprimant (a) à sa base, des événements fréquents mais de risque faible et, à l'inverse, (b) à sa pointe, des événements rares mais de risque très élevé.

C'est là une seconde source d'appréciations variées. Quel niveau de risque retenir ou encore quels types d'événements prendre en compte dans l'évaluation des risques ?

La directive n°96/29/EURATOM [15] devait manquer de précision sur ce point qu'il a fallu apporter un complément deux ans plus tard dans une communication de la Commission. Celle-ci [15] précise que « *les expositions qui pourraient être le fait d'événements dont la probabilité d'apparition est élevée et qui n'augmentent que faiblement les doses inhérentes dans des conditions de travail normales peuvent être considérées comme résultant de conditions de travail normales* ». Et de prendre pour exemple le déversement fortuit d'un radiopharmaceutique dans un laboratoire de médecine nucléaire.

Des situations de nature accidentelle (i.e. la panne du système de verrouillage de l'accès au faisceau de rayonnement d'une installation d'irradiation) ne seraient donc pas à prendre en compte dans l'évaluation des risques. De telles questions relèvent plus de la conception de l'installation (dossier de sûreté) que du dispositif de zonage radiologique.

VII - 3 - 2. La proposition d'un dispositif à deux niveaux : socle réglementaire commun et textes spécifiques par secteur d'activité

Pour répondre pleinement à sa lettre de mission¹⁰, le GT suggère que le dispositif zonage soit largement refondé, après concertation, selon un système à deux niveaux que l'on pourrait décliner de la façon suivante :

- Un socle réglementaire s'appuyant sur les objectifs globaux du zonage radiologique (cf. VII-3-1-1.) et présentant les grands principes inscrits dans le champ de la radioprotection ; ce socle correspondant à l'unification de la radioprotection s'appliquerait à tous les secteurs d'activité sans distinction.

¹⁰ « proposer un ou plusieurs dispositifs de délimitation des zones réglementées....»

- Un volet complémentaire comportant des textes d'application spécifiques aux différents secteurs d'activité (industrie nucléaire, médical, vétérinaire, industrie, recherche...) destinés à entrer avec plus de précision dans la mise en œuvre concrète du zonage ; cela peut être envisagé sous la forme de guides. Ces derniers seraient homologués par les autorités compétentes pour garantir une homogénéité tant dans la mise en œuvre que dans le processus de contrôle.

Concernant le socle réglementaire, il devrait notamment décliner précisément le type de zones, les critères de dose retenus pour la délimitation ainsi que le balisage, les symboles et la signalisation associés de même que les exigences générales de radioprotection afférentes à chacune d'elles.

La proposition qui suit vise à une clarification du dispositif en vigueur en France et à une harmonisation de ses modalités de mise en œuvre, en maintenant un objectif clair de protection des travailleurs, d'une part, par le respect de niveaux d'exposition et, d'autre part, par l'application de règles de radioprotection associées à chaque type de zones.

VII - 3 - 2 - 1. Les fondements

Les fondements de ce dispositif, reposant sur le couple danger / risque, restent ceux que nous avons développés au chapitre VII - 3 - 1, c'est-à-dire :

- en premier lieu, une fonction d'alerte par la signalisation d'un danger au travers d'une symbolique - le trisecteur - compréhensible par tout un chacun. Dans ce contexte, toute personne non concernée par une pratique ne peut franchir une limite ainsi signalée ;
- en second lieu, un système d'information sur le niveau et la nature du risque radiologique associé à chacune des zones délimitées compréhensible par des personnels ayant à y pénétrer. Pour cette situation relative à des personnes concernées par une pratique, celles-ci ont obligatoirement reçu une formation adaptée, en particulier sur les règles associées exigibles.

VII - 3 - 2 - 2. La gradation du risque

Compte tenu de l'extrême diversité des pratiques mettant en œuvre des rayonnements ionisants et des enjeux associés, il est indispensable de conserver une signalisation traduisant une approche de gradation du risque. Toute autre attitude constituerait un nivellement du risque avec la conséquence potentielle de banaliser celui-ci ou, au contraire, de le surestimer.

Cependant, dans un souci de simplification, cette gradation ne repose plus que sur 4 niveaux de risque (au lieu de 5 actuellement). Il est ici utile de rappeler que la zone jaune actuelle fait figure d'une « super-zone contrôlée » en ce sens qu'elle ne comporte pas de règles associées distinctes de celles de la zone contrôlée verte.

Néanmoins, il a paru utile au GT de ne pas ignorer - dans ce dispositif - les installations où des sources sont présentes mais sans pour autant justifier leur classement en zone surveillée ou contrôlée.

VII - 3 - 2 - 3. Le code couleur

Enfin, et tout particulièrement dans la perspective d'une harmonisation internationale, la perception du niveau de risque repose sur un code couleur là encore compréhensible par le plus grand nombre et par ailleurs en cohérence avec celui d'échelles de risque plus habituelles (i.e. celle de la météo ou encore celle de la pollution atmosphérique...). Cette gradation de couleur, qui va du « bleu » (risque faible) au « rouge » (risque très élevé), en passant par le jaune et le orange, est aussi celle que l'on applique en partie en matière de signalisation de sécurité (cf. arrêté du 4 novembre 1993).

Ainsi, la couleur verte, symbolisant traditionnellement une situation normale et *a priori* sans risque, n'est pas reprise pour signaler la zone contrôlée. De fait cette couleur est aussi peu retenue à l'échelle internationale pour une signalisation du risque radiologique.

VII - 3 - 2 - 4. Le classement et la délimitation des zones

Le GT propose de retenir la terminologie de « classement » de zone, en cohérence avec les termes utilisés dans les directives européennes EURATOM.

Chaque zone, surveillée et contrôlée, est délimitée à sa borne inférieure par une valeur limite d'exposition annuelle. Les limites d'exposition retenues pour classer les zones sont d'abord des valeurs de dose efficace. Cependant des valeurs limites exprimées en doses équivalentes aux extrémités sont également affichées pour prendre en compte certaines pratiques (i.e. radiologie interventionnelle...) ou des postes de travail particuliers (i.e. travail en boîtes à gants...).

Le classement d'une zone - qui peut être un espace ou un poste de travail - repose sur une évaluation des risques établie sur un pas de temps annuel travaillé. Dans le cadre de cette évaluation des risques, pour le zonage radiologique, le critère de vulnérabilité (défini au chapitre VII - 3 - 1 - 2.) ne prend pas en compte le port des EPI.

En première approximation, une approche conservatrice (1600 ou 2000 h sur un an) est recommandée pour la définition de la zone surveillée et de la zone contrôlée. Dans le cas de la zone contrôlée, l'évaluation de cette durée annuelle peut être affinée et des temps de travail en zone plus réalistes peuvent être retenus dès lors qu'ils sont justifiés sur la base d'études propres à l'activité mise en œuvre, mais sans jamais conduire à considérer une durée annuelle inférieure à 800 h.

Dès lors que l'analyse de risque conduit à délimiter, au sein de la zone contrôlée, une zone orange ou rouge, les critères liés à la dose reçue sur une heure sont appliqués.

Dans certains secteurs d'activité, des valeurs dérivées rapportées au mois, à la semaine ou à la journée, voire à l'heure peuvent être élaborées. De telles valeurs sans doute plus opérationnelles seront à définir dans des guides sectoriels associant professionnels et autorités compétentes.

La zone bleue constitue la zone surveillée. Les zones jaune, orange et rouge sont des zones contrôlées auxquelles sont associées une gradation de risque et de danger potentiel (cf. tableau 17).

En-dessous de la borne inférieure de la zone bleue, on distinguera en particulier deux types de situations correspondant à des zones non classées pour lesquelles des dispositions réglementaires - mêmes modestes - seront néanmoins exigées :

- d'une part, les installations où des sources sont présentes mais sans pour autant justifier leur classement en zone surveillée ou contrôlée ;
- d'autre part, le cas des zones attenantes, locaux ou espaces où aucune source n'est présente mais qui sont contigües ou à proximité d'une zone classée.

Concernant ces zones attenantes, l'évaluation des risques pourra prendre en compte des facteurs d'occupation dès lors que cela est clairement justifié (i.e. un couloir où l'on ne peut séjourner...) et de façon « enveloppe ». Là encore, des guides par secteurs d'activité devront permettre de préciser et d'affiner l'application de cette disposition générique.

Tableau 17 : Gradation de risque et de danger potentiel

Code couleur				
Dénomination	Zone Bleue	Zone Jaune	Zone Orange	Zone Rouge
Classement	Zone Surveillée	Zone Contrôlée		
Niveau de risque	Risque faible	Risque moyen	Risque élevé	Risque très élevé
Objectif du zonage	Garantir l'absence de risque de dépassement du seuil de classement d'un travailleur en catégorie A sur un an	Garantir l'absence de risque de dépassement du ¼ de la limite annuelle « travailleur » sur une journée	Garantir l'absence de risque de dépassement de la limite annuelle « travailleur » en moins de 30 minutes	Signaler le risque de dépassement de la limite annuelle « travailleur » en moins de 30 minutes et en interdire l'accès

VII - 3 - 2 - 5. Le choix des critères de classement

Les critères dosimétriques proposés pour constituer les bornes inférieures des zones surveillées et contrôlées reposent sur des références dosimétriques, d'abord en termes de dose

efficace annuelle, ce qui permettra d'adapter les valeurs affichées en fonction des évolutions réglementaires en radioprotection.

Ainsi, l'entrée en zone surveillée est définie sur la valeur limite annuelle pour une personne du public alors que l'entrée en zone contrôlée correspond à la valeur de $3/10^{\text{ème}}$ de la limite annuelle pour les travailleurs.

Pour les références dosimétriques exprimées en doses équivalentes, le raisonnement est similaire et, pour les valeurs manquantes, celles-ci sont construites sur la base de ratios proches de ceux observés sur l'échelle des doses efficaces.

La prise en compte des doses équivalentes est nécessaire dès lors que l'évaluation des risques suggère qu'elles puissent être le facteur limitant.

A l'intérieur de la zone contrôlée, la gradation de risque repose sur des valeurs de référence en « équivalent de dose susceptible d'être reçu en une heure » et/ou en niveau de contamination radiologique (tels qu'exposés par la suite). Le GT propose de retenir la notion d'heure de référence, définie comme l'heure durant laquelle l'exposition observée est maximale au poste de travail. Les critères (paramètres techniques, conditions de travail associées...) définissant cette heure de référence seront déclinés dans les guides par secteur qui s'attacheront à justifier son caractère « pénalisant ».

VII - 3 - 2 - 6. La prise en compte de l'exposition externe

En zone contrôlée - c'est-à-dire lorsque le niveau de risque atteint ou dépasse 6 mSv/an (ou la valeur correspondante en dose équivalente) - le GT propose de retenir des valeurs en équivalent de dose ($H^*(10)$ ou $H'(0,07)$) susceptible d'être reçue en 1 heure et évalué sur l'heure de référence définie ci-dessus. En effet, le danger potentiel en tant que tel ne peut être ignoré lorsque le niveau de risque est élevé.

Ainsi, les valeurs de référence en équivalent de dose susceptible d'être reçue en 1 heure, d'une part, en dose ambiante et, d'autre part, aux extrémités, proposées par le GT sont respectivement les suivantes :

- ↪ pour la zone jaune : $H^*(10) < 1 \text{ mSv en 1 h}$ et $H'(0,07) < 25 \text{ mSv en 1 h}$;
- ↪ pour la zone orange : $1 \text{ mSv en 1 h} < H^*(10) < 40 \text{ mSv en 1 h}$
et $25 \text{ mSv en 1 h} < H'(0,07) < 1000 \text{ mSv en 1 h}$;
- ↪ pour la zone rouge : $H^*(10) > 40 \text{ mSv en 1 h}$ et $H'(0,07) > 1000 \text{ mSv en 1 h}$.

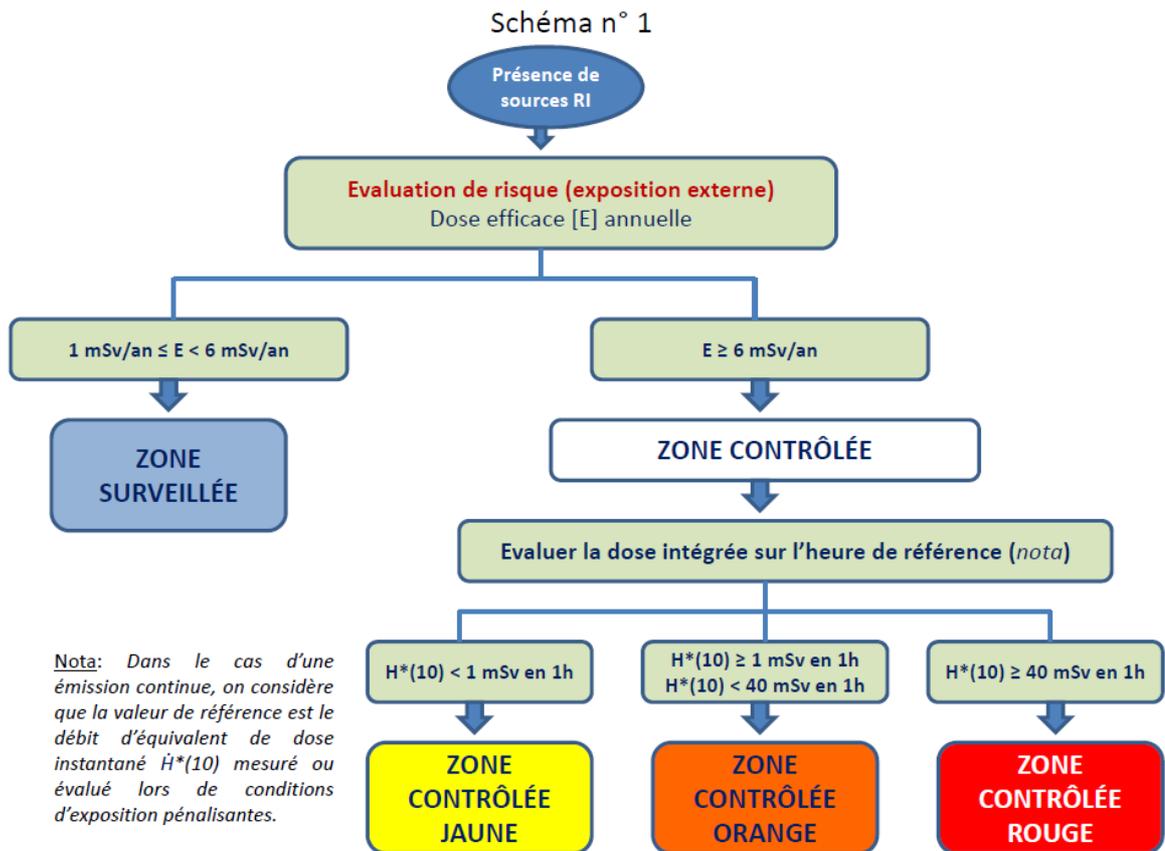
Dans le cas d'une émission continue, la présence de rayonnement est permanente au sein de la zone considérée, mais le débit de dose peut fluctuer en fonction des conditions d'utilisation. Pour ce type de source, on considère que la valeur de référence est le débit de dose instantané $\dot{H}^*(10)$ ou $\dot{H}'(0,07)$ mesuré ou évalué pour les conditions d'exposition les plus pénalisantes.

Dans le cas d'une émission discontinue, la présence de rayonnements est intermittente pendant la période de travail. Pour ce type de source, on considère que la valeur de référence est la mesure de l'équivalent de dose intégrée sur l'heure de référence.

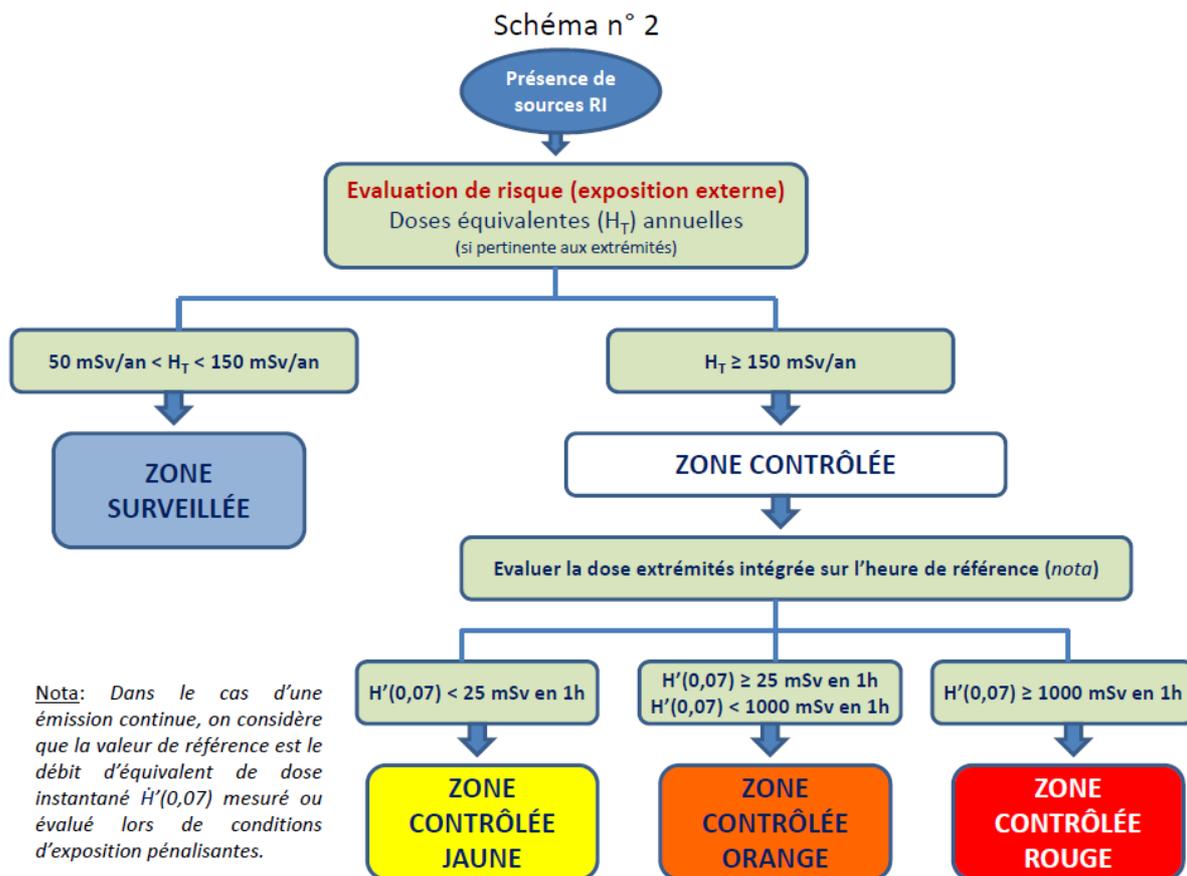
Les guides par secteur d'activité déclineront la mise en œuvre de cette démarche.

Ces valeurs de référence ont été construites à partir des valeurs de dose efficace et de dose équivalente actuellement en vigueur pour le classement des zones. Les schémas ci-dessous présentent synthétiquement cette approche.

Prise en compte du risque d'exposition externe dans la délimitation des zones classées



Prise en compte du risque d'exposition extrémités dans la délimitation des zones classées



Remarque : l'abaissement significatif attendu des valeurs limites concernant le cristallin est une donnée qui constituera un facteur limitant dans certaines situations d'exposition et que l'on ne pourra pas ignorer pour ce qui concerne les critères de dose à retenir.

Le tableau 18 illustre en particulier l'application de cette démarche sur quelques exemples issus de secteurs d'activité hors nucléaire (dentaire, médical et vétérinaire) pour lesquels le traitement des cas d'émission discontinue est actuellement problématique.

En ce qui concerne les valeurs proposées pour les limites basses des zones orange et rouge (respectivement 1 et 40 mSv en 1 h), le GT a pris acte d'une critique formulée à plusieurs reprises, notamment par un représentant du personnel lors du colloque de Caen. En effet, l'abaissement de la limite réglementaire de 50 mSv/12 mois à 20 mSv/12 mois, introduit par le décret 2003-296, pour un travailleur exposé, n'a pas été accompagné d'une réduction dans la même proportion des limites basses de ces zones dans l'arrêté « zonage » [2]. En appliquant, une réduction de 20/50^{ème} aux valeurs historiques de 2 et 100 mSv/h (avec un arrondi : 0,8 à 1 pour la zone orange), une meilleure cohérence avec les limites en dose efficace est ainsi apportée.

Tableau 18 : Quelques exemples issus de secteur d'activité hors nucléaire

Activité Distance 0,5 m	Hypothèses sur activité	Intégré sur l'année	Intégré sur 1 heure	Type de zone
Dentaire rétro alvéolaire 0,8 µSv / cliché	5 000 clichés par an 5 clichés en une heure	4 mSv	critère non retenu en zone bleue	BLEUE
Vétérinaire conventionnel petits animaux 4 µSv / cliché	1 000 clichés par an 2 clichés en une heure	4 mSv		BLEUE
Ostéodensitométrie 2 µSv / examen	2 500 examens par an 2 examens en une heure	5 mSv		BLEUE
Radiologie conventionnelle 5 µSv / cliché	10 000 clichés par an 10 clichés en une heure	50 mSv	50 µSv	JAUNE
Mammographie 2 µSv / cliché	8 000 clichés par an 24 clichés en une heure	16 mSv	48 µSv	JAUNE
Scanographie 300 µSv pour une acquisition de 10 s	20 000 acquisitions par an 10 acquisitions en une heure	6 000 mSv	3 mSv	ORANGE
Radiologie interventionnelle 10 mSv pour un examen thérapeutique de 40 min	400 examens par an 1 examen en une heure	4 000 mSv	10 mSv	ORANGE

Notons que ces nouvelles valeurs s'inscriraient en cohérence avec l'échelle INES 2008 :

- pour la limite basse de la zone rouge, celle-ci correspond à un temps d'exposition de 0,5 h (30 mn) pour atteindre une dose correspondant à la limite réglementaire en dose efficace (Evénement significatif de niveau 2 selon l'échelle INES 2008), soit 20 mSv ;
- pour la limite basse de la zone orange, celle-ci correspond à un temps d'exposition journalier pour atteindre le ¼ de la limite réglementaire en dose efficace (Evénement significatif de niveau 1 selon l'interprétation de l'ASN de l'échelle INES 2008), soit 5 mSv.

Les valeurs retenues par le GT pour les doses équivalentes reprennent le ratio appliqué actuellement dans l'arrêté « zonage » entre la dose efficace et les doses équivalentes.

Pour ce qui concerne l'exposition du cristallin, le GT rappelle que la CIPR propose d'abaisser la valeur limite annuelle de la dose équivalente au cristallin de 150 à 20 mSv (limite analogue à celle de la dose efficace). Au vu du maintien, dans le projet actuel de future directive BSS EURATOM, de la valeur « public » applicable au cristallin (15 mSv) et de la discordance avec la nouvelle limite « travailleurs » (6 mSv pour les travailleurs de catégorie B, par application de la règle des 3/10), le GT ne peut en l'état actuel proposer de valeur de dose équivalente comme critère de classement des zones classées.

Dans le contexte actuel où les mesures de dose au cristallin sont encore peu pratiquées, si l'instrumentation n'est pas adaptée pour la mesure de H'(3), on emploiera la grandeur opérationnelle H'(0,07) pour cette estimation (proposition de la CIPR-116, 2010).

Sur un plan opérationnel, il sera par ailleurs nécessaire de préciser - soit dans le texte réglementaire-cadre, soit plus vraisemblablement dans les guides par secteur d'activité - les conditions de mesurage, en particulier la distance de référence source-détecteur. Si, dans la démarche de zonage, la distance de 10 cm est le plus souvent retenue pour l'estimation de la dose aux extrémités, l'évaluation de la dose corps entier repose selon les acteurs sur des distances variables de 0,3 à 1 m. A titre d'illustration, le GT a retenu 0,5 m pour ses exemples (tableau 18) et propose une déclinaison dans les guides sectoriels.

VII - 3 - 2 - 7. La prise en compte de l'exposition interne

Dans le cas de pratiques où le risque de contamination interne ne peut être écarté, la contribution de la dose efficace engagée doit être prise en compte dans l'évaluation de la dose efficace susceptible d'être reçue.

Dans certaines situations (i.e. zones à risque alpha...), cette contribution peut être importante. Les contrôles incontournables de contaminations atmosphériques et surfaciques viendront étayer l'évaluation des risques.

Les méthodologies décrites ci-après seront, en tant que de besoin, déclinées de manière opérationnelle dans des guides sectoriels.

Par ailleurs, l'absence de contamination doit être démontrée dans les zones attenantes.

VII - 3 - 2 - 7 - 1. Contamination atmosphérique

Le GT propose, pour définir les limites en termes de contamination atmosphérique (CA) pour les zones orange et rouge, de considérer la concentration atmosphérique moyenne dans l'air C_a (Bq/m³) qui, inhalée en 1 heure, conduit à une dose efficace engagée en exposition interne de 10 µSv (valeur dérivée de la limite annuelle de 20 mSv pour 2000 h de travail).

$$C_a \text{ (Bq/m}^3\text{)} = \frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ (Sv)}}{d_r \text{ (m}^3\text{/h)} \times 1 \text{ (h)} \times \text{DPUI (Sv/Bq)}}$$

Où :

d_r est le débit respiratoire d'une personne au travail pris égal à 1,2 m³/h et DPUI est la dose par unité d'incorporation. En l'absence de justification particulière, les DPUI à retenir pourront correspondre, pour les aérosols, à un diamètre aérodynamique médian en activité (DAMA) de 5 µm (conformément aux recommandations de l'arrêté du 1^{er} septembre de 2003 qui les définit) et plus généralement au type d'absorption le plus pénalisant.

Partant de cette notion les bornes inférieures des zones orange et rouge en termes de contamination atmosphérique sont déduites directement des seuils établis pour l'exposition externe soit :

- 100 C_a pour la borne inférieure de zone orange (1 mSv en 1 h d'exposition)
- 4000 C_a pour la borne inférieure de la zone rouge (40 mSv en 1 h d'exposition).

En ce qui concerne les bornes inférieures de la zone surveillée et de la zone jaune, le risque d'exposition interne par inhalation est pris en compte par le respect des valeurs de contamination surfacique précisées ci-après et basées sur l'application de critères de propreté radiologique à bas niveau, tels que définis au paragraphe VII-3-2-7-2. De ce fait, il n'est pas prévu d'indiquer des valeurs de référence de contamination atmosphérique. Néanmoins, dans le cas particulier des gaz radioactifs et du tritium, l'évaluation de la valeur de référence en concentration atmosphérique pour la borne inférieure de la zone surveillée et de la zone jaune sera définie dans des guides sectoriels.

Pour un mélange de radionucléides le calcul devient :

$$\frac{1}{C_a \text{ mélange}} = \frac{p(RN_1)}{C_a(RN_1)} + \frac{p(RN_2)}{C_a(RN_2)} + \dots$$

Avec $p(RN_i)$, proportion de l'activité volumique du radionucléide dans l'air par rapport à l'activité volumique totale. La somme des valeurs de p doit être égale à 1.

Toutefois, le GT considère que l'évaluation de l'exposition interne, sur la base de la mesure de la contamination atmosphérique, n'est en général pas au niveau de celle de l'exposition externe. Le GT constate, en outre, que la maîtrise de l'évaluation de la contamination atmosphérique n'est pas homogène en fonction des domaines d'activité.

Par ailleurs, le GT prend acte qu'un objectif général de la réglementation est d'éviter tout risque de dispersion des substances radioactives à l'intérieur et à l'extérieur des espaces de travail, et donc de ne pas accepter *a priori* comme une situation normale de travail des conditions de contamination pouvant conduire à une exposition interne. En outre, il note que les craintes sociétales, exprimées notamment par les travailleurs, à l'égard de l'exposition interne sont généralement plus fortes que celles liées à l'exposition externe.

Dans ce contexte, le GT propose que les secteurs ne pouvant présenter un retour d'expérience satisfaisant dans le domaine de la maîtrise de l'exposition interne doivent intégrer un facteur de sécurité prenant en compte cette vulnérabilité : cela conduirait à réduire les valeurs de référence basses des zones orange et rouge d'un facteur V_u (traduisant la vulnérabilité de la situation d'exposition au sens de la définition du risque donnée au § VII-3-1-2). Ce facteur sera généralement pris égal à 10. Pour les secteurs d'activité mettant en œuvre une mesure de la contamination atmosphérique continue ou ayant un retour d'expérience satisfaisant dans le domaine de la maîtrise de l'exposition interne, notamment à la lumière

d'éventuelles contaminations internes récurrentes ou accidentelles, le GT propose que ce facteur puisse être réduit, selon justification, jusqu'à 1.

La borne inférieure de zone orange devient alors $(100/V_u).C_a$ et celle de la zone rouge correspond à $(4000/V_u).C_a$.

VII - 3 - 2 - 7 - 2. Contamination surfacique

Le GT propose également des valeurs de référence en termes de contamination surfacique (CS) pour le classement des zones selon une double démarche.

Celles-ci sont d'abord fondées sur des valeurs souvent retenues pour la caractérisation de la propriété radiologique mais aussi, en particulier, dans le champ de la réglementation relative au transport des marchandises dangereuses de classe 7. Les bornes inférieures des zones surveillée et contrôlée jaune reposent sur cette première approche.

Puis, à l'intérieur de la zone contrôlée, l'entrée en zones orange et rouge repose sur des critères gradués relatifs à la dose efficace engagée. Les valeurs en contamination surfacique des bornes inférieures des zones orange et rouge se déduisent des valeurs en contamination atmosphérique en divisant par le facteur F_{susp} (unité : m^{-1}) défini comme le rapport de la contamination atmosphérique ($Bq.m^{-3}$) dans un local sur la contamination surfacique moyenne labile ($Bq.cm^{-2}$).

Les valeurs de F_{susp} données dans la littérature étant très disparates, le GT estime que la valeur pratique à retenir est à justifier au cas par cas par le responsable de l'activité, s'appuyant si nécessaire sur des guides professionnels. En l'absence de justification, la valeur devra être prise égale à $10^{-4} m^{-1}$.

Sur cette base, on obtient les bornes inférieures en contamination surfacique :

- pour la zone orange de $100 C_a / (V_u * F_{susp})$, et
- pour la zone rouge de $4000 C_a / (V_u * F_{susp})$.

En cas de mélange de radioéléments, le responsable de l'activité nucléaire pourra fonder les valeurs pratiques qu'il retient sur l'élément le plus pénalisant.

Par ailleurs, le GT note la cohérence de ses propositions avec des valeurs en vigueur dans certains pays étrangers (tels la Finlande ou la Suède), pays qui prennent en compte la contamination surfacique des installations nucléaires dans le classement des zones.

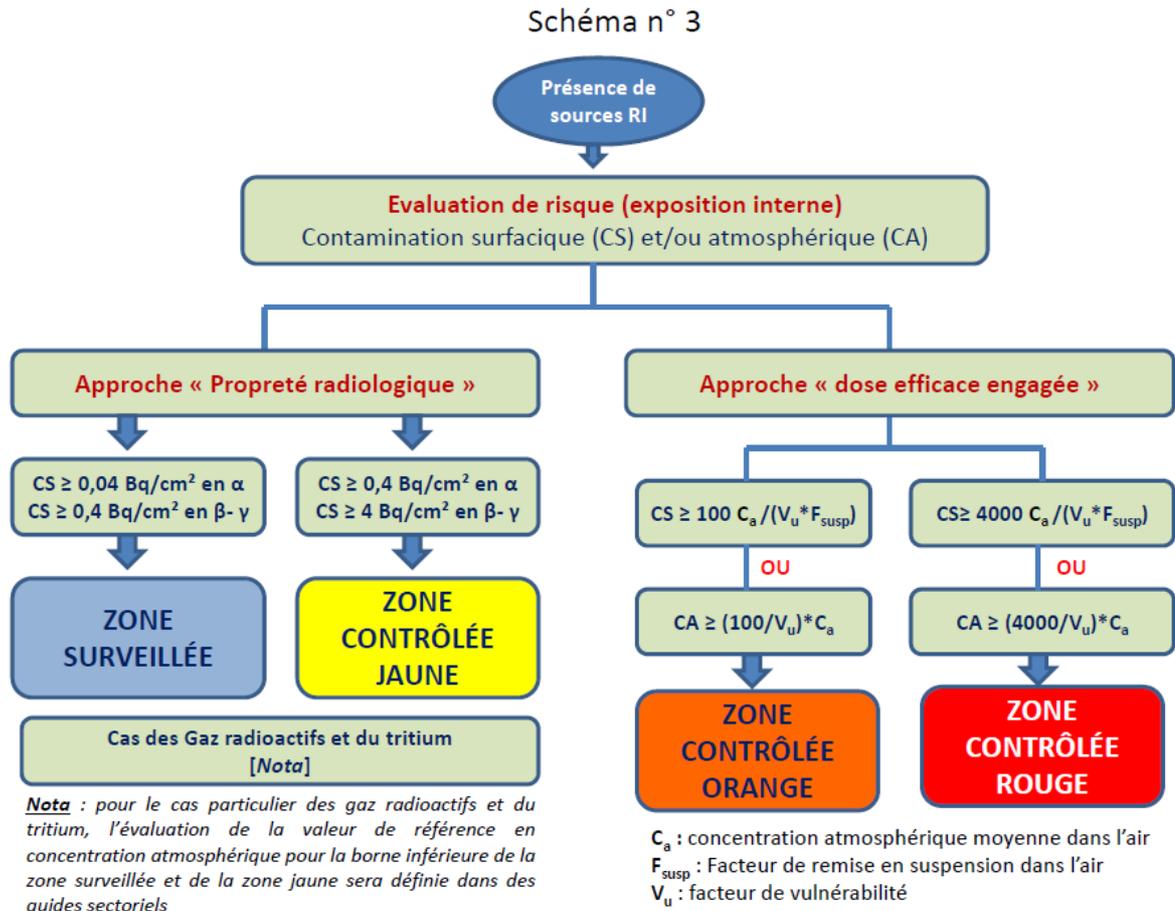
Ces valeurs de références pour la contamination surfacique labile en émetteurs alpha (α) et en émetteurs bêta (β) ou gamma (γ) sont respectivement les suivantes :

- pour la zone surveillée : $\geq 0,04 Bq/cm^2$ en α et $\geq 0,4 Bq/cm^2$ en β - γ ;
- pour la zone jaune : $\geq 0,4 Bq/cm^2$ en α et $\geq 4 Bq/cm^2$ en β - γ ;
- pour la zone orange : $\geq 100 C_a / (V_u * F_{susp})$;
- pour la zone rouge : $\geq 4000 C_a / (V_u * F_{susp})$.

Dans le cas particulier des gaz radioactifs et du tritium, l'évaluation de la valeur de référence en termes de propreté radiologique pour la borne inférieure de la zone surveillée et de la zone jaune sera définie dans des guides sectoriels.

Le schéma n°3 récapitule la double approche du classement en zones sur la base de l'évaluation de risque d'exposition interne.

Prise en compte du risque d'exposition interne dans la délimitation des zones classées



Le GT considère qu'il conviendra de décliner plus précisément le contexte d'application de ces valeurs dans le cadre des guides sectoriels ainsi que les conditions météorologiques associées à ce dispositif.

VII - 3 - 2 - 8. La prise en compte combinée des expositions interne et externe

Lorsque les risques en présence au sein d'une même zone contrôlée font apparaître une double composante - externe et interne - les valeurs de référence globales pourront être construites selon le schéma classique de la somme des ratios qui doit demeurer inférieure ou égale à 1.

Ainsi, en cas de risques combinés, la valeur de référence globale sera construite de la façon suivante selon les paramètres mesurés :

- risque externe et contamination surfacique :

$$DD_m/VR_{DD} + CS/VR_{CS} \leq 1$$

- risque externe et contamination atmosphérique (cas des zones orange et rouge) :

$$DD_m/VR_{DD} + CA/VR_{CA} \leq 1$$

Avec :

DD_m = Débit de dose mesuré

CS = Contamination surfacique

CA = Contamination atmosphérique

VR_{DD} = Valeur de référence pour la prise en compte du débit de dose

VR_{CS} = Valeur de référence pour la prise en compte de la contamination surfacique

VR_{CA} = Valeur de référence pour la prise en compte de la contamination atmosphérique.

VII - 3 - 2 - 9. Le balisage, la signalisation et les règles de sécurité associées

Toute zone classée fait l'objet, à son entrée, d'une signalisation qui reprend :

- le trisecteur noir sur fond jaune,
- la dénomination « zone surveillée » ou « zone contrôlée »,
- la caractérisation du niveau de risque *a minima* par un code couleur complété, en tant que de besoin, par un libellé explicite (i.e. « zone contrôlée à risque moyen »),
- le type d'exposition (risque de contamination et/ou risque d'irradiation) de manière explicite,
- le cas échéant, le caractère intermittent de la zone.

A titre d'illustration, le GT présente quelques exemples de signalisation basée sur ces principes (annexe 3). En ce qui concerne la représentation du type d'exposition, le GT ne se positionne pas, à ce stade, sur le recours à un libellé ou à un symbole.

Dans le cas d'appareils émettant des rayonnements de manière intermittente, une signalisation adaptée (lumineuse, voire sonore), asservie au fonctionnement de l'appareil, permettra de traduire le classement de la zone. Cette signalisation est de préférence portée à l'entrée du local mais des guides par secteur d'activité peuvent établir des localisations plus pertinentes sur justification.

Pour des installations présentant des points d'exposition significative appelés « points chauds », ceux-ci doivent être individuellement :

- signalés, avec l'indication du débit de dose associé et,
- accompagnés d'une délimitation matérielle de la zone classée induite lorsqu'ils sont accessibles en situation habituelle de travail,
- associés à une consigne de sécurité spécifique dès lors qu'une opération à proximité y est programmée.

Par ailleurs, l'existence de points chauds impliquant la création d'une zone classée orange doit être mentionnée à l'entrée du local.

Le GT considère que la notion de « points chauds » ne s'applique pas au cas des patients portant une source radioactive (problématique du « patient-source »). Cette question relève de la conception même des locaux et de l'organisation de l'activité au sein du service.

L'accès à toute zone classée fait l'objet d'un affichage des règles de sécurité exigées pour pénétrer dans la zone indiquée. Cette information est avant tout lisible, simple et en parfaite cohérence avec la formation reçue par le personnel.

En particulier, cette information doit préciser la nature des équipements de protection individuelle à porter (i.e. port du masque en cas de risque de contamination atmosphérique...), les instruments de mesure de l'exposition ainsi que tout équipement de sécurité jugé utile.

Nota : Les exigences d'information en matière d'affichage devront prendre en compte la multiplicité des risques présents simultanément dans certains secteurs d'activité afin que les messages essentiels gardent de leur lisibilité. L'accent en matière d'information pourra aussi porter sur les formations.

VII - 3 - 2 - 10. Les règles d'accès aux zones

Tout accès à une zone classée est strictement réservé au personnel concerné et des dispositions organisationnelles graduées doivent être mises en œuvre selon des modalités qui seront précisées en fonction des secteurs d'activité.

Ces personnels ont obligatoirement reçu une formation adaptée à la nature de la zone accessible et au secteur d'activité.

Dans tous les secteurs d'activité, l'accès en zones orange et rouge devra faire l'objet de dispositions organisationnelles prévoyant notamment une analyse préalable renforcée de l'adéquation des conditions d'intervention par rapport aux risques encourus.

Ainsi, le GT propose que :

- pour la zone orange, une vérification des conditions d'accès soit effectuée par la PCR ou un membre du service compétent en radioprotection sous la responsabilité de la PCR ;
- pour la zone rouge, l'accès soit strictement limité et nécessite l'accord écrit de l'employeur ou d'un représentant disposant de la délégation de pouvoir, après avis préalable de la PCR.

Enfin, le GT rappelle que l'enregistrement nominatif avait pour objectif de tracer l'historique des interventions dans les zones à enjeux radiologiques significatifs, et considère que cet historique doit aujourd'hui être garanti par l'enregistrement des données de dosimétrie opérationnelle.

VII - 3 - 2 - 11. La suspension temporaire

Toute zone classée peut être suspendue temporairement dès lors qu'il est établi que la ou les sources de RI ne peuvent plus émettre de rayonnement même par inadvertance et, dans le cas des sources radioactives, qu'il ne peut subsister un risque de contamination. Dans ce dernier cas, les modalités de suspension doivent être formalisées et toute signalisation doit être ôtée.

Certains membres du GT s'interrogent sur l'opportunité et les modalités d'une suspension temporaire qui se répète régulièrement avec une bonne fréquence (i.e. tous les soirs...). En particulier, le principe du maintien d'une signalisation associée à une formule, du style « zone contrôlée de 8h00 à 18H00 », ou toute autre formulation claire, suscite des questionnements au sein du GT.

VII - 3 - 2 - 12. Les contrôles d'ambiance

Dans les zones attenantes ainsi que dans les zones non classées où il y a présence de sources de rayonnements ionisants, des contrôles ponctuels et réguliers doivent permettre de conforter, d'une part, que l'on demeure en-dessous de la valeur annuelle de 1 mSv et, d'autre part, l'absence de contamination.

En zones classées, le respect des valeurs aux bornes supérieures des zones est vérifié, selon des modalités de contrôle graduées en adéquation avec les niveaux de risque.

Les zones concernées par cette exigence de dosimétrie d'ambiance sont - *a minima* - les locaux ou tout espace de travail classé dans lequel le corps entier d'une personne peut être raisonnablement contenu.

Les guides par secteurs d'activité viendront préciser la déclinaison de ces principes génériques et pourront formaliser la nature des protocoles techniques ou le type d'instrumentation à mettre en œuvre pour telle ou telle pratique.

VII - 4. La nécessité de s'ancrer dans la perspective d'une harmonisation internationale

VII - 4 - 1. Les principes

A la lumière de l'exposé du résultat de l'étude internationale [17] dont il avait établi le cahier des charges, le GT a été frappé de l'extrême diversité et complexité des réglementations nationales et de leur application. Cette diversité apparaît aussi bien sur la nature des zones établies, que sur les critères de classement, les règles applicables ou encore le balisage, la signalisation et ses codes couleurs.

Dès lors, le GT est resté fortement perplexe en considérant la situation d'un travailleur transfrontalier qui, au-delà des difficultés de compréhension linguistiques, doit appréhender une démarche de zonage et une symbolique associée qui changent à chaque pays parcouru.

Dans un contexte de libre circulation des personnes, ce point mérite d'autant plus d'être souligné pour les décennies à venir avec, selon les secteurs d'activité, un recours à cette main d'œuvre transfrontalière.

Dans cette perspective d'harmonisation, le GT considère que l'expérience et les pratiques de certains pays étrangers peuvent être d'une grande utilité. C'est ainsi qu'un intérêt particulier est porté sur les dispositifs de zonage à deux niveaux tel que le GT le propose dans le chapitre précédent.

La future directive européenne devrait certes indiquer la nécessité de formaliser et de délimiter des zones contrôlées et des zones surveillées [cf. § IV-2-3], mais ces propositions restent extrêmement limitées.

A minima, il conviendrait dans un premier temps de décliner sur le plan international le 1^{er} niveau du dispositif, c'est-à-dire le volet réglementaire cadre rappelant les objectifs globaux du zonage radiologique et en présentant les grands principes inscrits dans le champ de la radioprotection. Ce volet correspondant à l'unification de la radioprotection s'appliquerait à tous les secteurs d'activité sans distinction.

Concernant ce volet réglementaire cadre, constituant le corpus de textes harmonisés sur le plan international, il devrait notamment dégager les grands principes permettant de définir le type de zones, les critères de dose retenus pour le classement ainsi que le balisage, les symboles et la signalisation associés de même que les consignes de radioprotection afférentes à chacune d'elles.

C'est en fait ce niveau générique dont le GT s'est attaché à poser les bases dans les sous-chapitres qui précèdent.

Le 2nd niveau du dispositif - guides d'application par grands secteurs d'activité - peut être laissé à l'initiative des autorités nationales. Sur ce point, en observant le résultat de l'étude internationale [17], le GT a constaté que nombre de pays ont déjà décliné de tels guides dans

leur réglementation nationale. Néanmoins, il serait souhaitable que l'effort d'harmonisation internationale touche également ces guides.

Le travail d'harmonisation qui a été récemment mis en place à l'échelle internationale pour le risque chimique - à travers le Système Général Harmonisé (SGH) - doit pouvoir l'être pour le risque radiologique.

VII - 4 - 2. Une réflexion sur la mise en œuvre de guides sectoriels

Lors de l'étude internationale le GT a pu noter que de nombreux pays ont facilité la mise en œuvre de la réglementation concernant la radioprotection en déclinant des guides sectoriels. Ces guides ont été élaborés conjointement entre les autorités administratives compétentes et les professionnels concernés. Le respect des principes édictés dans les guides permet de justifier et conforter le respect de la réglementation dans le secteur concerné : ce système facilite ainsi la mise en œuvre des principes réglementaires par les professionnels mais aussi les contrôles effectués par les corps d'inspection.

Un guide sectoriel serait un référentiel ayant pour objectifs :

- d'expliciter de façon opérationnelle la réglementation ;
- de décrire les pratiques ainsi que les droits et obligations des personnes concernées ;
- de donner des éléments d'ordre pratique par exemple l'heure de référence, les facteurs d'occupation pouvant être retenus et des renseignements utiles sur la sûreté nucléaire et la radioprotection ;

Tout écart aux recommandations de ce référentiel devrait être explicité et justifié.

Un tel guide serait élaboré au sein de groupes de travail avec des professionnels / experts sectoriels reconnus dans leurs domaines d'activité avec un pilotage des autorités concernées.

Le guide devrait être homologué ou reconnu par un texte réglementaire de façon à ce qu'il soit opposable.

VIII - Conclusion générale

Dans le cadre de la saisine commune ASN/DGT des groupes permanents sur l'étude des évolutions possibles des règles de délimitation des zones réglementées et des conditions d'accès associées, le GT a conduit une démarche d'évaluation du retour d'expérience de l'application du dispositif « zonage » en vigueur. Celle-ci a été conduite de façon large et diversifiée tant sur la forme du recueil d'informations (visites, questionnaire, colloque, retours des corps d'inspection...) que sur la typologie des acteurs interrogés (industrie, recherche, secteur médical, INB, réseaux professionnels). Ce travail, confronté à l'analyse des applications réglementaires dans d'autres pays, a permis au GT de proposer une refonte du dispositif, fondée sur le rappel de l'objectif premier du zonage et construite autour d'un socle réglementaire commun applicable à tous les secteurs d'activité complété de guides spécifiques sectoriels ayant un caractère prescriptif : cette nouvelle architecture réglementaire s'inscrit dans le souhait du GT qu'une harmonisation des réglementations internationales sur ce sujet soit engagée à l'initiative de la France.

Dans l'attente de cette refonte, le GT préconise un ensemble d'ajustements dans la continuité de la réglementation actuelle permettant à court de terme de préciser ou compléter les règles qui aujourd'hui posent des problèmes d'interprétation ou de mise en œuvre.

A l'issue de ce travail faisant intervenir des acteurs de la radioprotection de tous les secteurs d'activité, le GT espère avoir atteint l'objectif qui lui était assigné et que les propositions présentées feront l'objet de la part du législateur d'une étude approfondie de leur pertinence et des modalités de déploiement.

IX - Glossaire

ACoP	Approved Code of Practice and guidance (Royaume-Uni)
AFCN	Autorité Fédérale de Contrôle Nucléaire (Belgique)
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique
ALARA	As low as reasonably achievable
ALARP	As low as reasonably possible
ASN	Autorité de Sûreté Nucléaire
ATEX	Atmosphères explosives
CA	Contamination atmosphérique
CCD	Contrat à durée déterminée
CE	Communauté Européenne
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux énergies alternatives
CEEA	Communauté Européenne de l'Énergie Atomique
CEPN	Centre d'étude sur l'Évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire
CHSCT	Comité d'hygiène de sécurité et des conditions de travail
CIPR	Commission Internationale de Protection Radiologique
CMA	Concentrations maximales admissibles
CNPE	Centre Nucléaire de Production d'Électricité
CS	Contamination surfacique
CSN	Consejo de Seguridad Nuclear (Espagne)
DAMA	Diamètre aérodynamique médian en activité
DATR	Personnes Directement Affectées à des Travaux sous Rayonnements
DGT	Direction Générale du Travail
DIECCTE	Directions des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi
DIRECCTE	Directions Régionales des Entreprises, de la Concurrence, de la Consommation, du Travail et de l'Emploi
DPUi	Dose Par Unité d'Incorporation
EDF	Electricité de France
EPI	Équipement de protection individuelle
EURATOM	ou CEEA Communauté européenne de l'énergie atomique
F_{susp}	Facteur de remise en suspension
GPMED	Groupes permanents d'experts en radioprotection pour les applications médicales et médico-légales des rayonnements ionisants
GPRAD	Groupes permanents d'experts en radioprotection pour les applications industrielles et de recherche des rayonnements ionisants
GT	Groupe de travail
Gy	Gray
HSE	Health and Safety Executive (Royaume-Uni)
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IFSN	Inspection Fédérale pour la Sécurité des Installations Nucléaires
IGR	Institut Gustave Roussy
INB	Installation nucléaire de base
INES	International Nuclear Event Scale : échelle internationale des événements nucléaires

IXRPC	International X ray and Radium Protection Committee
IFSN	Inspection Fédérale pour la Sécurité des Installations Nucléaires (Suisse)
IRR99	Ionising Radiation Regulations
LA	Limites d'autorisation (Suisse)
LAI	Limite annuelle d'incorporation
LDCA	Limite dérivée de concentration dans l'air
LRaP	Loi sur la radioprotection suisse
LUDD	Laboratoires, usines, déchets et démantèlement
MPC	Maximum Permissible Concentration
mSv	Millisievert
NCRP	National Council of Radiation Protection and measurements (USA)
NDATR	Non Directement Affectés aux Travaux sous Rayonnements
NRC	Nuclear Regulatory Commission (USA)
OA	Organisme agréé
ORaP	Ordonnance sur la radioprotection (Suisse)
PC	Points chauds
PCR	Personne compétente en radioprotection
REX	Retour d'expérience
RPO	Radiation Protection Officer
SAP	Safety Assessment Principles (Royaume-Uni)
SCK-CEN	Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, dénommé SCK-CEN (Belgique)
SCPRI	Service central de protection contre les rayonnements ionisants
SCR	Service compétent en radioprotection
SFPM	Société Française de Physique Médicale
SFRP	Société Française de Radioprotection
SGH	Système Général Harmonisé
SISERI	Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants
SPR	Service de Protection contre les Rayonnements
STUK	Autorité de radioprotection et de Sûreté Nucléaire (Finlande)
TAG	Technical Assessment Guides (Royaume-Uni)
TMD	Transport des marchandises dangereuses
VLE	Valeurs limites d'exposition (rayonnements optiques artificiels)
w_R	Facteur de pondération pour les rayonnements
w_T	Facteur de pondération pour les tissus

X - Bibliographie

1. Articles R. 4451-8 à R. 4451-28 du code du travail.
2. Arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont imposées.
3. Proposition de directive du Conseil fixant les normes de bases pour la protection contre les dangers des rayonnements ionisants 2011/0254 (NLE) du 29 sept. 2011, révisée le 30 mai 2012.
4. Directive 96/29/EURATOM du 13 Mai 1996 ; Directive 97/43/EURATOM du 30 juin 1997; Directive 89/618/ EURATOM du 27 novembre 1989 ; Directive 90/641/ EURATOM du 4 décembre 1990 ; Directive 2003/122/ EURATOM du 22 décembre 2003.
5. CIPR 103 – Recommandations 2007 de la commission internationale de protection radiologique.
6. Normes de base établies par l'AIEA (GSR Part 3 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources International BSS Interim edition).
7. A. Biau, T. Juhel, JP. Manin - Historique de l'évolution du concept et de la philosophie du zonage - Principales réglementations pertinentes 2011. *[A paraître]*
8. J. Hebert - Les débuts de la réglementation française de radioprotection. Radioprotection 2005, Vol. 40-3, 357–369.
9. JL. Pasquier - Un siècle d'exposition, quatre-vingts ans de radioprotection Contrôle 2004, n° 158, 44-48.
10. Circulaire DGT/ASN n° 01 du 18 janvier 2008 relative à l'arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont apposées.
11. Arrêté du 16 juillet 2007 fixant les mesures techniques de prévention, notamment de confinement, à mettre en œuvre dans les laboratoires de recherche, d'enseignement, d'analyses, d'anatomie et cytologie pathologiques, les salles d'autopsie et les établissements industriels et agricoles où les travailleurs sont susceptibles d'être exposés à des agents biologiques pathogènes.
12. Arrêté du 20 avril 2007 fixant les règles relatives à l'évaluation des risques et à la prévention des accidents dans les établissements pyrotechniques.
13. Arrêté du 29 sept. 2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.
14. Groupe de travail issu des Groupes permanents d'expert en radioprotection sur « les évolutions souhaitables pour les fonctions et la formation des personnes compétentes en radioprotection.
15. Directive 96/29/ EURATOM du 13 Mai 1996.
16. Communication de la Commission internationale de protection radiologique du 21 avril 2011. ICRP réf. 4825-3093-1464
17. Etude des règles et pratiques en vigueur à l'étranger en matière de délimitation et d'accès aux zones réglementées au titre de la radioprotection. CEPN -17 février 2012.

ANNEXE 1

Questionnaire relatif au retour d'expérience concernant l'arrêté zonage

GROUPES PERMANENTS D'EXPERTS EN RADIOPROTECTION

GROUPE DE TRAVAIL « ZONAGE »

CONTEXTE

A la demande de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et de la Direction générale du travail (DGT), les groupes permanents d'experts en radioprotection de l'ASN ont été saisis afin de **mener une démarche de réflexion prospective en matière de délimitation et d'accès aux zones réglementées.**

Pour répondre à cette demande, un groupe de travail vient de se créer. Il rendra un rapport à l'ASN et à la DGT au plus tard au début avril 2012.

Les propositions que le Groupe pourra formuler sont susceptibles d'alimenter les propres réflexions des administrations, notamment lors de l'élaboration de la transposition de la future directive-cadre européenne en matière de protection contre les rayonnements ionisants.

BUT DU SONDAGE

Les membres de ce groupe cherchent à recueillir vos avis, expériences et commentaires relatifs à l'application de l'arrêté « zonage » liée aux activités nucléaires exercées dans votre établissement ou dans les établissements dans lesquels vous intervenez.

En répondant à ce questionnaire vous contribuerez à enrichir la réflexion du groupe de travail pour l'élaboration de ses propositions.

N'hésitez pas à diffuser largement le questionnaire aux personnes concernées de votre connaissance.

Le questionnaire une fois rempli doit être retourné

DES A PRESENT, AU PLUS TARD le 05 SEPT. 2011 :

Par courriel à :

asn.gpe-radiopro@asn.fr

Par courrier à :

Autorité de Sûreté Nucléaire DIS / GT-Zonage 6, place du colonel Bourgoïn. 75012 PARIS

Par remplissage d'un formulaire en ligne sur le site Radioprotection Cirkus :

www.rpcirkus.org

QUESTIONNAIRE RELATIF A VOTRE RETOUR D'EXPERIENCE CONCERNANT L'ARRETE ZONAGE

Le questionnaire peut être transmis de façon anonyme si vous le souhaitez.
Dans le cas contraire, vos coordonnées ne seront pas diffusées.

Nom :

Prénom :

Ce questionnaire alterne des questions de type QCM avec plusieurs réponses possibles et des questions ouvertes.

N'hésitez pas à ajouter photos ou schéma en pièces jointes.

CONTEXTE PROFESSIONNEL		
Q.1	Votre Fonction (obligatoire)	<input type="checkbox"/> PCR <input type="checkbox"/> Employeur <input type="checkbox"/> Utilisateur /Intervenant sous RI <input type="checkbox"/> Contrôleur (OA=Organisme agréé) <input type="checkbox"/> Consultant / Appui-Conseil (non OA) <input type="checkbox"/> Membre équipe SPR <input type="checkbox"/> Autre :.....
Q.2	Votre activité ou secteur d'intervention	<input type="checkbox"/> Etablissement de santé <input type="checkbox"/> Dentaire <input type="checkbox"/> Vétérinaire <input type="checkbox"/> Ecole/faculté/enseignement <input type="checkbox"/> Recherche <input type="checkbox"/> Industrie <input type="checkbox"/> INB/Nucléaire <input type="checkbox"/> Transports <input type="checkbox"/> Autre:.....
Q.3	Sources de rayonnements ionisants détenues / utilisées	<input type="checkbox"/> Générateur X fixe <input type="checkbox"/> Générateur X ou source dans équipement mobile <input type="checkbox"/> Accélérateur <input type="checkbox"/> Source(s) scellée(s) <input type="checkbox"/> Source(s) scellée(s) de haute activité <input type="checkbox"/> Source(s) non scellée(s) <input type="checkbox"/> Naturel renforcé

MISE EN ŒUVRE DU ZONAGE		
Q.4	Personne(s) ayant défini la démarche de zonage	<input type="checkbox"/> PCR interne <input type="checkbox"/> PCR externe <input type="checkbox"/> SPR <input type="checkbox"/> Employeur <input type="checkbox"/> Médecin du travail <input type="checkbox"/> Contrôleur (OA) <input type="checkbox"/> Consultant (non OA) <input type="checkbox"/> Autre :.....
Q.5	Personne(s) ayant réalisé les mesures	<input type="checkbox"/> PCR interne <input type="checkbox"/> PCR externe <input type="checkbox"/> SPR <input type="checkbox"/> Employeur <input type="checkbox"/> Médecin du travail <input type="checkbox"/> Contrôleur (OA) <input type="checkbox"/> Consultant (non OA) <input type="checkbox"/> Autre :.....
Q.6	Personne(s) ayant validé le zonage	<input type="checkbox"/> PCR interne <input type="checkbox"/> PCR externe <input type="checkbox"/> SPR <input type="checkbox"/> Employeur <input type="checkbox"/> Médecin du travail <input type="checkbox"/> Contrôleur (OA) <input type="checkbox"/> Consultant (non OA) <input type="checkbox"/> Autre :.....
Q.7	Existe-il un document interne qui formalise la démarche de zonage dans l'établissement (article 2 III.)?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

Q.8	Quel(s) type(s) de zone a (ont) été défini(s) ?	<input type="checkbox"/> Aucune <input type="checkbox"/> Surveillée <input type="checkbox"/> Contrôlée verte <input type="checkbox"/> Contrôlée jaune <input type="checkbox"/> Contrôlée orange <input type="checkbox"/> Interdite rouge <input type="checkbox"/> Zone d'opération <input type="checkbox"/> Intermittente type :.....(Article 9)
-----	---	---

METHODOLOGIE DU ZONAGE

Q.9	Comment interprétez-vous la notion de « conditions normales de travail » (Code du Travail R.4451-18 1° et 2°) ?
.....	

Q.10	Sur quel mode d'exposition avez-vous mis en œuvre le zonage ?	<input type="checkbox"/> Externe <input type="checkbox"/> Extrémités <input type="checkbox"/> Cristallin <input type="checkbox"/> Interne
------	---	--

Q.11	Pour les modes d'exposition externe et extrémités , préciser les conditions de mesures et les grandeurs opérationnelles soit Gr Op ($H^*(d)$, $H_p(d)$ $H'(d,\omega)$) utilisées pour le zonage :
------	---

	Exposition externe	Exposition extrémité	Dispositif(s) de mesure utilisé(s) ?
Débit d'équivalent de dose instantané	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Gr.Op :.....	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Gr.Op :.....	
Dose intégrée	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Gr.Op :..... Durée d'intégration. :.....	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non Gr.Op :..... Durée d'intégration. :.....	
Emplacement des points de mesure (distance)			
Evaluation par calcul	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

Commentaires sur la détermination des points de mesure (distance déterminée, laquelle et pourquoi) :

.....
.....
.....

Commentaires sur les grandeurs mesurées (justification du choix...) :

.....
.....
.....
.....
.....

Q.12	Pour le mode d'exposition interne , préciser la méthode utilisée pour le zonage :
------	--

Méthode utilisée		Précisions éventuelles sur la méthode
Mesure en continu de la concentration d'activité dans l'air	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Prélèvement et mesure différée	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Mesure de contamination surfacique et coefficient de remise en suspension	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
Evaluation par calcul	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	

DIFFICULTES D'APPLICATION

Zones attenantes

Q.20 | Comment vous assurez vous du respect de la limite à 80µSv par mois dans les zones attenantes aux zones réglementées (article 5 I.) ?

.....

Q.21 | La gestion des zones attenantes aux zones réglementées vous pose-t-elle des difficultés ? Si oui, lesquelles ? Quelles sont vos suggestions pour résoudre cette difficulté ?

.....

Zones réglementées

Q 22 | Quelles sont vos difficultés, lorsqu'elles sont limitées à une partie du local (article 4 II.), à :
 Délimiter la ou les zones règlementées ?

.....

Signaler la ou les zones règlementées?

.....

Q.23 | Faites vous systématiquement coïncider la limite de la zone réglementée (surveillée/contrôlée) avec les parois d'un local (article 4 I.)? Pourquoi ?

.....

Q.24 | Comment déterminez-vous le début de la ZS dans le cas d'expositions potentielles des extrémités seules ou avec une exposition corps entier (Code du travail R 4451-18 1)?

.....

 ;

Q.25 | Pour les ZC intermittentes, les dispositifs visuels Oui
 ou sonores sont-ils mis en œuvre (article 9 I.)? Non

Si non, pourquoi :

.....

Zones spécialement réglementées

Q.26 Quelles sont vos difficultés, lorsqu'elles sont limitées à une partie du local, à :

Signaler la ou les zones spécialement réglementées?

.....
.....
.....

Matérialiser (« prévenir tout franchissement fortuit » selon article 4 II. a) les zones spécialement réglementées ?

.....
.....
.....

Mettre en place des dispositifs « matériellement infranchissables » (article 19) pour l'accès en zone rouge ?

.....
.....
.....

Q.27 Tenez-vous compte des limites d'exposition externe du corps entier pour la délimitation des zones jaune et orange (débit d'équivalent de dose ne devant pas dépasser 2 mSv/h ou 100 mSv/h) en complément de celle susceptible d'être reçue sur une heure (article 7)?

.....
.....
.....

Si non, pourquoi :

.....
.....
.....

Q.28 Quelles dispositions prenez-vous pour vous assurer qu'aucun travailleur sous contrat à durée déterminée et d'entreprise de travail temporaire n'exécute des travaux dans des zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2mSv (Code du Travail D. 4154-1.)?

.....
.....
.....

Q.29 Comment procédez-vous à l'enregistrement nominatif des entrées en zones orange et rouge (registres, système informatisé, pré-enregistrement...) ? Quels types d'information conservez-vous à travers cet enregistrement ? (article 20)

.....
.....
.....

Q.30 Comment procédez-vous pour autoriser l'accès en zone rouge à titre exceptionnel (article 20)?

.....
.....
.....

Q.31	Rencontrez-vous d'autres difficultés dans la gestion et l'utilisation des zones spécialement réglementées ? Lesquelles ?
.....	
.....	
.....	

Sources mobiles

Q.32	Dans les zones où l'on utilise un appareil mobile ou portable, quelles difficultés rencontrez-vous dans la délimitation pratique de la zone d'opération (articles 13)? Mettez-vous en œuvre la possibilité d'un débit de dose supérieur en limite offerte par l'article 14 ? Sinon pourquoi ?
.....	
.....	
.....	
.....	

Selon vous, des évolutions seraient elles nécessaires ?

.....

.....

.....

Q.33	Dans le domaine du transport, quelles difficultés rencontrez-vous dans l'application de l'arrêté zonage (article 17) en amont et en aval de l'opération d'acheminement (entreposage temporaire avant ou après chargement) ?
.....	
.....	
.....	
.....	

APPORTS DE L'ARRETE « ZONAGE » ACTUEL

Q.34	Selon vous, quels sont les trois principaux apports de l'arrêté zonage ?
1).....	
.....	
.....	
2).....	
.....	
.....	
3).....	
.....	
.....	

Q.35	Selon la circulaire DGT/AS n°01 du 18 janvier 2008 relative à l'arrêté « zonage » du 15 mai 2006, l'objectif de l'arrêté zonage est rédigé ainsi : « <i>Il renforce la protection des travailleurs en permettant notamment une identification plus précise du risque, contribuant à une meilleure évaluation des moyens de protection individuelle et de suivi radiologique à mettre en œuvre</i> ».
Pensez-vous que les dispositions en vigueur permettent d'atteindre cet objectif ?	
.....	
.....	
.....	

Selon vous, quelle devrait être la philosophie du zonage ?

.....

.....

.....

.....

Autres commentaires :

.....

.....

.....

.....

PISTES D'AMELIORATION DE L'ARRETE « ZONAGE »

Q.36 | Quelles modifications à l'actuel arrêté « zonage » souhaiteriez-vous voir apparaître ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Autres commentaires :

.....

.....

.....

.....

.....

ANNEXE 2

Programme du colloque national de radioprotection dédié au zonage radiologique

Colloque national radioprotection

ZONAGE RADIOLOGIQUE

28 et 29 novembre 2011

Université de Caen



Organisé par l'Université de Caen Basse-Normandie (UCBN)



Sous le patronage
de l'Autorité de Sûreté
Nucléaire et de la Direction
Générale du Travail



Ministère du travail, de l'emploi et
de la santé



Avec le soutien de
la Société Française de Radioprotection
(SFRP) et de la Société Française de
Physique Médicale (SFPM)



Objectif

En février 2011, l'ASN et la DGT ont saisi conjointement les Présidents des Groupes permanents d'experts en radioprotection (GPRAD et GPMED) afin d'engager une démarche de réflexion prospective en matière de délimitation et d'accès aux zones réglementées en application du code du Travail.

Dans ce cadre, le groupe de travail « GT-Zonage », constitué au sein du GPRAD et du GPMED, a programmé un ensemble d'actions sur l'année 2011 en vue de consulter très largement les secteurs d'activité concernés et de faire remonter vers le GT le retour d'expérience des acteurs de terrain ainsi que d'éventuelles difficultés d'application des dispositions actuelles.

Ce programme d'investigation va connaître un temps fort avec la tenue de ce colloque national de radioprotection centré sur le thème du zonage radiologique.

Au terme de l'activité du GT-Zonage, en avril 2012, un rapport sera remis aux autorités (DGT et ASN), accompagné de l'avis du GPRAD et du GPMED, en vue d'alimenter les réflexions des pouvoirs publics, notamment dans la perspective des discussions à venir en prévision de la transposition de la future directive européenne en matière de protection contre les rayonnements ionisants.

Comité de programme

Pierre BARBEY (UCBN)*
Nawal SAÂD (ASN)
Thierry LAHAYE (DGT)
Thierry JUHEL (SFRP)
Alain BATALLA (SFPM)

Bernard AUBERT*
Gérard CORDIER*
Patrick FRACAS*
Albert LISBONA*
Jean-Pierre MANIN*

Peggy MATHIEU*
Nathalie RIZZO-PADOIN*
Catherine ROY*
Jean-Christophe VARIN*

**: membres du Groupe de Travail sur le Zonage (GT-zonage)*

Programme

Lundi 28 novembre 2011

8h30 : accueil des participants

9h15-9h30 : Ouverture du colloque par Pierre BARBEY, Président du Groupe de travail Zonage

SESSION 1 [Présidence de séance : Peggy MATHIEU* et Albert LISBONA*]

CADRE DE LA REFLEXION

9h30-9h40 : discours d'accueil par la Présidente de l'UCBN [Pr Josette TRAVERT]

9h40-9h55 :

- Démarche de la DGT dans la perspective d'évolution européenne de la réglementation relative à la radioprotection des travailleurs [Thierry LAHAYE (DGT)]
- Place et rôle des Groupes permanents d'experts en radioprotection [Jean-Luc GODET (ASN)]

9h55-10h10 : Le zonage à travers les différentes classes de risques [Remi BARBE (DGT) et Pierre BARBEY*]

10h10-10h30 : Historique de la réglementation relative au zonage radiologique [Jean-Pierre MANIN*, Thierry JUHEL (SFRP) et Alain BIAU (SFRP)]

10h30 – 11h00 : Questions pratiques sur l'organisation / Pause-café / stands

SESSION 2 [Présidence de séance : Jean-Pierre VIDAL (SFRP) et Nathalie RIZZO-PADOIN*]

RETOUR D'EXPERIENCES EN INB

11h00-12h10 :

Thème 1 : le zonage en démantèlement [Joël CHARDIN (AREVA)]

Thème 2 : la gestion des zones orange et les accès des personnels à statut temporaire [Alexandre RIEDEL (EDF)]

Thème 3 : les zones rouge et la gestion du caractère infranchissable [Henri ROCHE (CEA)]

Thème 4 : le zonage des boites gants (qui intègrera la problématique des extrémités) [Laurent JASKULA (CEA)]

Thème 5 : la gestion des zones attenantes [Raymond KRAMAR (AREVA)]

12h10-12h30 : discussion session 2

12h30-14h00 : Déjeuner

SESSION 3 [Présidence de séance : Alain BATALLA (SFPM) et Gérard CORDIER*]

RETOUR D'EXPERIENCES POUR LE SECTEUR MEDICAL

14h00-15h20 : *REX pour les secteurs d'activité médicale, vétérinaire et dentaire*

Thème 1 : radiologie interventionnelle [Cécile SALVAT (APHP Lariboisière)]

Thème 2 : radiologie conventionnelle [Jean-Luc REHEL (IRSN)]

Thème 3 : médecine nucléaire [Sophie LAFFONT (Centre Eugène Marquis Rennes)]

Thème 4 : radiothérapie [Albert LISBONA (Centre René GAUDUCHEAU Nantes)]

Thème 5 : odontologie, contraintes et spécificités [Dominique LE DENMAT (Université Paris Descartes) et Philippe ROCHER (Commission RP dentaire)]

Thème 6 : secteur vétérinaire, contraintes et spécificités [Catherine ROY (Commission RP vétérinaire)]

15h20-15h40 : *La parole aux Réseaux régionaux de PCR*

Zonage : REX et réflexions du Réseau PCR RaMiP [Sébastien BALDUYCK (Réseau RaMiP)]

15h40-16h00 : discussion session 3

16h00-16h20 : Pause-café / stands

SESSION 4 [Présidence de séance : Sébastien BALDUYCK (Réseau PCR RaMiP) et Patrick FRACAS*]

RETOUR D'EXPERIENCES HORS INB ET HORS MEDICAL

16h20-16h35 : La problématique zonage pour la Gammagraphie industrielle [Alexis BLETTNER (Institut de Soudure Industrie)]

16h35-16h45 : Utilisation d'un Gammadensimètre sur le terrain [Jérôme BLANC et Sébastien GAVOIS (Laboratoire central. Vinci constructions terrassements)]

16h45-17h15 : REX pour la recherche :

- Application du zonage en laboratoire universitaire [Pierre BARBEY (P2R2-UCBN)]
- La problématique des accélérateurs [Vincent DESMEZIERES (SPR-GANIL)]

17h15-17h30 : Problématique du zonage dans le secteur du transport [Sylvie THIRION (TFT Transports)]

17h30-17h50 : discussion session 4

Mardi 29 novembre 2011

SESSION 5 [Présidence de séance : [Catherine ROY* et Jean-Christophe VARIN*]

RETOUR DES ENQUETES DE TERRAIN

8h30-8h55 : REX de l'inspection de l'ASN [Philippe MENECHAL (ASN)]

8h55-9h15 : REX de l'inspection du travail [Remi BARBE (DGT) - Thierry LAHAYE (DGT)]

9h15-9h30 : REX d'un organisme agréé [Bernard AUBOIROUX et Thomas LE GOUËFFLEC (APAVE)]

9h30-9h45 : REX de secrétaires de CHSCT: [Marc AMMERICH (CHSCT-CEA FAR) et Pascal PERICO (CHSCT du CNPE de Cruas)]

9h45-10h10 : Bilan questionnaire national [Catherine ROY* et Jean-Christophe VARIN*]

10h10-10h30 : discussion session 5

10h30-10h50 : Pause-café / stands

SESSION 6 [Présidence de séance : Thierry JUHEL (SFRP) et Jean-Pierre MANIN*]

LE ZONAGE A L'ECHELLE INTERNATIONALE

10h50-11h20 : La déclinaison réglementaire du zonage sur la scène internationale [Caroline SCHIEBER (CEPN)]

11h20-11h40 : L'application du zonage dans différents pays à travers quelques études de cas [Pascal CROUAIL (CEPN)]

11h40-12h10 : Le dispositif de zonage radiologique en Belgique [Pascal FROMENT (Controlatom)]

12h10-12h30 : discussion session 6

12h30 – 14h00 : Déjeuner

SESSION 7 [Présidence de séance : Jean-Paul SAMAIN (GPRAD) + Bernard AUBERT*]

14h00-16h20 : **TABLE RONDE SUR LES PROPOSITIONS (ISSUES DES ACTEURS)**

14h00-14h15 : la section PCR de la SFRP présente le fruit de ses réflexions

14h15-15h15 : temps consacré à des intervenants ayant des propositions à faire mais sur la base d'interventions courtes (2 ou 3 diapos seulement / 5 min max)

15h15-15h30 : le GT-zonage expose une première synthèse issue des sessions de REX

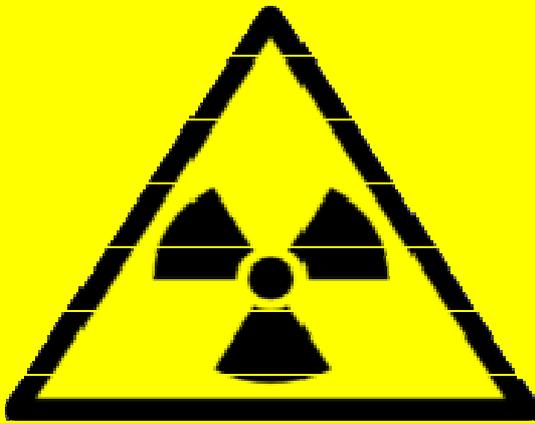
15h30-16h10 : discussion avec la salle

16h10-16h20 : Conclusions du colloque par le président du GT-Zonage

16h20-17h00 : Pause-café / stands

ANNEXE 3

Exemples de signalisation

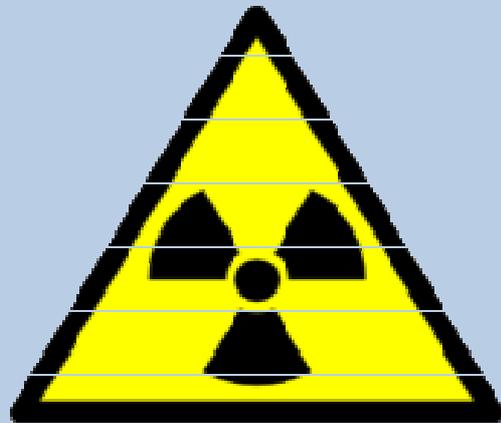


ZONE CONTROLEE

Risque moyen

Risque d'irradiation

Risque de contamination



ZONE SURVEILLEE

Risque faible

Risque d'irradiation

ZONE INTERMITTENTE



ZONE CONTROLEE

Risque très élevé
d'exposition aux
rayonnements

Accès **INTERDIT** si le
voyant rouge est allumé

Le groupe de travail présidé par Pierre Barbey, Vice-président du GPRAD, a remis ce rapport portant sur les évolutions souhaitables pour la délimitation et l'accès aux zones réglementées aux Présidents du GPRAD et du GPMED lors d'une réunion qui s'est déroulée le 28 septembre 2012.



Le présent document est consultable
sur le site internet de l'ASN :

www.asn.fr