



RAPPORT N°314

**ETUDE DES REGLES ET PRATIQUES EN VIGUEUR
A L'ETRANGER EN MATIERE DE DELIMITATION
ET D'ACCES AUX ZONES REGLEMENTEES AU
TITRE DE LA RADIOPROTECTION**

SYNTHESE

C. SCHIEBER, P. CROÛAIL, L.-A. BELTRAMI, C. REAUD

Juin 2013

SIEGE SOCIAL ET ADMINISTRATIF :

Expansion 10 000 - 28 rue de la Redoute - F-92260 FONTENAY-AUX-ROSES
TEL : +33 1 55 52 19 20 FAX : +33 1 55 52 19 21
E-MAIL : sec@cepn.asso.fr WEB : <http://www.cepn.asso.fr/>

SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION	1
2.	CRITERES DE ZONAGE DANS LES REGLEMENTATIONS GENERALES	1
3.	ZONAGE DANS L'INDUSTRIE NUCLEAIRE	2
4.	SECTEUR MEDICAL R-X	3
5.	SOURCES RADIOACTIVES NON SCHELLES	4
6.	RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE EN ESPACE OUVERT	4
7.	CONDITIONS D'ACCES DANS LES ZONES	4
8.	CONCLUSIONS	5
9.	REFERENCES	5
	ANNEXE 1 –LISTE DES TEXTES REGLEMENTAIRES ET GUIDES RELATIFS A LA CLASSIFICATION DES ZONES	6
	ANNEXE 2 –CRITÈRES DE CLASSIFICATION DES ZONES (TOUS SECTEURS)	9
	ANNEXE 3 –CRITÈRES DE CLASSEMENT DES ZONES CONTRÔLÉES (INDUSTRIE NUCLEAIRE)	10
	ANNEXE 4 –CRITÈRES POUR LE BALISAGE DE LA ZONE CONTRÔLÉE POUR LA RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE EN ESPACE OUVERT	13

1. INTRODUCTION

Dans le contexte de la révision des exigences européennes en matière de radioprotection, et notamment dans la perspective des travaux de transposition de la nouvelle directive EURATOM relative aux normes de base de radioprotection, la Direction générale du travail (DGT) et l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) ont saisi les groupes permanents d'experts en radioprotection de l'ASN (GPRAD et GPMED)¹, pour que soit engagée une réflexion prospective en matière de délimitation et d'accès aux zones réglementées.

Dans le but d'alimenter sa réflexion, le « GT zonage »² souhaitait disposer d'éléments sur les réglementations et pratiques à l'étranger dans le cadre de situations d'exposition problématiques dans différents domaines d'activité (nucléaire, industriel, recherche, médical, transport, naturel renforcé). L'objectif poursuivi par les experts était de comparer la philosophie des dispositifs réglementaires étrangers, notamment en identifiant les systèmes à « 2 étages » reposant, d'une part, sur des textes réglementaires et, d'autre part, sur des pratiques sectorielles.

A la demande de l'ASN, une étude a été menée par le CEPN afin d'identifier les règles applicables en matière de délimitation et d'accès aux zones réglementées au titre de la radioprotection dans sept pays : Belgique, Espagne, Etats-Unis, Finlande, Royaume-Uni, Suède et Suisse. En plus de l'étude des textes réglementaires et règles professionnelles, les règles et pratiques en vigueur de trois pays (Finlande, Royaume-Uni et Suisse) ont été appliquées à une dizaine de cas particuliers théoriques mettant volontairement en exergue différentes situations d'exposition professionnelle et différents domaines d'activité (laboratoire, médical, nucléaire, ...) [1, 2].

Cette note synthétise les principales conclusions de l'étude internationale du CEPN et décrit notamment les règles appliquées pour la délimitation des zones réglementées au titre de la radioprotection, de façon générale pour tous les secteurs et de façon plus détaillée pour quelques secteurs particuliers.

2. CRITERES DE ZONAGE DANS LES REGLEMENTATIONS GENERALES

De façon générale les réglementations radioprotection des différents pays étudiés, et plus particulièrement celles concernant la classification des zones, sont basées sur un texte réglementaire unique pour tous les secteurs d'activité, assez peu détaillé. Des réglementations ou guides spécifiques par secteur d'activité complètent parfois le texte de base. Les principaux textes réglementaires et guides des Autorités ainsi que les autres documents (procédures d'exploitants par ex.) qui ont été utilisés dans cette étude sont présentés en Annexe 1.

L'objectif du zonage est rarement explicité en tant que tel dans les réglementations. L'objectif des mesures prises par la réglementation est de protéger les travailleurs et de vérifier l'application du principe d'optimisation de la radioprotection. La classification des zones doit être réalisée dès lors qu'il y a une possibilité que les travailleurs risquent d'atteindre ou de dépasser les valeurs limites réglementaires. Elle a pour but principal de « repérer » les zones nécessitant des contrôles particuliers pour l'accès, la surveillance des travailleurs, etc.

¹ GPRAD : groupe permanent d'experts en radioprotection – applications industrielles et de recherche;
GPMED : groupe permanent d'experts en radioprotection – applications médicales et médico-légales

² Groupe de travail constitué au sein du GPRAD et du GPMED

Les deux seuls pays qui précisent quelques éléments sur l'objectif du zonage sont le Royaume-Uni et la Suisse. Au Royaume-Uni, la classification des zones a pour but « d'aider à s'assurer que les mesures prises pour éviter les accidents et pour mettre en œuvre le principe ALARA sont efficaces ». En Suisse, le zonage a pour objectif « de limiter et de contrôler l'exposition aux rayonnements ». Les critères détaillés de classification des zones sont présentés en Annexe 2 et synthétisés pour ce qui concerne les zones contrôlées dans le Tableau 1. Mis à part aux Etats-Unis, le principal critère quantitatif de classement d'une zone de travail en zone contrôlée ou surveillée est la possibilité de dépasser une fraction de la limite de dose annuelle fixée par la réglementation. Un critère de débit de dose horaire est de plus intégré dans la réglementation Belge pour délimiter des sous-zones dans la zone contrôlée. En Espagne, il est également prévu de signaler différemment des sous-zones dans la zone contrôlée en fonction de la possibilité de dépassement d'une limite de dose sur une certaine fraction de temps. Les Etats-Unis définissent trois types de « zone de rayonnement » en fonction d'un critère de dose équivalente reçue en une fraction de temps à une certaine distance de la source. Leur réglementation prévoit également la définition d'une « zone de radioactivité dans l'air » en fonction de la possibilité de dépassement de la limite dérivée de concentration atmosphérique. A noter enfin que la Suisse ne considère pas de « zone surveillée » mais que des zones contrôlées. Celles-ci sont définies en fonction de la possibilité de dépassement d'une valeur de dose efficace ou en cas d'un certain niveau de contamination atmosphérique ou surfacique.

Certains pays (Espagne, Finlande, Royaume-Uni) précisent également qu'il y a lieu de classer une zone en zone contrôlée s'il est estimé que des procédures de travail spécifiques doivent être suivies dans cette zone pour réduire les expositions des travailleurs et/ou pour éviter une dispersion de contamination et/ou pour éviter des expositions accidentelles.

Tableau 1. Critères de classement en « zone contrôlée »

	Dose efficace	Dose équivalente	Débit de dose horaire	Dose absorbée	Contamination atmosphérique	Contamination surfacique	Procédures de travail spécifiques
Belgique	✓	✓	✓				
Espagne	✓	✓					✓
Etats-Unis		✓		✓	✓		
Finlande	✓	✓					✓
Royaume-Uni	✓	✓	✓				✓
Suède	✓	✓					
Suisse	✓				✓	✓	

Le zonage est la plupart du temps réalisé à partir d'une évaluation de dose annuelle réalisée selon un scénario d'exposition, généralement conservatif (qui prend en compte le débit de dose maximal, et un taux d'occupation maximal de 250 j/an, 40 h/sem., 8 h/j, etc). Une étude de poste détaillée, telle que celle préconisée en France, n'est que très rarement réalisée pour l'établissement du zonage. Le zonage se limite souvent au classement de l'espace de travail en zone surveillée ou contrôlée. En découlent alors des règles générales de radioprotection (notamment sur les moyens de contrôle et les conditions d'accès). L'étude de poste détaillée est alors réalisée dans le cadre de l'analyse d'optimisation de la radioprotection. Elle est donc déconnectée de l'établissement du zonage.

3. ZONAGE DANS L'INDUSTRIE NUCLEAIRE

Dans tous les pays étudiés excepté la Belgique, le secteur nucléaire fait l'objet d'une réglementation spécifique (ou de guides spécifiques édités par les Autorités) en ce qui concerne le zonage, avec des dispositions complémentaires par rapport à la réglementation générale tous secteurs.

En Espagne et Finlande, la zone contrôlée est définie en tenant compte simultanément de trois critères: le débit de dose, la contamination surfacique et la contamination atmosphérique. C'est le critère ayant la valeur la plus élevée qui définit la classification. Aux Etats-Unis, Royaume-Uni, Suède et Suisse, les trois critères sont considérés séparément et donnent lieu à trois zones contrôlées distinctes. En Belgique, la zone contrôlée est définie à partir du débit de dose horaire. Une classification est également réalisée pour la contamination surfacique (pas de classement lié à la contamination atmosphérique).

Les valeurs débit de dose et/ou de contamination délimitant les sous-zones sont réglementaires en Espagne (mais issues d'un accord avec l'exploitant), en Finlande, aux Etats-Unis (mais l'exploitant peut fixer d'autres valeurs plus contraignantes) et en Suisse. Ces valeurs sont fixées par l'exploitant en Suède et au Royaume-Uni.

Les principaux critères de classement des zones contrôlées dans l'industrie nucléaire sont présentés en Annexe 3. Il est tout à fait notable qu'il n'y a pas d'homogénéité entre les pays que ce soit dans les valeurs des critères de classement ou dans les couleurs / dénominations des zones.

Les protections collectives (écrans, blindage) et l'optimisation doivent être mises en œuvre pour réduire en nombre et/ou en taille les zones contrôlées et ce, dès la conception en Suisse (où des critères exprimés en dose par semaine - évaluée - ou des valeurs directrices en débit de dose - calculés ou mesurés - sont à respecter en préalable au zonage).

La sectorisation de la zone contrôlée s'accompagne de conditions d'intervention et de contrôle particulières :

- Tenues ad hoc
- Présence (ou non) de personnel radioprotection
- Equipements de protection individuelle, contaminométrie
- Balisage et signalétique
- Procédures et contrôles et restrictions d'accès

4. SECTEUR MEDICAL R-X

Dans tous les pays étudiés, c'est la présence d'un générateur R-X qui fait que la salle est classée en zone contrôlée. Cette classification est soit temporaire, lorsque le générateur est en fonctionnement (ex. Espagne), soit permanente (ex. Finlande, Suisse). Ce zonage est rarement évolutif (même générateur RX verrouillé hors tension) sauf au Royaume-Uni .

En Finlande et au Royaume Uni, les alarmes visuelles sont obligatoires lorsque le générateur est sous tension et pendant l'émission RX.

Le blindage des murs est à dimensionner et la géométrie des locaux est à adapter afin de respecter des critères quantitatifs (ex. dose/semaine en Suisse) ou qualitatifs (Royaume-Uni) « ALARA ». Des critères encore plus restrictifs (contrainte de dose/an en Finlande, dose efficace/semaine en Suisse) sont également à respecter dans les locaux attenants notamment ceux où peuvent séjourner des travailleurs non classés. En général, les salles adjacentes doivent pouvoir être classées en zones surveillées ou de libre accès. Les valeurs de ces contraintes sont différentes d'un pays à l'autre. Par exemple :

- En Belgique : 0,02 mSv/semaine à la surface externe des locaux.
- En Finlande, il convient de respecter une contrainte de dose annuelle de 0,3 mSv/an à l'extérieur des salles. Cette contrainte est dérivée en débit de dose hebdomadaire (6 μ Sv / semaine).

- En Suisse, deux valeurs limites ont été fixées pour des personnes non professionnellement exposées aux radiations. Il convient ainsi de respecter un débit de dose maximum de 0,02 mSv/semaine dans les salles adjacentes où un séjour durable de personnes est prévu, et un débit de dose maximum de 0,1 mSv/semaine dans les salles adjacentes peu fréquentées.

5. SOURCES RADIOACTIVES NON SCELLEES

Dans certains pays comme la Finlande et la Suisse, les laboratoires manipulant des sources non scellées sont classés (type A, B ou C) en fonction de l'activité manipulée et/ou en fonction de la limite d'autorisation (voir Tableau 2). Cette classification donne alors lieu à l'application de critères de conception spécifiques, ainsi qu'à la mise en place de règles spécifiques pour les tenues de protection ou les équipements (ex. présence de vestiaires). Le type de dosimètre à porter (corps entier ou extrémité) est défini en fonction de l'activité manipulée. En Finlande, les laboratoires de classe A ou B doivent être classés en zone contrôlée ; ceux de type C sont classés en zone surveillée, sauf en cas de risque de contamination, auquel cas, ils doivent être classés en zone contrôlée. En Suisse le secteur de travail est classé en zone contrôlée dès que l'on dépasse la limite.

Tableau 2. Exemple de classement de laboratoires

Type de laboratoire (Finlande) / Secteur de travail (Suisse)	Finlande	Suisse
	Activité maximum manipulée en 1 fois	Activité manipulée par opération ou par jour
Type C	10 x limite d'exemption	1 à 100 x limite d'autorisation
Type B	10 ⁴ x limite d'exemption	1 à 10 ⁴ x limite d'autorisation
Type A	> 10 ⁴ x limite d'exemption	1 x limite d'autorisation jusqu'à la limite supérieure fixée dans l'autorisation

6. RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE EN ESPACE OUVERT

Pour la radiographie industrielle en espace ouvert, les critères à respecter en limite du balisage de la zone contrôlée sont de nature diverse suivant les pays (dose ou débit de dose) (voir exemples en Annexe 4). Les paramètres de calcul (par exemple, le temps sur lequel on moyenne le débit de dose) de ces critères ne sont cependant pas toujours très explicites, ni dans les réglementations générales, ni dans les guides de mise en œuvre pratique. Mis à part en Finlande, il n'est pas prévu de délimiter une zone surveillée au-delà de la zone contrôlée.

Les pays étudiés ne dérogent pas aux critères établis qu'il faut respecter même s'ils conduisent à délimiter des zones contrôlées de taille très importante (évacuation sur plusieurs centaines de mètres si nécessaire). Le zonage « provisoire » ou « mobile » (ex. pour la radiographie des canalisations, ou des pipelines) est possible de même que la reclassification temporaire d'une zone (en particulier dans les installations nucléaires). Dans tous ces cas, la signalétique est modifiée en conséquence.

7. CONDITIONS D'ACCES DANS LES ZONES

Dans tous les pays, les réglementations précisent que seules les personnes autorisées peuvent avoir accès aux zones réglementées. Les travailleurs accédant dans ces zones doivent être classés en catégorie A ou B et doivent bénéficier d'une dosimétrie individuelle. A noter que la dosimétrie active n'est pas systématiquement exigée en zone contrôlée. Tous les travailleurs accédant en zones réglementées doivent avoir été formés aux bases de la radioprotection et aux risques encourus à leur poste de travail. Des tenues de protection adéquates sont nécessaires, notamment en cas de contamination.

De plus, dans le domaine nucléaire, les réglementations ou guides précisent que, pour toute entrée en zone contrôlée, un « permis de travail radiologique » doit être édité. La présence d'un appui radioprotection est exigé en fonction du niveau de risque, ainsi que la réalisation d'un pre-job briefing. Dans la mesure du possible, les zones rouges doivent être fermées à clef.

A notre connaissance, les réglementations des pays étudiés ne mentionnent pas de restrictions d'accès pour les intérimaires.

8. CONCLUSIONS

Les réglementations générales relatives à la classification des zones réglementées des différents pays étudiés sont généralement peu prescriptives. Elles sont complétées par des ordonnances ou guides édités par les Autorités, spécifiques aux différents secteurs d'activité. Mise à part dans le secteur nucléaire, le découpage d'une zone contrôlée en sous-zone en fonction du niveau de débit de dose (par exemple) n'est pas demandé.

Le zonage a pour but principal de « repérer » les zones nécessitant des contrôles particuliers pour l'accès, la surveillance des travailleurs. Il n'est pas directement associé à l'intensité du risque radiologique au poste de travail. Ce sont des études de postes complémentaires obligatoires qui vont permettre de déterminer les mesures de protection spécifiques aux conditions réelles d'exposition.

On note une grande hétérogénéité des réglementations et des pratiques entre les différents pays, en particulier au niveau :

- de la dénomination, du type et du nombre de zones ou sous-zones ;
- des critères adoptés pour délimiter des zones (débit de dose, niveau de contamination, ..) ;
- de la valeur de ces critères ;
- de la signalétique.

Cette situation peut se révéler problématique pour des travailleurs transfrontaliers qui se retrouvent confrontés à des pratiques très différentes. Il est donc particulièrement important de s'assurer que ce type de travailleur reçoit une formation adéquate quand il change de pays de travail. Par ailleurs, il serait sans doute utile que, au moins au niveau européen, une évolution vers plus d'harmonisation soit envisagée.

9. REFERENCES

- [1] SCHIEBER C, CROUAIL P., REAUD C., BELTRAMI L.-A., Etude des règles et pratiques en vigueur a l'étranger en matière de délimitation et d'accès aux zones réglementées au titre de la radioprotection – Rapport final – Hors Annexes, CEPN R-313, Juin 2013
- [2] SCHIEBER C, CROUAIL P., REAUD C., BELTRAMI L.-A., Etude des règles et pratiques en vigueur a l'étranger en matière de délimitation et d'accès aux zones réglementées au titre de la radioprotection – Rapport final – Annexes Fiches Pays , CEPN R-313_A, Juin 2013

REMERCIEMENTS

Les auteurs souhaitent remercier les correspondants du réseau ALARA Européen (EAN) et du système ISOE pour leur aide dans la recherche des informations relatives aux différents pays. Ils remercient en particulier Mme Maaret Lehtinen de l'Autorité de Sureté et de Radioprotection (STUK) de Finlande, M. Nicolas Stritt de l'Office Fédéral de Santé Publique (OFSP) de Suisse et M. Gareth Thomas de la Direction de la Santé et de la Sécurité (HSE) du Royaume-Uni, pour leur collaboration active à la réalisation des études de cas.

ANNEXE 1 – LISTE DES TEXTES REGLEMENTAIRES ET GUIDES RELATIFS A LA CLASSIFICATION DES ZONES

	Lois / décret	Guides Autorités / Ministères	Autres documents utilisés
Belgique	Arrêté Royal du 20/07/01 [3]	AFCN : - Guide d'utilisation des rayons X à des fins médicales [4] - Guide de bonne pratique sur l'utilisation des rayons X en médecine vétérinaire [5] Conseil Supérieur d'Hygiène : - Rapport sur l'assurance qualité radioprotection en médecine nucléaire [6]	Procédures des exploitants nucléaires [7,8]
Espagne	Décret Royal d'application de la Réglementation sur la Protection Sanitaire contre les Rayonnements Ionisants [9]	CSN : - Manuel général de radioprotection (secteur médical) [10] - Guide pour les installations de gammagraphie industrielle [11] CSN et UNESA - Manuel général de radioprotection (secteur nucléaire) [12]	Manuel de radioprotection de l'Hôpital de Madrid [13] Procédures des exploitants nucléaires [14 à 16]
Etats-Unis	Code Fédéral (10CFR20) [17] Code de Santé de l'Etat de New-York [18]	NRC : - Guide sur le contrôle d'accès en zones de rayonnements élevé et très élevé (nucléaire) [19]	Procédures des exploitants nucléaires [20 à 22]
Finlande	Acte sur les rayonnements ionisants [23]	STUK : - Guide Zonage tout secteur [24], - Guide RP et zonage nucléaire [25] - Guides autres secteurs [26 à 32]	Procédures des exploitants nucléaires [33]
Royaume - Uni	Réglementation sur les rayonnements ionisants (IRR 99) [34]	HSE : - Code de Pratique et Guide pour l'application de l'IRR99 [35] - Guides pour inspecteurs du nucléaire [36, 37]	Procédures des exploitants nucléaires [38]
Suède	Règles de base pour la radioprotection des travailleurs et du public [39] Réglementation pour la radioprotection des travailleurs en centrales nucléaires [40]	-	Procédures des exploitants nucléaires [41]
Suisse	Loi sur la radioprotection (Assemblée Fédérale) [42] Ordonnance radioprotection (Conseil Fédéral) [43] Ordonnances techniques par secteur (Dept Fédéral de l'Intérieur) [44 à 48] Directives techniques (OFSP ou IFSN) par secteur [49 à 51]	-	Procédures des exploitants nucléaires [52]

Références

Belgique

- [3] Arrêté Royal du 20 juillet 2001 portant règlement général de la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement contre le danger des rayonnements ionisants, publié au Moniteur Belge le 30 Août 2001.
- [4] Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN), Utilisation des Rayons X à des fins médicales, 2005
- [5] Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN), Rayons X en médecine vétérinaire, Octobre 2010
- [6] Conseil Supérieur d'Hygiène : Assurance de qualité et radioprotection en médecine nucléaire, Décembre 2003, CSH n°7221
- [7] Electrabel, Bescherming van personen tegen de risico's van ioniserende straling (Protection des personnes contre le risque de rayonnements ionisants), Ref 10000000244/000/SAF.462, 2009
- [8] SCK-CEN, Règlement de chantier, Ref. IDPBW.0603.N, Décembre 2007

Espagne

- [9] Regulation on Sanitary Protection against Ionising Radiations Published in the Spanish Official State Gazette number 178, of the 26th of July 2001 - Royal Decree 738/2001, of the 6th of July, which approves the Regulation on Sanitary Protection against Ionising Radiation.
- [10] Guía de Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafia industrial, Guía 5.14, Madrid, 8 de octubre de 1998, CSN.
- [11] Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), Manual general de protección radiológica, versión final 16 septiembre 2002
- [12] Practical implementation of the 96/29 Euratom Directive to the Radiation Protection programs of Spanish Nuclear Power Plants, By O. Guzmán, T. Labarta, J.J. Montesinos, M^a L. Rosales, M^a J. Muñoz, I. Amor / CSN / Spain
- [13] Manual de protección radiológica Hospital Universitario Ramon y Caja, Hospital universitario principe de asturias, Instituto madrileño , de la salud – madrid, 30 octubre 2002
- [14] UNESA, Armonización de la señalización de riesgos radiológicos en las centrales nucleares españolas, UNESA CEN-32 – Novembre 2009.
- [15] Centrales nucleares Almaraz – Trillo, Manual de protección radiológica, DAL-06 – 2009
- [16] Centrales nucleares Almaraz – Trillo, Clasificación, señalización y delimitación de zonas y equipos radioactivos et conaminados - PS-CR-02.05 – 2009

Etats-Unis

- [17] U.S. Nuclear Regulatory Commission Regulations : Title 10, Code of Federal Regulations – Part 20 : Standards for protection against radiation.
- [18] New-York State Sanitary Code, Part 16 Licensing radioactive materials, April 18, 2001.
- [19] U.S. Nuclear Regulatory Commission Regulations : Regulatory Guide 8.38 : Control of access to high and very high radiation areas in nuclear power Plants.
- [20] EXELON, Radiological posting, labelling, and marking standard – RP-AA-376 – Revision 6
- [21] EXELON, RP-AA-376-1001, Rev 006, RADIOLOGICAL POSTING, LABELING AND MARKING STANDARD
- [22] AEP, High, Locked High, and Very High Radiation area access – PMP-6010-RPP-003; Rev 20

Finlande

- [23] Radiation Act 27.3.1991 Amendments up to and including 624/2011.
- [24] Guide ST 1.3 Warning signs for radiation sources 16 May 2006
- [25] Guide YVL 7.9 Radiation protection of workers at nuclear facilities 21 January 2002
- [26] Guide ST 1.6 Operational radiation safety 10 December 2009
- [27] Guide ST 2.2 Radiation safety of radiotherapy equipment and treatment rooms 2 February 2001
- [28] Guide ST 3.2 Mammography equipment and their use 17 August 2001
- [29] Guide ST 3.6 Radiation safety in X-ray facilities 24 September 2001
- [30] Guide ST 5.1 Radiation safety of sealed sources and devices containing them 7 November 2007
- [31] Guide ST 5.6 Radiation safety in industrial radiography 17 February 1999
- [32] Guide ST 6.1 Radiation safety when using unsealed sources 17 March 2008
- [33] FORTUM, tilojen luokittelu ja säteily olosuhteiden seuranta, (classification des zones), ref S-03-00004/M2, 2008.

Royaume-Uni

- [34] The Ionising Radiations Regulations 1999 (IRR99), Statutory Instrument 1999 No. 3232
- [35] Health and Safety Executive, Work with Ionising Radiation - Ionising Radiations Regulations 1999 Approved Code of Practice and Guidance, 2000
- [36] Health and Safety Executive, Safety Assessment Principles for Nuclear Facilities, 2006 Edition - Revision 1
- [37] Health and Safety Executive, Technical Assessment Guide n° 38 – Radiation Protection – 2009 (rev 2011).
- [38] Référentiel Radioprotection de British Energy
 Company Radiological Safety Instruction 2 (CRSI 2): Designation of Controlled and Supervised Areas
 Company Radiological Safety Instruction 9 (CRSI 9): Transport and Movement of Radioactive Substances
 Company Radiological Safety Instruction 10 (CRSI 10): Entry to and Work in Supervised and Controlled Areas
 Company Radiological Safety Instruction 11 (CRSI 11): Radiography and the use of Ionising Radiation for Calibration, Testing and Inspection

Suède

- [39] SSM : The Swedish Radiation Safety Authority's regulations concerning basic provisions for the protection of workers and the general public in practices involving ionising radiation - SSM FS 2008:51.
- [40] SSI : The Swedish Radiation Protection Institute's Regulations on Radiation Protection of Workers Exposed to Ionising Radiation at Nuclear Plants SSI FS 2000:10
- [41] VATTENFALL, Safety Regulations at Ringhals – ref. .1701177/15.0, 03/2011

Suisse

- [42] Assemblée Fédérale de la Confédération Suisse : Loi sur la Radioprotection (LRaP) 814.50 du 22 mars 1991,
- [43] Conseil Fédéral Suisse : Ordonnance sur la Radioprotection (ORaP) 814.501 du 22 juin 1994,
- [44] Département Fédéral de l'Intérieur : Ordonnance sur les accélérateurs (médical) (OrAc) 814.501.513 du 15 décembre 2004,
- [45] Département Fédéral de l'Intérieur : Ordonnance sur l'utilisation de sources radioactives scellées en médecine (OSRM) 814.501.512 du 15 novembre 2001
- [46] Département Fédéral de l'Intérieur : Ordonnance sur les installations radiologiques à usage médical (Ordonnance sur les rayons X) 814.542.1 du 20 janvier 1998
- [47] Département Fédéral de l'Intérieur : Ordonnance concernant la radioprotection applicable aux installations non médicales de production de radiations ionisantes (Ordonnance sur la radioprotection dans l'utilisation d'installations) 814.501.51 du 31 janvier 2001
- [48] Département Fédéral de l'Intérieur : Ordonnance sur l'utilisation des sources radioactives non scellées 814.554 du 21 novembre 1997
- [49] Inspection Fédérale de la Sécurité Nucléaire : Directive pour les installations nucléaires suisses, IFSN-G15/f, Objectifs de radioprotection applicables aux installations nucléaires, Inspection Fédérale de la Sécurité Nucléaire, novembre 2010
- [50] HSK : Richtlinie für den überwachten Bereich der Kernanlagen und des Paul Scherrer Institutes HSK-R-07 juin 1995
- [51] Office Fédéral de Santé Publique : Directive R-06-03 concernant la surveillance dosimétrique dans les hôpitaux, Office Fédéral de Santé Publique, avril 2010
- [52] Crouail P. Domisse P., Drouet F., Hauser E., Organization of Radiation Protection at the Beznau Nuclear Power Plant in Switzerland, CEPN Nte 06/23, Octobre 2006.

ANNEXE 2 – CRITERES DE CLASSIFICATION DES ZONES (TOUS SECTEURS)

	Zone contrôlée	Zone surveillée
Belgique	Dépassement de 3/10° des limites de dose annuelles des travailleurs. A l'intérieur de la zone contrôlée, signalisation « zone radiation ionisante », « zone intensité de radiation élevée » ou « zone intensité de radiation très élevée » en fonction du débit de dose horaire (respectivement, 20 µSv/h, 0,2 mSv/h et 1 mSv/h).	Dépassement de l'une des limites de dose annuelle pour le public.
Espagne	Dépassement de 3/10° des limites de dose annuelles des travailleurs. A l'intérieur de la zone contrôlée, définition de zones de séjour « limité » (jaune), « réglementé » (verte) ou zone « d'accès interdit » (rouge) en fonction du risque de dépassement des limites annuelles respectivement sur une année, sur une plus courte période ou en une seule exposition.	Dose efficace > 1 mSv. Dose équivalente > 1/10° des limites de dose annuelles des travailleurs.
Etats-Unis	Trois types de zone : « zone de rayonnement » ou « zone de rayonnement élevé » suivant un critère de dose équivalente reçue en 1 heure à 30 cm et « zone de rayonnement très élevé » suivant un critère de dose absorbée reçue en 1 heure à 1 mètre de la source. « Zone de radioactivité dans l'air » si dépassement de 0,6% de la LAI ou de 12 LDCA-h en 1 semaine sans protections.	Pas de zone surveillée
Finlande	Dépassement de 3/10° des limites de dose annuelles des travailleurs.	Dose efficace > 1 mSv. Dose équivalente > 1/10° des limites de dose annuelles des travailleurs.
Royaume - Uni	Dépassement de 3/10° des limites de dose annuelles des travailleurs. Débit de dose externe > 7,5 µSv/h en moyenne sur une journée de travail. Exposition des mains : débit de dose moyen > 75 µSv/h moyenné sur 8 heures.	Dose efficace > 1 mSv. Dose équivalente > 1/10° des limites de dose annuelles des travailleurs.
Suède	Dépassement de 3/10° des limites de dose annuelles des travailleurs	Pas de critères quantitatifs pour sa délimitation.
Suisse	Dose efficace > 1 mSv Contamination atmosphérique > 1/20° de la limite pour chaque radionucléide présent Contamination surfacique > limite du radionucléide pour chaque radionucléide présent	Pas de zone surveillée

ANNEXE 3 – CRITERES DE CLASSEMENT DES ZONES CONTROLEES (INDUSTRIE NUCLEAIRE)

Belgique (centrale nucléaire de Doel)	<u>Zone blanche</u> : $d < 3 \mu\text{Sv/h}$ <u>Zone jaune</u> : $3 \mu\text{Sv/h} \leq d < 20 \mu\text{Sv/h}$. <u>Zone orange</u> : $0,02 \text{ mSv/h} \leq d < 0,2 \text{ mSv/h}$. <u>Zone violette</u> : $0,2 \text{ mSv/h} \leq d < 1 \text{ mSv/h}$. <u>Zone rouge</u> : $d \geq 1 \text{ mSv/h}$.	<u>Zone Contaminée</u> <u>Zone verte</u> : CS en $\beta / \gamma < 0,4 \text{ Bq/cm}^2$ <u>Zone jaune</u> : $0,4 \text{ Bq/cm}^2 \leq \text{CS en } \beta / \gamma < 400 \text{ Bq/cm}^2$ Trois sous-zones dans la zone jaune: 0,4 – 4 Bq/cm ² en β / γ 4 – 40 Bq/cm ² en β / γ 40 – 400 Bq/cm ² en β / γ <u>Zone rouge</u> : CS en $\beta / \gamma \geq 400 \text{ Bq/cm}^2$
Espagne (centrale nucléaire de Almaraz)	<u>Zone contrôlée verte</u> : - $3 \mu\text{Sv/h} \leq d < 25 \mu\text{Sv/h}$, et - CS en $\beta/\gamma < 4 \text{ Bq/cm}^2$ en moy. sur 300 cm^2 - CS en $\alpha < 0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en moy. sur 300 cm^2 , et - CA < 0,1 LDCA <u>Zone de séjour limité jaune</u> : - $25 \mu\text{Sv/h} \leq d < 1 \text{ mSv/h}$, et - CS en $\beta/\gamma < 40 \text{ Bq/cm}^2$ en moy. sur 300 cm^2 - CS en $\alpha < 4 \text{ Bq/cm}^2$ en moy. sur 300 cm^2 et - CA < 1 LDCA	<u>Zone de séjour réglementé orange</u> : - $1 \text{ mSv/h} \leq d < 100 \text{ mSv/h}$, et - CS en $\beta/\gamma < 400 \text{ Bq/cm}^2$ en moy. sur 300 cm^2 - CS en $\alpha < 40 \text{ Bq/cm}^2$ en moy. sur 300 cm^2 et - CA < 10 LDCA <u>Zone d'accès interdit rouge</u> : - $d > 100 \text{ mSv/h}$, ou - CS en $\beta/\gamma > 400 \text{ Bq/cm}^2$ en moy. sur 300 cm^2 - CS en $\alpha > 40 \text{ Bq/cm}^2$ en moy. sur 300 cm^2 , ou - CA > 10 LDCA
Etats-Unis Centrale nucléaire de Cook	<u>Zone de rayonnements</u> $45 \mu\text{Sv/h} \text{ à } 30 \text{ cm} \leq d < 0,9 \text{ mSv/h} \text{ à } 30 \text{ cm}$. <u>Zone de rayonnement élevé</u> $0,9 \text{ mSv/h} \text{ à } 30 \text{ cm} \leq d < 9 \text{ mSv/h} \text{ à } 30 \text{ cm}$. <u>Zone de rayonnement élevé fermée</u> $9 \text{ mSv/h} \text{ à } 30 \text{ cm} \leq d < 5 \text{ Gy/h} \text{ à } 1 \text{ mètre}$. <u>Zone de rayonnement très élevé fermée</u> $d \geq 5 \text{ Gy/h} \text{ à } 1 \text{ mètre}$. <u>Zone d'exposition aux neutrons</u> $d_{\text{neutron}} \geq 20 \text{ mSv/h}$.	<u>Zone de contamination</u> - $16,7 \text{ Bq/100 cm}^2 \leq \text{CS en } \beta/\gamma < 1,6 \text{ kBq/100 cm}^2$, ou - CS en $\alpha \geq 0,3 \text{ Bq/100 cm}^2$ <u>Zone de contamination élevée</u> - CS en $\beta / \gamma \geq 1,6 \text{ kBq/100 cm}^2$ <u>Zone de radioactivité dans l'air</u> - $\sum \text{ particules, iode et tritium} \geq 0,3 \text{ LDCA}$, ou - $\sum \text{ particules, iode, tritium et gaz noble} \geq 1,0 \text{ LDCA}$.

d : débit de dose

CS : Contamination Surfaccique

CA : Contamination atmosphérique

Finlande (centrale nucléaire de Loviisa)	<u>Zone verte</u> - $d \leq 25 \mu\text{Sv/h}$, ou - CS en $\beta/\gamma \leq 4 \text{ Bq/cm}^2$ - CS en $\alpha \leq 0,4 \text{ Bq/cm}^2$, ou - $CA \leq 0,3 \text{ LDCA}$ <u>Zone rouge</u> - $d \geq 1 \text{ mSv/h}$, ou - CS en $\beta/\gamma \geq 40 \text{ Bq/cm}^2$ - CS en $\alpha \geq 4 \text{ Bq/cm}^2$ - $CA \geq 30 \text{ LDCA}$	<u>Zone orange</u> - $25 \mu\text{Sv/h} < d < 1 \text{ mSv/h}$, ou - $4 \text{ Bq/cm}^2 < \text{CS en } \beta/\gamma < 40 \text{ Bq/cm}^2$ - $0,4 \text{ Bq/cm}^2 < \text{CS en } \alpha < 4 \text{ Bq/cm}^2$ - $0,3 \text{ LDCA} < CA < 30 \text{ LDCA}$
Royaume – Uni (centrale nucléaire de Sizewell B)	<u>Zone R2</u> $3 \mu\text{Sv/h} < d < 50 \mu\text{Sv/h}$ <u>Zone R3</u> $50 \mu\text{Sv/h} < d < 500 \mu\text{Sv/h}$ <u>Zone R4</u> $d > 500 \mu\text{Sv/h}$	<u>Zone contrôlée C2 pour la contamination surfacique</u> - CS $> 4 \text{ Bq/cm}^2$ en β/γ - CS $> 0,4 \text{ Bq/cm}^2$ en α - <i>D'autres valeurs existent pour des radionucléides spécifiques</i> <hr/> <u>Zone contrôlée C3 pour la contamination atmosphérique</u> - CA $> 10 \text{ Bq/m}^3$ en β/γ - CA $> 0,01 \text{ Bq/m}^3$ en α - <i>D'autres valeurs existent pour des radionucléides spécifiques</i>
Suède (centrale nucléaire de Ringhals)	<u>Zone bleue</u> $d < 25 \mu\text{Sv/h}$ <u>Zone jaune</u> $25 \mu\text{Sv/h} < d < 1 \text{ mSv/h}$ <u>Zone rouge</u> $d > 1 \text{ mSv/h}$	<u>Zone contrôlée pour la contamination surfacique</u> <u>Zone bleue</u> - CS $< 40 \text{ kBq/m}^2$ en β/γ - CS $< 4 \text{ kBq/m}^2$ en α <u>Zone jaune</u> - $40 \text{ kBq/m}^2 < \text{CS en } \beta/\gamma < 1000 \text{ kBq/m}^2$ - $4 \text{ kBq/m}^2 < \text{CS en } \alpha < 100 \text{ kBq/m}^2$ <u>Zone rouge</u> - CS en $\beta/\gamma > 1000 \text{ kBq/m}^2$ - CS en $\alpha > 100 \text{ kBq/m}^2$ <hr/> <u>Zone contrôlée contamination atmosphérique</u> <u>Zone bleue</u> : CA $< 1 \text{ LDCA}$ <u>Zone jaune</u> : $1 < CA < 10 \text{ LDCA}$ <u>Zone rouge</u> : CA $> 10 \text{ LDCA}$

d : débit de dose

CS : Contamination Surfacique

CA : Contamination atmosphérique

Suisse (centrale nucléaire de Beznau)	<u>Secteur V</u> : $d < 0,01$ mSv/h <u>Secteur W</u> : $0,01$ mSv/h $< d < 0,1$ mSv/h <u>Secteur X</u> : $0,1$ mSv/h $< d < 1$ mSv/h <u>Secteur Y</u> : 1 mSv/h $< d < 10$ mSv/h <u>Secteur Z</u> : $d > 10$ mSv/h	<u>Zone contrôlée pour la contamination surfacique pour chaque radionucléide</u> <u>Zone I jaune avec faible probabilité de contamination</u> - CS < 1 valeur limite <u>Zone II jaune</u> 1 valeur limite $< CS < 10$ valeur limite <u>Zone III rouge</u> 10 valeur limite $< CS < 100$ valeur limite <u>Zone IV rouge</u> - CS > 100 valeur limite
		<u>Zone contrôlée pour la contamination atmosphérique pour chaque radionucléide</u> <u>Zone I jaune avec faible probabilité de contamination</u> - CA $< 0,1$ valeur limite <u>Zone II jaune</u> - CA $< 0,1$ valeur limite <u>Zone III rouge</u> 0,1 valeur limite $< CA < 10$ valeur limite <u>Zone IV rouge</u> CA > 10 valeur limite

d : débit de dose

CS : Contamination Surfacique

CA : Contamination atmosphérique

ANNEXE 4 – CRITERES POUR LE BALISAGE DE LA ZONE CONTROLEE POUR LA RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE EN ESPACE OUVERT

	Critères
Finlande	<p><u>Réglementation</u> :</p> <p>Limite de zone contrôlée : 60 $\mu\text{Sv/h}$ (pendant la durée du contrôle) Limite de zone surveillée : 7,5 $\mu\text{Sv/h}$ (pendant la durée du contrôle)</p> <p><u>Pratique</u> :</p> <p>Le débit de dose considéré pour la zone contrôlée est le débit de dose instantané, quand la source est éjectée, en position de contrôle</p>
Royaume - Uni	<p><u>Réglementation</u> :</p> <p>Limite de zone contrôlée : 7,5 $\mu\text{Sv/h}$ (en moyenne sur 8 heures de travail)</p> <p><u>Pratique</u> :</p> <p>Le débit de dose est moyenné sur 1 minute, la source étant dans le collimateur ou à sa position requise pour l'examen ; il est considéré que la phase d'éjection de la source est si courte qu'elle ne générerait de toute façon qu'une dose minime en limite de ZC)</p>
Suisse	<p><u>Réglementation</u> :</p> <p>Limite de zone contrôlée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 0,02 mSv par semaine dans les locaux situés hors zone contrôlée, où peuvent séjourner durablement des personnes non exposées professionnellement - 0,1 mSv par semaine situés hors zone contrôlée, qui ne sont pas prévus pour un séjour durable <p><u>Pratique</u> :</p> <p>Pour vérifier le respect de ces critères, on doit tenir compte de la fréquence et la durée d'utilisation réelles de la machine, et du débit de dose maximum pendant le tir (source éjectée, en position de contrôle).</p>