L'organisme de réglementation
nucléaire du Canada

Les substances nucléaires au Canada : Rapport sur le rendement en matière de sûreté pour 2011

Mars 2013

Commission canadienne de sûreté nucléaire
Canadian Nuclear Safety Commission

Canada

Les substances nucléaires au Canada : Rapport sur le rendement en matière de sûreté pour 2011

© Ministre de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada 2013
Numéro de catalogue de Travaux publics et Services gouvernementaux Canada CC171-12/2011F-PDF
Numéro ISSN : 1927-1875

Publié par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN)

La reproduction d'extraits du présent document à des fins personnelles est autorisée à condition d'en citer la source en entier. Toutefois, sa reproduction en tout ou en partie à des fins commerciales ou de redistribution nécessite une autorisation écrite préalable de la Commission canadienne de sûreté nucléaire.

This document is also published in English under the title: Nuclear Substances in Canada: A Safety Performance Report for 2011

Disponibilité du document
Les personnes intéressées peuvent consulter le document sur le site Web de la CCSN à suretenucleaire.gc.ca ou en commander des exemplaires, en français ou en anglais, en communiquant avec la :

Commission canadienne de sûreté nucléaire
280, rue Slater
C. P. 1046, Succursale B
Ottawa (Ontario) K1P 5S9
CANADA

Téléphone : (613) 995-5894 ou 1-800-668-5284 (Canada seulement)
Télécopieur : (613) 995-5086
Courriel : info@cnsc-ccsn.gc.ca
Site Web : suretenucleaire.gc.ca

TABLE DES MATIÈRES

1.0 RÉSUMÉ 1
1.1 Doses aux travailleurs 2
1.2 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation 3
1.3 Résultats d'inspection de la radioprotection 4
1.4 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées 5
1.5 Événements et incidents signalés 6
1.6 Mesures d'application – Ordres 7
2.0 OBJET 8
3.0 PORTÉE 8
4.0 INTRODUCTION 8
5.0 MESURE DU RENDEMENT EN MATIÈRE DE SÛRETÉ 10
5.1 Sélection des critères de rendement 10
5.2 Cotes de conformité 11
5.2.1 Doses aux travailleurs 12
5.2.2 Conduite de l'exploitation 12
5.2.3 Radioprotection 13
5.2.4 Suivi des sources scellées 13
5.2.5 Événements et incidents signalés 13
5.3 Échelle de conformité 14
6.0 RENDEMENT EN MATIÈRE DE SÛRETÉ DES TITULAIRES DE PERMIS 16
6.1 Secteur médical 16
6.1.1 Description 16
6.1.2 Doses aux travailleurs 17
6.1.3 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation 22
6.1.4 Résultats d'inspection de la radioprotection 23
6.1.5 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées 24
6.1.6 Événements et incidents signalés 25
6.1.7 Mesures d'application – Ordres et mesures à prendre par les titulaires de permis 27
6.1.8 Sous-secteurs du secteur médical 27
6.1.9 Secteur médical – Résumé 34
6.2 Secteur industriel 35
6.2.1 Description 35
6.2.2 Doses aux travailleurs 35
6.2.3 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation 39
6.2.4 Résultats d'inspection de la radioprotection 40
6.2.5 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées 41
6.2.6 Événements et incidents signalés 42
6.2.7 Mesures d'application 45
6.2.8 Sous-secteurs industriels 50
6.2.9 Secteur industriel – Résumé 59
6.3 Secteur universitaire et de recherche 59
6.3.1 Description 59
6.3.2 Dose aux travailleurs 60

6.3.3 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation ... 65
6.3.4 Résultats d'inspection de la radioprotection ... 65
6.3.5 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées ... 66
6.3.6 Événements et incidents signalés ... 67
6.3.7 Mesures d'application – Ordres et mesures à prendre par les titulaires de permis ... 68
6.3.8 Sous-secteurs du secteur universitaire et de recherche ... 69
6.3.9 Secteur universitaire et de recherche – Résumé ... 75
6.4 Secteur commercial ... 75
6.4.1 Description ... 75
6.4.2 Dose aux travailleurs ... 75
6.4.3 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation ... 79
6.4.4 Résultats d'inspection de la radioprotection ... 79
6.4.5 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées ... 80
6.4.6 Événements et incidents signalés ... 81
6.4.7 Mesures d'application – Ordres et mesures à prendre par les titulaires de permis ... 83
6.4.8 Sous-secteurs du secteur commercial ... 83
6.4.9 Secteur commercial – Résumé ... 85
7.0 CONCLUSION ... 85
GLOSSAIRE ... 87
ANNEXE A – PROCESSUS DE RÉGLEMENTATION DES SUBSTANCES NUCLÉAIRES ... 91
ANNEXE B – DÉFINITIONS DES DOMAINES DE SÛRETÉ ET DE RÉGLEMENTATION ... 95
ANNEXE C – DONNÉES REGROUPÉES : COMPARAISON ENTRE LES SECTEURS ... 99
C.1 Nombre de permis par secteur ... 99
C.2 Doses aux travailleurs ... 100
C.2.1 Doses annuelles au corps entier pour les travailleurs en 2011 ... 100
C.2.2 Doses annuelles au corps entier pour les travailleurs en 2010 ... 100
C.2.3 Doses annuelles au corps entier pour les travailleurs en 2009 ... 101
C.2.4 Doses annuelles au corps entier pour les travailleurs en 2008 ... 101
C.3 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation ... 102
C.3.1 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation en 2011 ... 102
C.3.2 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation en 2010 ... 102
C.3.3 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation en 2009 ... 102
C.3.4 Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation en 2008 ... 103
C.4 Résultats d'inspection de la radioprotection ... 104
C.4.1 Résultats d'inspection de la radioprotection en 2011 ... 104
C.4.2 Résultats d'inspection de la radioprotection en 2010 ... 104
C.4.3 Résultats d'inspection de la radioprotection en 2009 ... 104
C.4.4 Résultats d'inspection de la radioprotection en 2008 ... 105
C.5 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées ... 106
C.5.1 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées en 2011 ... 106
C.5.2 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées en 2010 ... 106
C.5.3 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées en 2009 ... 106
C.5.4 Résultats d'inspection du suivi des sources scellées en 2008 ... 107
C.6 Événements et incidents signalés ... 108
C.6.1 Événements et incidents signalés en 2011 ... 108
C.6.2 Événements et incidents signalés en 2010 ... 108
C.6.3 Événements et incidents signalés en 2009 ... 108

C.6.4 Événements et incidents signalés en 2008 109
C.7 Mesures d'application 110
C.7.1 Ordres 110
C.7.2 Retrait de l'accréditation à des opérateurs d'appareil d'exposition 110
ANNEXE D – ABRÉVIATIONS 111

LES SUBSTANCES NUCLÉAIRES AU CANADA : RAPPORT SUR LE RENDEMENT EN MATIÈRE DE SÛRETÉ POUR 2011

1.0 RÉSUMÉ

Le présent rapport a pour but de donner des détails sur le rendement en matière de sûreté des secteurs nucléaires réglementés par la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) en ce qui touche l'utilisation de substances nucléaires dans des applications médicales, industrielles et commerciales, ainsi que dans le milieu de l'enseignement universitaire et de la recherche pour l'année civile 2011.

Une utilisation sécuritaire des substances nucléaires exige non seulement de se conformer à la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, aux règlements de la CCSN et aux conditions de permis, mais également de limiter les conséquences des incidents et les doses de rayonnement reçues par les travailleurs. Le rendement des titulaires de permis est mesuré en fonction de la conformité aux règlements, des incidents signalés et des doses reçues par les travailleurs. Le rapport contient des informations sur 2 550 titulaires de permis de la CCSN, faisant partie des quatre secteurs réglementés suivants :

Secteur médical
Dans le secteur médical, on utilise les substances nucléaires et l'énergie nucléaire à des fins diagnostiques et thérapeutiques. Au 31 décembre 2011, ce secteur comptait 568 permis délivrés par la CCSN. Les activités autorisées peuvent être réparties en deux catégories : la médecine nucléaire et la radiothérapie.

Secteur industriel
Dans le secteur industriel, on utilise les substances nucléaires dans le génie civil et pour fournir des services comme la gammagraphie industrielle et la diagraphie des puits de pétrole. C'est le plus important des secteurs considérés, comptant 1 456 permis au 31 décembre 2011.

Secteur universitaire et de recherche
Les activités autorisées qui s'inscrivent dans le secteur universitaire et de recherche consistent principalement en recherches biologiques et biomédicales utilisant des radio-isotopes en sources non scellées, des accélérateurs de particules à des fins de recherche et des irradiateurs de recherche. Au 31 décembre 2011, ce secteur comptait 276 permis.

Secteur commercial
Le secteur commercial se concentre principalement sur la production et la vente de substances nucléaires et sur l'entretien par un tiers des appareils à rayonnement et de l'équipement réglementé. Au 31 décembre 2011, ce secteur comptait 250 permis.

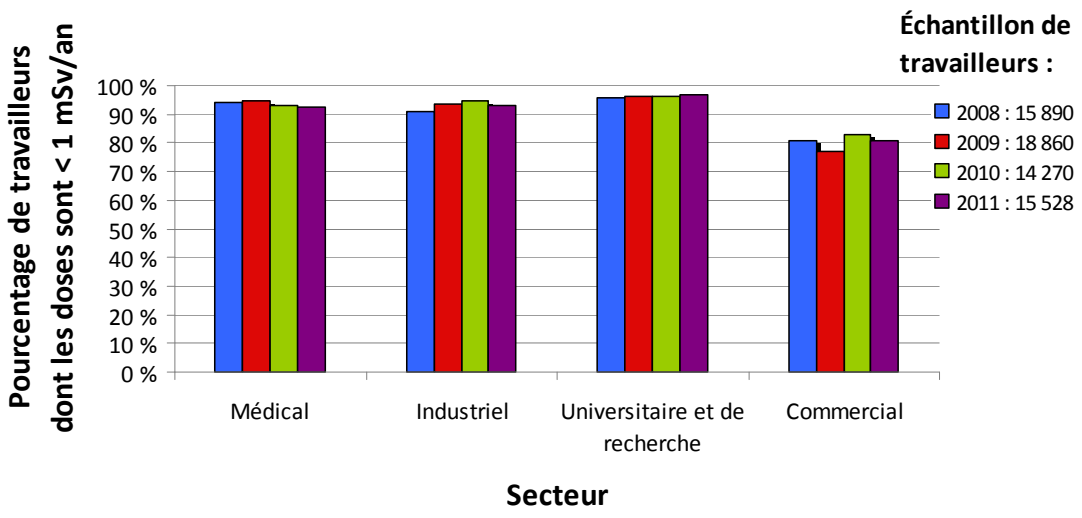
Le rendement en matière de sûreté des titulaires de permis de la CCSN est mesuré en fonction des critères suivants :

- doses aux travailleurs;
- résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation;
- résultats d'inspection de la radioprotection;
- résultats d'inspection du suivi des sources scellées;
- événements et incidents signalés;
- mesures d'application (ordres).

Les figures 1 à 6 comparent le rendement des quatre secteurs pour chacun de ces critères, dans l'ordre indiqué.

1.1 DOSES AUX TRAVAILLEURS

Figure 1 : Comparaison entre les secteurs – Pourcentage de « travailleurs du secteur nucléaire » et des « autres travailleurs » qui ont reçu des doses au corps entier inférieures à 1 mSv/an



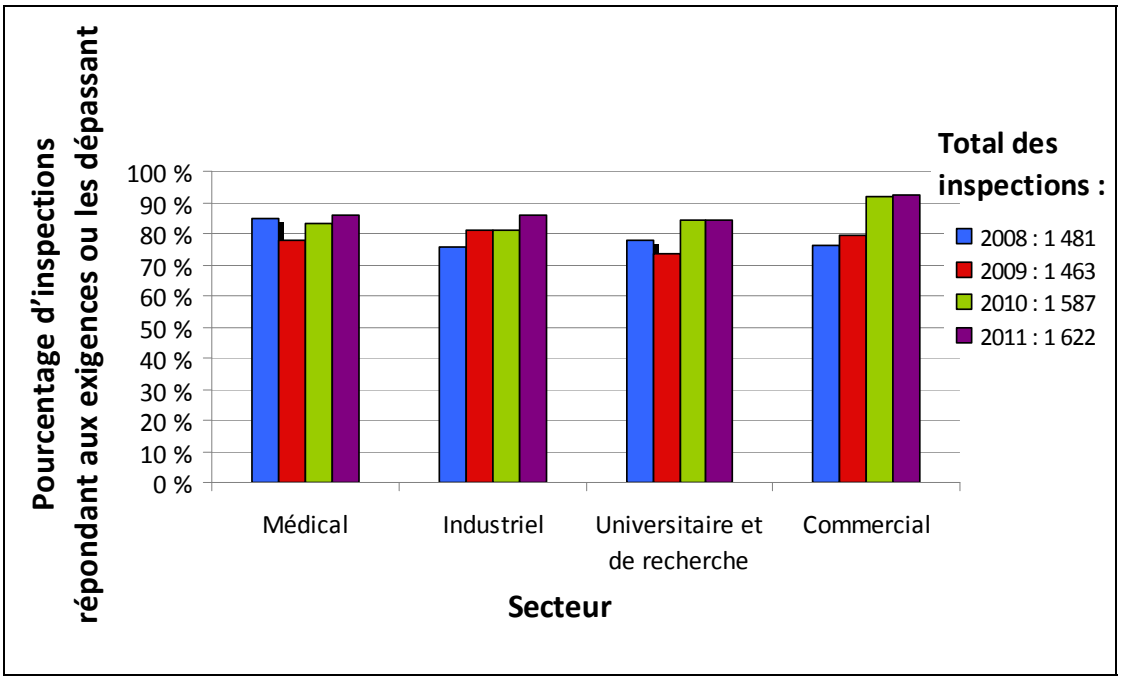
La limite réglementaire pour les « travailleurs du secteur nucléaire » de 50 mSv/an n'a pas été dépassée.

La figure 1 indique le pourcentage de travailleurs échantillonnés (« travailleurs du secteur nucléaire » et « autres travailleurs ») ayant reçu des doses inférieures à 0,1 mSv/an (ce qui correspond à la limite réglementaire fixée pour la population) entre 2008 et 2011. Les doses reçues par ces travailleurs en 2011 sont restées relativement stables par rapport aux doses reçues en 2010.

Même si cela n'apparaît pas dans la figure 1, les « travailleurs du secteur nucléaire » œuvrant dans les quatre secteurs visés par le rapport ont reçu des doses bien inférieures à la limite réglementaire de 50 mSv/an. Les « travailleurs du secteur nucléaire » font également l'objet d'une limite réglementaire de 100 mSv sur cinq ans. Toutefois, comme la période visée par le présent rapport a débuté le 1er janvier 2011, il ne sera pas possible de signaler les surexpositions éventuelles sur une période de cinq ans avant le 31 décembre 2015.

1.2 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION

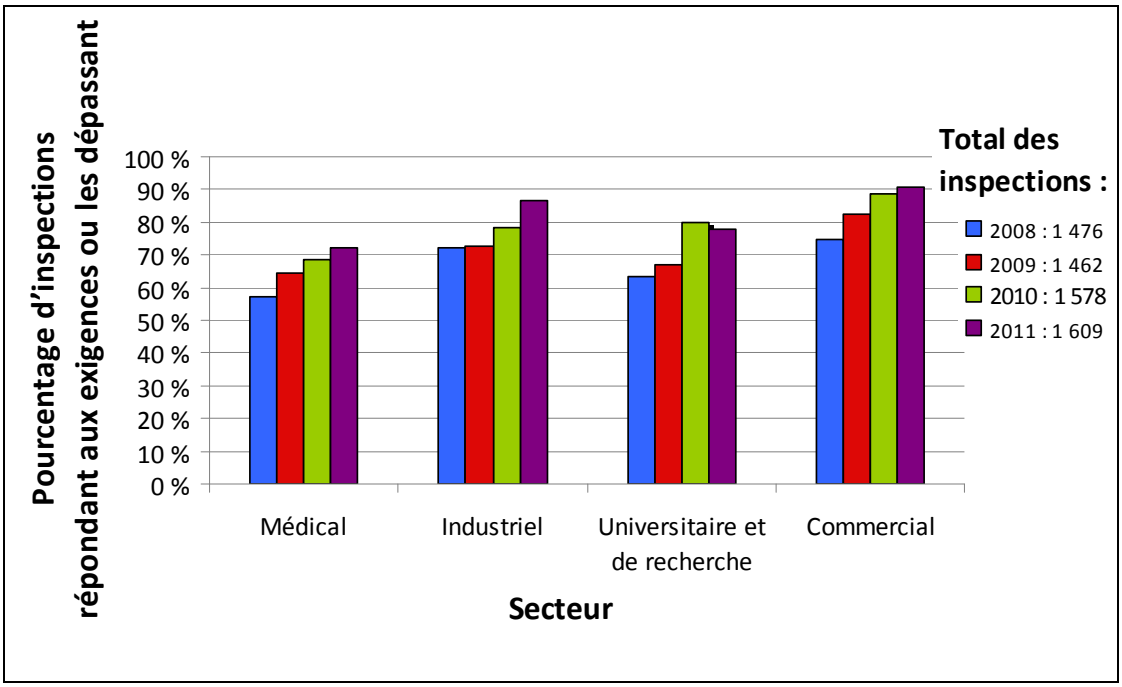
Figure 2 : Comparaison entre les secteurs – Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation



Comme le montre la figure 2, en 2011, les titulaires de permis de tous les secteurs ont fait preuve d'une meilleure conformité en matière de conduite de l'exploitation par comparaison aux trois années précédentes. Le secteur commercial a connu l'amélioration la plus importante au cours de la période de quatre ans visée par le rapport, faisant passer le nombre d'inspections cotées « entièrement satisfaisant » ou « satisfaisant » de 76 % en 2008 à 93 % en 2011, ce qui en fait le secteur ayant obtenu les meilleurs résultats d'inspection dans le domaine de la conduite de l'exploitation au cours des deux dernières années. Au total, 1 622 inspections comprenant un examen de la conduite de l'exploitation des titulaires de permis ont été menées en 2011. En général, les tendances rattachées à ce domaine de sûreté sont favorables.

1.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION

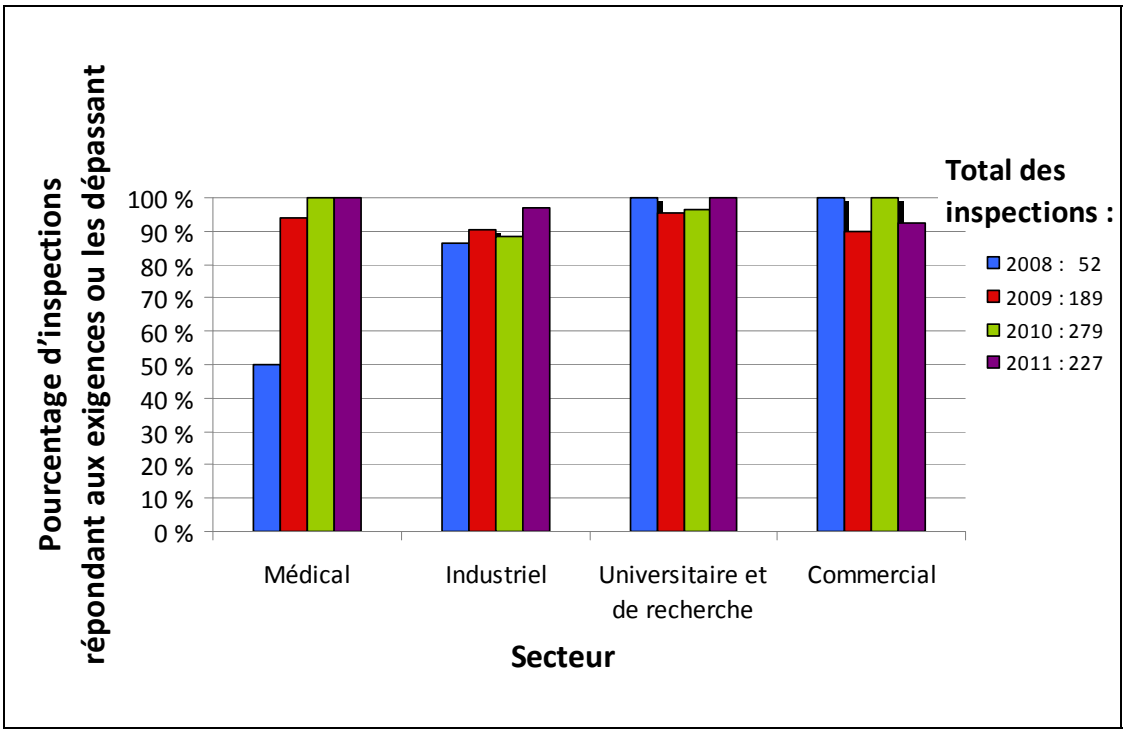
Figure 3 : Comparaison entre les secteurs – Résultats d'inspection de la radioprotection



La figure 3 montre qu'au cours de la période de quatre ans visée par le rapport, la plupart des secteurs ont amélioré leurs taux de conformité dans le domaine de la radioprotection. Le secteur universitaire et de recherche faisait exception, avec des résultats relativement stables par rapport à l'année précédente. L'augmentation la plus notable a été observée dans le secteur industriel : alors qu'en 2010, 78 % des titulaires de permis inspectés se conformaient aux exigences, ce nombre est passé à 87 % en 2011. Bien que les résultats d'inspection de la radioprotection du secteur médical se soient encore améliorés au cours de la période visée en atteignant un taux de conformité général de 72 % en 2011, ils se situent toujours derrière les autres secteurs. En 2011, la CCSN a mené 1 609 inspections en matière de radioprotection. Les tendances rattachées à ce domaine de sûreté étaient en général favorables entre 2008 et 2011.

1.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES

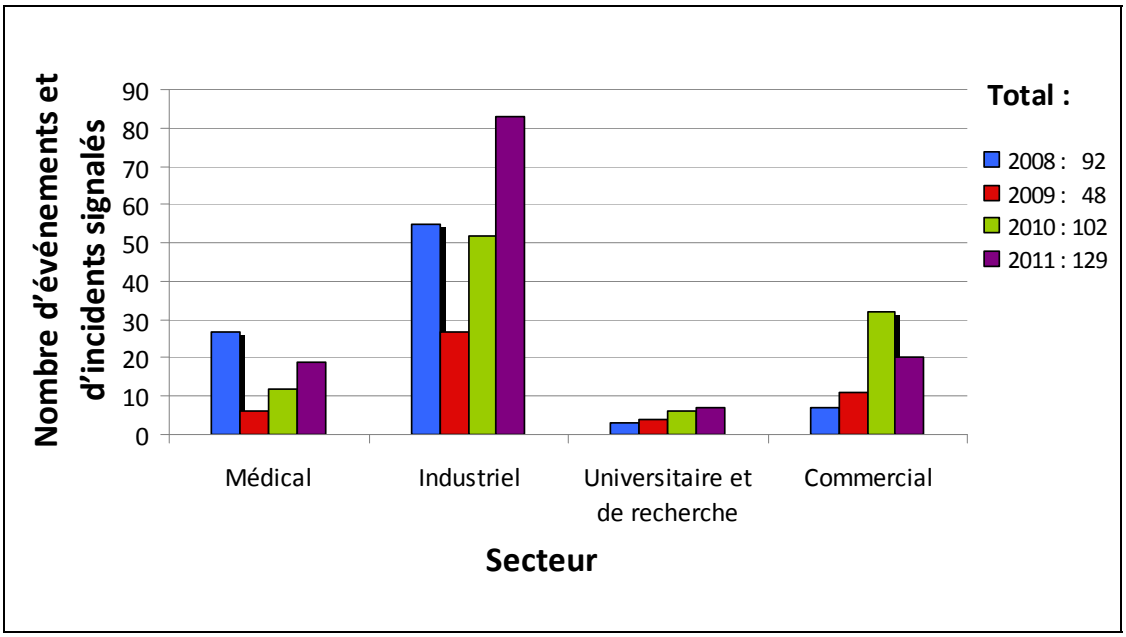
Figure 4 : Comparaison entre les secteurs – Résultats d'inspection du suivi des sources scellées



Tous les secteurs présentés à la figure 4 ont affiché de solides taux de conformité aux exigences réglementaires en matière de suivi des sources scellées à risque élevé.
Le nombre d'inspections menées dans ce domaine de sûreté est moindre, car seuls les titulaires de permis possédant ou contrôlant des sources scellées à risque élevé sont tenus d'assurer le suivi de celles-ci. Ces titulaires de permis doivent signaler le mouvement des sources scellées à la CCSN selon le délai fixé par leur permis. Les taux de conformité correspondaient généralement à ceux des années précédentes.

1.5 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS

Figure 5 : Comparaison entre les secteurs – Événements et incidents signalés



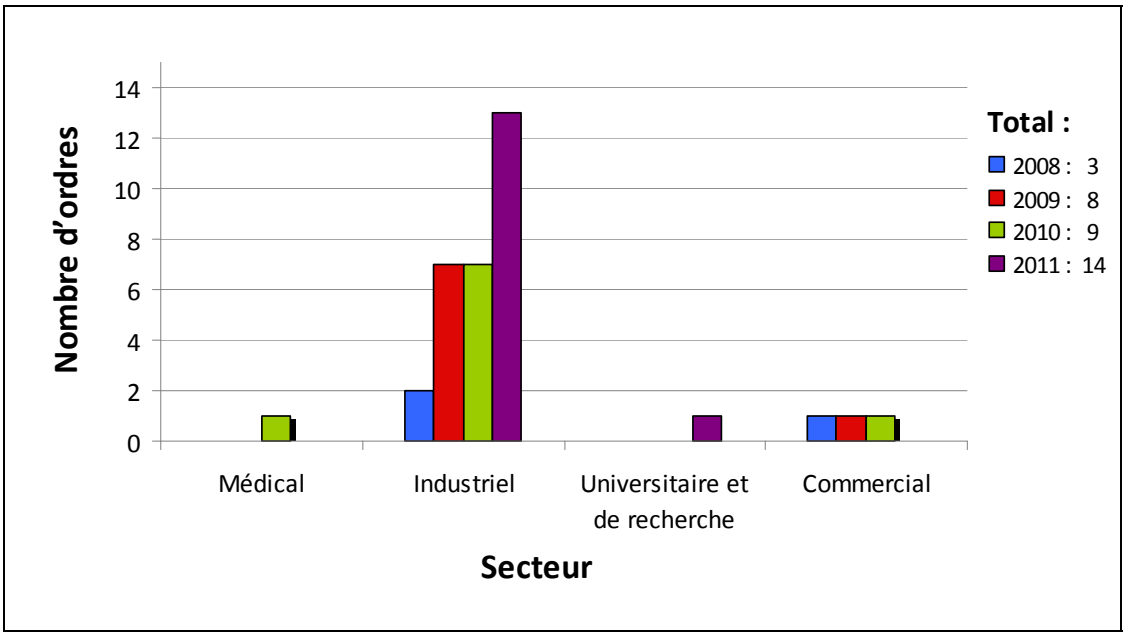
Le nombre d'événements et d'incidents signalés a augmenté en 2011 comparativement aux années précédentes. La figure 5 montre que cette augmentation est plus notable dans le secteur industriel, principalement en raison d'une augmentation du nombre d'incidents mettant en cause des jauges nucléaires portatives (ci-après « jauges portatives »).
Le secteur commercial fait exception dans la mesure où il a affiché une diminution du nombre d'événements et d'incidents signalés en 2011, par comparaison avec 2010.
En fait, le nombre de déversements et de cas de contamination signalés dans ce secteur a diminué de 68 %, très probablement en raison des mesures préventives mises en œuvre par les titulaires de permis. Les données futures démontreront s'il s'agit d'une tendance à long terme.

En 2011, on a signalé 17 cas de perte de substances nucléaires dans l'ensemble des secteurs. Six cas concernaient des substances nucléaires trouvées à différents endroits, dont des installations de recyclage du métal, au moyen de portiques de détection. Quatre cas concernaient des substances nucléaires qui ont été récupérées peu de temps après avoir été perdues ou volées. Sept autres cas font l'objet d'une enquête menée par les titulaires de permis et concernent des sources à risque faible ou très faible. Bien que la plupart des événements aient été résolus de manière satisfaisante, la CCSN continue d'imposer la pleine conformité aux exigences de sûreté et de sécurité liées aux substances nucléaires, indépendamment du niveau de risque.

Aucun événement ou incident signalé à la CCSN en 2011 ne s'est soldé par une dose supérieure aux limites réglementaires. Dans tous les cas, les titulaires de permis ont mis en œuvre les mesures appropriées pour en atténuer les conséquences et limiter l'exposition au rayonnement des travailleurs et du public.

1.6 MESURES D'APPLICATION – ORDRES

Figure 6 : Comparaison entre les secteurs – Ordres de la CCSN délivrés aux titulaires de permis



Comme le montre la figure 6, le nombre d'ordres de la CCSN délivrés aux titulaires de permis a augmenté en 2011 comparativement à 2010, partiellement en raison d'une augmentation du nombre d'inspections menées sur le terrain. Sur les 13 ordres délivrés aux titulaires de permis du secteur commercial, six concernaient des jauges portatives, six visaient la gammagraphie industrielle et le dernier concernait la diagraphie des puits de pétrole. Un ordre a été délivré à une université dans le secteur universitaire et de recherche, et aucun ordre n'a été délivré aux titulaires de permis du secteur commercial ou du secteur médical en 2011.

2.0 OBJET

Le présent document a pour objet de faire rapport sur le rendement en matière de sûreté, pour l'année civile 2011, visant les quatre secteurs réglementés par la CCSN suivants :

- médical,
- industriel,
- universitaire et de recherche,
- commercial.

3.0 PORTÉE

Le rapport met l'accent sur l'utilisation de substances nucléaires et d'équipement réglementé dans des applications médicales, industrielles et commerciales, ainsi qu'à des fins universitaires et de recherche. Ce rapport sur le rendement en matière de sûreté couvre l'année civile 2011. Il ne concerne pas les installations nucléaires de catégorie I, comme les centrales nucléaires, les réacteurs nucléaires de recherche, les mines d'uranium et les usines de concentration d'uranium, les installations de déchets, les services de dosimétrie, et les activités d'importation et d'exportation. Cependant, il comprend les accélérateurs de particules à haute énergie, classées comme installations nucléaires de catégorie IB.

4.0 INTRODUCTION

La CCSN a pour mission de réglementer l'utilisation de l'énergie nucléaire, des substances nucléaires et de l'équipement réglementé afin d'assurer la sûreté, de préserver la santé et la sécurité des Canadiens, de protéger l'environnement et de respecter les engagements internationaux du Canada à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire. En vertu de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*[1] (LSRN), le mandat de la CCSN concerne quatre aspects principaux :

- réglementer le développement, la production et l'utilisation de l'énergie nucléaire au Canada afin d'assurer la sûreté, de préserver la santé et la sécurité des personnes et de protéger l'environnement;
- réglementer la production, la possession, l'utilisation et le transport de substances nucléaires, et la production, la possession et l'utilisation d'équipement réglementé et de renseignements réglementés;
- appliquer des mesures visant le contrôle international du développement, de la production, du transport et de l'utilisation de l'énergie nucléaire et des substances nucléaires, y compris les mesures relatives à la non-prolifération des armes nucléaires et des engins explosifs nucléaires;
- informer objectivement le public — sur les plans scientifique et technique ou en ce qui concerne les activités de réglementation de la CCSN — sur les conséquences, pour l'environnement et pour la santé et la sécurité des Canadiens, du développement, de la production, de la possession, du transport et de l'utilisation de substances nucléaires.

[1] Peut être consultée en ligne à l'adresse laws-lois.justice.gc.ca/fra/lois/N-28.3/index.html

Le rapport fournit de l'information et des données objectives que les titulaires de permis peuvent utiliser pour mettre en place leurs propres initiatives visant à améliorer leur rendement en matière de sûreté. On y trouve également des données de 2008, 2009 et 2010 dans le but d'établir des tendances.

Pour obtenir un aperçu complet de la CCSN, les lecteurs sont invités à consulter le *Rapport annuel 2011-2012* de la CCSN.[2]

Les substances nucléaires sont utilisées dans une grande variété d'applications au Canada. De nombreux produits de tous les jours sont fabriqués avec l'aide de substances nucléaires autorisées par la CCSN, et certaines d'entre elles sont contenues dans des appareils à rayonnement. Parmi les usages courants de ces appareils, on trouve les éliminateurs d'électricité statique utilisés dans la fabrication de plastiques pour éliminer le champ électrostatique, les jauges nucléaires fixes (ci-après « jauges fixes ») servant à contrôler les niveaux de fluide des boissons embouteillées en usine, et les jauges portatives utilisées pour mesurer l'humidité et la densité du sol, et l'épaisseur de l'asphalte lors de la construction de nouvelles routes.

Des substances nucléaires se trouvent également dans des dispositifs qui protègent la santé et la sécurité des Canadiens, notamment dans les détecteurs de fumée et les équipements de contrôle de la sécurité. L'utilisation de ces dispositifs ne requiert pas de permis, mais leur fabrication et leur distribution initiale au Canada sont des activités qui exigent un permis de la CCSN.

Les applications médicales utilisant des produits radiopharmaceutiques sont conçues pour cibler et traiter des tissus et des organes particuliers, ou permettre l'acheminement de substances nucléaires à des parties spécifiques du corps. Les produits radiopharmaceutiques sont largement utilisés pour le diagnostic et le traitement de maladies comme le cancer et les cardiopathies (maladies du cœur).

Les domaines universitaires ont recours, par exemple, aux substances nucléaires dans les irradiateurs qui sont utilisés pour irradier les cellules et les échantillons dans les laboratoires de recherche. Les accélérateurs de particules sont utilisés en recherche, dans les domaines de la physique subatomique, des matériaux et de la biomédecine. Ils servent aussi à générer certaines substances nucléaires utilisées dans les installations médicales et de recherche. Les substances nucléaires sont également utilisées dans l'enseignement et dans les laboratoires de recherche pour mener diverses activités telles que l'utilisation d'un chromatographe en phase gazeuse pour analyser des échantillons environnementaux.

Les utilisations commerciales des substances nucléaires relèvent principalement de la production et du traitement d'isotopes médicaux ainsi que de l'entretien des jauges nucléaires et des appareils d'exposition. Les permis d'entretien comprennent souvent l'installation, la réparation et l'entretien non régulier d'appareils à rayonnement ou d'équipement réglementé.

[2] Peut être consulté en ligne à l'adresse http://www.nuclearsafety.gc.ca/fr/readingroom/reports/annual/index.cfm

5.0 MESURE DU RENDEMENT EN MATIÈRE DE SÛRETÉ

5.1 SÉLECTION DES CRITÈRES DE RENDEMENT

Le présent rapport est centré sur les résultats des inspections de conformité effectuées sur les sites pour trois critères clés : la conduite de l'exploitation, la radioprotection et le suivi des sources scellées à risque élevé. La CCSN juge que ces trois critères sont les indicateurs les plus pertinents du rendement en matière de sûreté et les plus représentatifs des secteurs réglementés visés par le rapport. Voici des renseignements sur l'évaluation des résultats d'inspection associés aux trois critères de rendement communs à tous les sous-secteurs :

- **Conduite de l'exploitation :** Ce critère correspond à l'un des domaines de sûreté et de réglementation qui fait partie de la fonction de gestion; il est également appelé « procédures d'exploitation ». Il comprend un examen global de l'exploitation de l'installation ou de l'exercice de l'activité, ainsi que des activités qui favorisent une exploitation efficace et une culture de sûreté.
- **Radioprotection :** Ce critère correspond à l'un des domaines de sûreté et de réglementation qui fait partie des processus de contrôle de base. Il englobe la mise en œuvre d'un programme de radioprotection conformément au *Règlement sur la radioprotection* de la CCSN. Ce programme doit comporter des éléments pour assurer la surveillance et le contrôle de la contamination et des doses de rayonnement reçues.
- **Suivi des sources scellées :** Ce critère concerne plus particulièrement le suivi des sources scellées à risque élevé au Canada, conformément à l'engagement du Canada à l'égard du *Code de conduite sur la sûreté et la sécurité des sources radioactives* de l'Agence internationale de l'énergie atomique. Le Registre national des sources scellées est une base de données gérée par la CCSN qui contient des données d'inventaire sur ces sources scellées au Canada. Le suivi du mouvement des sources à risque élevé se fait par l'intermédiaire du Système de suivi des sources scellées, dont l'utilisation est obligatoire uniquement pour les titulaires de permis qui utilisent ces sources à risque élevé. Pour obtenir des informations supplémentaires à ce sujet, les lecteurs sont invités à consulter les rapports annuels sur le Registre national des sources scellées et le Système de suivi des sources scellées.[3] Afin d'assurer la traçabilité et la comptabilisation de ces sources scellées, la CCSN s'attend à ce que les titulaires de permis se conforment aux exigences en matière de suivi de ces sources.

Deux critères de rendement supplémentaires sont utilisés dans ce rapport, car ils permettent d'indiquer le rendement global des titulaires de permis en ce qui concerne l'ensemble complet des domaines de sûreté et de réglementation. Ces critères sont :

- les doses reçues par les travailleurs (aussi appelées « doses aux travailleurs »), qui offrent une mesure objective du rendement en matière de sûreté du secteur;
- la variation de la fréquence annuelle des incidents (qui présente un plus grand intérêt que le nombre élevé d'incidents et d'événements signalés dans certains secteurs en raison de la nature de leurs activités autorisées).

[3] Peuvent être consultés en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/readingroom/reports/ssts/index.cfm

Pour plus de clarté, les secteurs ont été fractionnés en sous-secteurs déterminés selon la similarité de leurs activités autorisées. Dans le but de donner un aperçu de chaque secteur, le nombre de sous-secteurs est réduit au minimum dans le présent rapport. En ce qui concerne le sous-secteur des accélérateurs de particules à haute énergie, ce rapport comporte des critères de rendement supplémentaires pour fournir un examen plus complet de ces installations complexes. Ces critères de rendement sont définis à l'annexe B.

En résumé, le rendement en matière de sûreté de chaque secteur est évalué à partir des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation, de la radioprotection et du suivi des sources scellées à risque élevé, ainsi que des doses aux travailleurs et des événements et incidents signalés.

Bien que la CCSN évalue chaque demande avant de délivrer un permis ou de le renouveler, tous les titulaires de permis ne requièrent pas le même degré de surveillance réglementaire et de vérification de la conformité. Puisque la CCSN a adopté un programme de réglementation fondé sur la connaissance du risque, elle pourrait ne pas inspecter tous les titulaires de permis tous les ans. Une activité autorisée à risque élevé peut être soumise à une surveillance et à des inspections très détaillées, et le titulaire de permis peut devoir présenter un rapport annuel de conformité. Par contre, pour une activité autorisée à faible risque, la présentation d'un rapport annuel de conformité peut suffire.

Cette approche fondée sur la connaissance du risque dicte l'utilisation par la CCSN de niveaux variés de mesures d'application, dont la délivrance d'ordres, pour promouvoir la conformité des titulaires de permis. Par ailleurs, les titulaires de permis peuvent choisir de restreindre volontairement leurs activités jusqu'à la mise en place de mesures pour rétablir la conformité avec la LSRN, ses règlements et les conditions de permis. La CCSN peut également utiliser d'autres mesures pour promouvoir ou faire respecter la conformité, comme augmenter la fréquence des inspections de vérification de la conformité. L'annexe A donne des informations supplémentaires sur l'approche fondée sur la connaissance du risque adoptée par la CCSN pour réglementer les secteurs visés par le rapport.

Le présent rapport touche 2 550 permis des quatres secteurs suivants : médical, industriel, commercial, et universitaire et de recherche. Les inspecteurs de la CCSN ont planifié et réalisé plus de 1 600 inspections de vérification de la conformité en 2011. L'annexe C montre une comparaison détaillée des critères de rendement en matière de sûreté des différents secteurs. Elle comporte un résumé du nombre de permis par secteur, ainsi qu'une comparaison d'ensemble des doses aux travailleurs, des résultats d'inspection et du nombre d'événements et d'incidents signalés pour chacun des quatre secteurs.

5.2 COTES DE CONFORMITÉ

Les cotes de conformité se fondent sur la conformité d'un titulaire de permis à la LSRN, aux règlements et aux conditions de permis. Lorsque nécessaire, la CCSN fait respecter la conformité en utilisant une approche graduelle : c'est-à-dire que les mesures d'application prises sont proportionnées au risque que présente l'infraction. Ces mesures peuvent prendre la forme d'une simple notification écrite dans le cas d'infractions à faible risque, ou d'une surveillance réglementaire plus poussée à la suite d'infractions à

moyen risque. La CCSN peut délivrer un ordre ou une ordonnance pour des infractions présentant des risques immédiats à l'environnement, à la santé ou à la sécurité des personnes, ou pour des violations répétées pouvant indiquer une dégradation importante du rendement en matière de sûreté du titulaire de permis.

La CCSN effectue le suivi de toutes les mesures d'application pour veiller à ce que les titulaires de permis prennent toutes les mesures correctives nécessaires afin de rétablir leur conformité aux exigences de la CCSN. On trouve dans la présente section les définitions des critères de rendement utilisés pour produire le rapport, et à la section 5.3 les définitions des cotes de l'échelle de conformité.

5.2.1 DOSES AUX TRAVAILLEURS

Les doses aux travailleurs représentent les dossiers de dosimétrie des travailleurs qui peuvent être exposés au rayonnement dans le cadre des activités autorisées par la CCSN. Les données proviennent d'informations sur les doses fournies par les titulaires de permis dans leur rapport annuel de conformité pour 2011. Afin de quantifier ce critère de rendement (doses aux travailleurs), le personnel de la CCSN a analysé, pour chaque secteur, un échantillon représentatif de données de dosimétrie provenant d'une sélection aléatoire de rapports annuels de conformité soumis par les titulaires de permis.

Objectif de rendement :

> Les doses reçues par les travailleurs sont inférieures aux limites réglementaires et sont les plus faibles qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA, de l'anglais « *as low as reasonably achievable* »).[4]

La limite réglementaire de la dose au corps entier pour les membres du public est de 1 mSv/an, tandis que les limites pour un « travailleur du secteur nucléaire » sont de 50 mSv par période de dosimétrie d'un an et de 100 mSv par période de dosimétrie de cinq ans.

5.2.2 CONDUITE DE L'EXPLOITATION

La conduite de l'exploitation a trait à la capacité du titulaire de permis d'effectuer les activités autorisées conformément à la LSRN, aux règlements et à ses conditions de permis. Le titulaire de permis doit pouvoir démontrer qu'il répond aux exigences opérationnelles et de sûreté, et que ses employés sont non seulement informés des procédures appropriées concernant l'utilisation et l'entretien de l'équipement ou des appareils mais qu'ils les mettent en pratique. Le titulaire de permis doit également conserver les documents pertinents pour démontrer sa conformité. Pour vérifier ces éléments de programme, le personnel de la CCSN procède à l'examen de documents et à l'inspection des procédures et des pratiques opérationnelles sur le terrain.

[4] Veuillez consulter le guide d'application de la réglementation de la CCSN G-129, Révision 1, *Maintenir les expositions et les doses au « niveau le plus bas qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (ALARA) »*. Peut être consulté en ligne à l'adresse suretenucleaire.gc.ca

Objectif de rendement :

> Les opérations du titulaire de permis sont sécuritaires, prêtent l'attention voulue à la santé, à la sûreté, à la sécurité et à la protection de l'environnement et respectent les obligations internationales du Canada.

5.2.3 RADIOPROTECTION

La radioprotection vise le programme que le titulaire de permis instaure pour protéger les personnes contre l'exposition inutile au rayonnement ionisant. Le titulaire de permis doit pouvoir démontrer qu'il a pris les mesures voulues pour maintenir les doses en deçà des limites réglementaires et que les doses sont les plus faibles qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA). Il est possible d'atteindre cet objectif par le contrôle des doses aux travailleurs, l'affichage de panneaux de mise en garde contre les rayonnements, la planification adéquate en cas d'urgence radiologique, la surveillance des activités opérationnelles et l'instauration de pratiques efficaces en milieu de travail mettant l'accent sur les facteurs temps, distance et blindage (écran de protection), ainsi que sur l'utilisation d'équipement de protection approprié.

Objectif de rendement :

> Le titulaire de permis veille à la mise en place de mesures adéquates permettant de protéger la santé et la sécurité des personnes contre le rayonnement ionisant.

5.2.4 SUIVI DES SOURCES SCELLÉES

Le Système de suivi des sources scellées de la CCSN permet de renforcer la surveillance réglementaire des sources radioactives scellées au Canada. Les titulaires de permis doivent remettre à la CCSN un rapport sur le mouvement des sources radioactives scellées à risque élevé, en se servant du Système de suivi des sources scellées, le cas échéant. Ils doivent maintenir des dossiers démontrant leur conformité à cet égard.

Objectif de rendement :

> Le titulaire de permis a instauré des mesures adéquates permettant d'effectuer le suivi des sources radioactives scellées à risque élevé et de produire en temps opportun des rapports précis sur le mouvement de ces sources à la CCSN par l'intermédiaire du Système de suivi des sources scellées, et de mettre en œuvre des mesures de sécurité appropriées lorsque nécessaire.

5.2.5 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS

En vertu de la LSRN et de ses règlements d'application ou de conditions de permis particulières, le titulaire de permis est tenu de signaler immédiatement à la CCSN tout incident ou événement se rapportant à ses activités autorisées. Suivant le rapport initial, il a ensuite 21 jours pour fournir à la CCSN un rapport plus détaillé et final sur l'incident ou événement. Ce rapport final doit comporter une analyse de la cause profonde et présenter les mesures prises, ou proposées, pour éviter la réapparition de l'incident ou événement. Globalement, ces rapports initial et final permettent à la CCSN de s'assurer que le titulaire de permis prend des mesures correctives adéquates.

Objectif de rendement :

Le titulaire de permis a instauré des mesures adéquates permettant de signaler les incidents ou événements et de produire une analyse efficace de la cause profonde de l'événement à signaler. Cette analyse assure l'amélioration continue des programmes du titulaire de permis ainsi que leur pertinence et leur efficacité.

5.3 ÉCHELLE DE CONFORMITÉ

Pour indiquer le niveau de conformité des titulaires de permis aux exigences réglementaires, la CCSN a adopté une échelle de conformité (ou système gradué de cotes) pour les secteurs réglementés visés par le rapport. Bien qu'une échelle à cinq lettres soit souvent utilisée à des fins opérationnelles lors des inspections de vérification de la conformité, la CCSN a adopté en 2008 une échelle de conformité à quatre paliers dans le but d'établir des rapports. Pour plus de détails sur les deux systèmes d'évaluation, voir l'annexe A. Les cotes utilisées par la CCSN pour l'établissement des rapports sont décrites ici.

Entièrement satisfaisant

Les mesures de sûreté et de contrôle mises en œuvre par le titulaire de permis sont très efficaces. De plus, le niveau de conformité aux exigences réglementaires est entièrement satisfaisant et dépasse les attentes de la CCSN. En général, le niveau de conformité est stable ou s'améliore et les problèmes sont réglés rapidement. Il importe de souligner que la cote attribuée à une inspection est un résultat global qui intègre plusieurs critères et exigences. Par conséquent, une cote « entièrement satisfaisant » est rarement attribuée.

Satisfaisant

L'efficacité des mesures de sûreté et de contrôle mises en œuvre par le titulaire de permis est adéquate. De plus, le niveau de conformité aux exigences réglementaires est satisfaisant. Pour un domaine donné, le niveau de conformité répond aux exigences de même qu'aux attentes de la CCSN. Les déviations sont jugées mineures et on estime que les problèmes relevés posent un faible risque quant au respect des objectifs réglementaires et aux attentes de la CCSN. Des améliorations appropriées sont prévues.

Inférieur aux exigences

Les mesures de sûreté et de contrôle mises en œuvre par le titulaire de permis sont quelque peu inefficaces. De plus, le niveau de conformité aux exigences réglementaires est inférieur aux attentes. Pour ce domaine, le niveau de conformité s'écarte des exigences de même que des attentes de la CCSN de sorte qu'il existe un risque modéré, qu'à la limite, le domaine fasse preuve de non-conformité. Des améliorations doivent être apportées afin que les lacunes relevées soient corrigées. Le titulaire de permis prend les mesures correctives voulues.

Les cas de non-conformité pouvant recevoir une cote « inférieur aux exigences » comprennent par exemple le défaut d'afficher le permis de la CCSN à l'endroit où s'exercent les activités autorisées; la liste des travailleurs qualifiés est incomplète; le panneau de mise en garde contre les rayonnements n'est pas affiché correctement; ou le transfert d'une source scellée à risque élevé n'a pas été indiqué dans le Système de suivi des sources scellées selon le délai prescrit.

Inacceptable

Les mesures de sûreté et de contrôle mises en œuvre par le titulaire de permis sont clairement inefficaces. De plus, le niveau de conformité aux exigences réglementaires est inacceptable, et la conformité est sérieusement compromise. Pour l'ensemble du domaine, le niveau de conformité est nettement inférieur aux exigences ou aux attentes de la CCSN, ou on constate un état de non-conformité générale. Par exemple, les problèmes ne sont pas résolus de façon efficace, aucune mesure corrective appropriée n'a été prise et aucun autre plan d'action n'a été proposé. Si des mesures correctives ne sont pas prises, il existe une forte probabilité que les lacunes entraîneront un risque inacceptable. Des mesures correctives sont requises immédiatement.

Parmi les cas de non-conformité pouvant recevoir une cote « inacceptable », on peut citer l'utilisation d'appareils d'exposition sans avoir effectué l'entretien approprié; l'absence d'un contrôle de gestion sur les pratiques de travail; le défaut d'opérateurs d'appareil d'exposition de porter leur appareil de dosimétrie ou d'effectuer des travaux sans un radiamètre; le défaut de déterminer les doses de rayonnement aux travailleurs; ou le transfert de sources scellées à des destinataires non autorisés.

6.0 RENDEMENT EN MATIÈRE DE SÛRETÉ DES TITULAIRES DE PERMIS

6.1 SECTEUR MÉDICAL

6.1.1 DESCRIPTION

Les titulaires de permis du secteur médical utilisent des substances nucléaires ou des accélérateurs pour l'imagerie diagnostique et à des fins thérapeutiques dans les hôpitaux et les cliniques médicales. Au 31 décembre 2011, ce secteur comptait 568 permis délivrés par la CCSN.

Figure 7 : Un radio-isotope est administré à un patient à l'aide d'une seringue blindée. Source : CCSN.

Les études de médecine nucléaire déterminent la cause de problèmes médicaux en se fondant sur le fonctionnement d'un organe, d'un tissu ou d'un os. Des produits radiopharmaceutiques contenant des substances nucléaires comme le technétium 99 m, le carbone 11 et le fluor 18 sont administrés aux patients à des fins d'imagerie, comme le montre la figure 7. Ces images sont prises à l'aide d'équipement réglementé, comme un scanneur de tomographie par émission de positrons (TEP) ou une caméra gamma.

Des exemples de procédures courantes de médecine nucléaire diagnostique comprennent la scintigraphie myocardique de perfusion qui permet de visualiser le débit sanguin du cœur et son fonctionnement, la scintigraphie osseuse qui permet d'évaluer l'intégrité des os et la présence d'infections ou de tumeurs, et la scintigraphie rénale de perfusion qui permet de créer une image du rein.

Figure 8 : Un accélérateur linéaire médical. Source : CCSN.

Les accélérateurs linéaires médicaux, comme celui illustré à la figure 8, sont les outils les plus fréquemment utilisés pour administrer de la radiothérapie. La technologie utilisée dans ces appareils a rapidement évolué au cours des 15 dernières années. Les accélérateurs linéaires médicaux modernes peuvent offrir un traitement plus rapidement et de façon plus ciblée qu'avant. En plus d'administrer de la radiothérapie, ces accélérateurs ont évolué en appareils de traitement hybride et en appareils de visualisation, dont certains peuvent produire des images de tomographie assistée par ordinateur (ou tomodensitométrie).

Les radio-isotopes sont utilisés dans de nombreuses procédures thérapeutiques. Par exemple, on utilise l'iode 131 dans le traitement des maladies de la glande thyroïde. On utilise le phosphore 32 dans le traitement de certains troubles sanguins, et d'autres radio-isotopes sont utilisés en conjonction avec des anticorps dans le traitement dirigé de certains cancers.

La médecine nucléaire vétérinaire utilise les mêmes principes que ceux de la médecine nucléaire humaine pour diagnostiquer et traiter les animaux. Les chevaux blessés subissent des scintigraphies osseuses à l'aide de technétium 99 m et les chats souffrant de troubles de la glande thyroïde sont traités à l'aide de doses d'iode 131.

Un défi exceptionnel posé aux titulaire de permis offrant des services de médecine nucléaire vétérinaire est le contrôle des animaux ayant reçu des doses de produits radiopharmaceutiques. La CCSN oblige les titulaire de permis à héberger les animaux dans des environnements contrôlés et de gérer efficacement les déchets des animaux lors de leur séjour à la clinique vétérinaire. En outre, la libération des animaux traités fait l'objet de limites strictes pour s'assurer que les doses de rayonnement reçues par les propriétaires soient maintenues au niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre (principe ALARA). La CCSN atteint ces objectifs au moyen d'un examen en profondeur des procédures cliniques, en ayant recours aux conditions de permis et en comptant sur la collaboration entre le personnel chargé des autorisations et des inspections pour s'assurer que les exigences sont respectées.

Aux fins du présent rapport, le secteur médical a été subdivisé en trois sous-secteurs : médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique; radiothérapie; et médecine nucléaire vétérinaire. Collectivement, ces sous-secteurs correspondent à 412 permis ou 73 % des 568 permis du secteur médical.

6.1.2 DOSES AUX TRAVAILLEURS

Les données figurant dans la présente section représentent les dossiers de dosimétrie des travailleurs qui peuvent être exposés au rayonnement dans le cadre des activités autorisées par la CCSN. Les données de dosimétrie proviennent d'informations sur les doses fournies par les titulaires de permis dans leur rapport annuel de conformité pour les années 2008 à 2011. Afin de quantifier ce critère de rendement (doses aux travailleurs), le personnel de la CCSN a analysé, pour chaque secteur, un échantillon représentatif de données de dosimétrie provenant d'une sélection aléatoire de rapports annuels de conformité soumis par les titulaires de permis.

Le terme « échantillon de travailleurs » apparaissant dans les figures de cette section désigne le nombre de travailleurs dont les données de dosimétrie ont été analysées. L'échantillon de travailleurs correspondait à 3 589 personnes en 2011. La majorité des employés du secteur médical ont reçu de faibles doses au travail, à l'image des années précédentes. Comme le montre la figure 9, près de 90 % de tous les employés du secteur médical ont reçu moins de 0,5 mSv en 2011. En comparaison, le Canadien moyen reçoit une dose de 2 mSv/an provenant du rayonnement naturel.

On dénombrait 555 « travailleurs du secteur nucléaire » dans un échantillon du sous-secteur de la médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique. Comme le montre la figure 10, 99 % des « travailleurs du secteur nucléaire » ont reçu moins de 5 mSv en 2011. En outre, plus de 54 % de l'échantillon des « travailleurs du secteur nucléaire » ont reçu moins de 1 mSv/an (la limite de dose du public), et ils ont tous reçu moins de 20 mSv/an (en deçà de la limite réglementaire de 50 mSv/an).

Comme le montre la figure 11, sur les 296 travailleurs de l'échantillon « autres travailleurs » (c'est-à-dire ceux non désignés « travailleurs du secteur nucléaire »), un travailleur a reçu une dose dépassant la limite réglementaire pour les membres du public de 1 mSv/an. Ce fait a été exposé dans le rapport annuel de conformité du titulaire de permis concerné en 2011. Le personnel de la CCSN a examiné le rapport et a travaillé avec le titulaire de permis pour veiller à ce que des mesures correctives appropriées soient mises en place.

Comme le montrent la figure 12 et la figure 13, les données de dosimétrie fournies par les titulaires de permis indiquent que les travailleurs en radiothérapie ont continué de recevoir de très faibles doses, comme dans les dernières années. Plus de 99 % des « travailleurs du secteur nucléaire » échantillonnés et 100 % des « autres travailleurs » en radiothérapie ont reçu moins de 1 mSv/an en 2011.

Les données de dosimétrie de la figure 14 et de la figure 15 montrent que les travailleurs du sous-secteur de la médecine nucléaire vétérinaire ont reçu des doses très faibles mais légèrement supérieures dans l'ensemble par rapport aux technologues en médecine nucléaire qui travaillent avec des patients humains.

Les résultats de 2011 montrent que 19 % des « travailleurs du secteur nucléaire » ont reçu une dose supérieure à 1 mSv mais inférieure à 5 mSv, c'est-à-dire bien en deçà de la limite réglementaire de 50 mSv/an. Aucun travailleur échantillonné dans cette catégorie n'a reçu de dose dépassant 5 mSv. Sur les 80 « autres travailleurs » échantillonnés dans le sous-secteur de la médecine nucléaire vétérinaire, aucun travailleur n'a dépassé la limite réglementaire de 1 mSv en 2011 et plus de 98 % des travailleurs ont reçu moins de 0,5 mSv.

Figure 9 : Secteur médical – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire » et les « autres travailleurs »

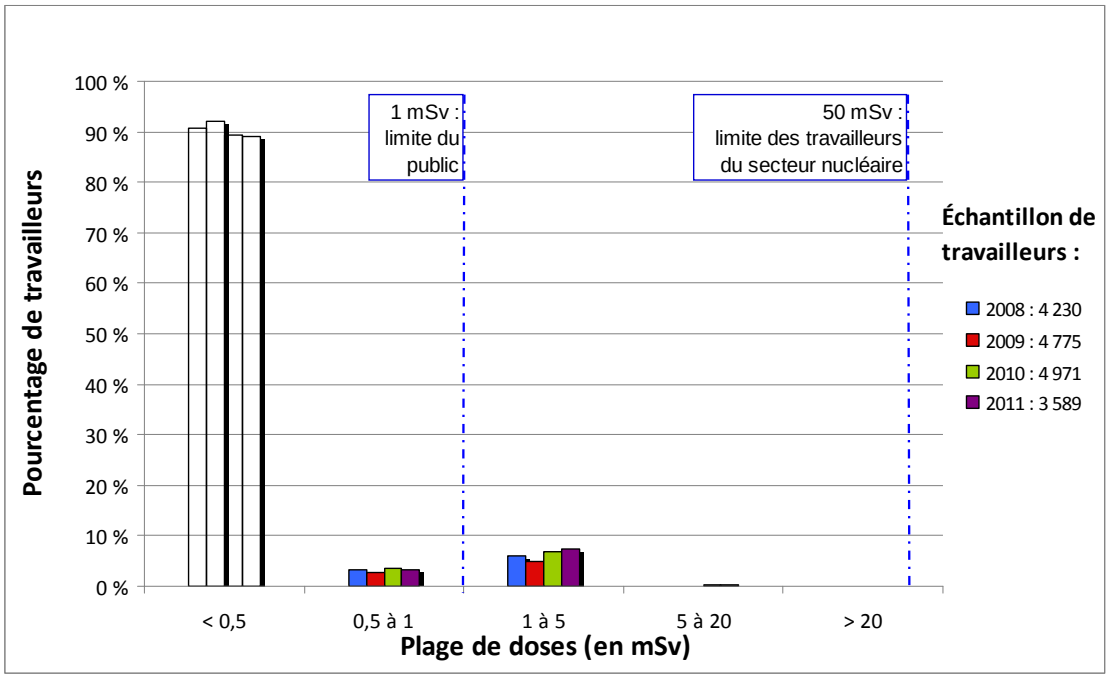


Figure 10 : Médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

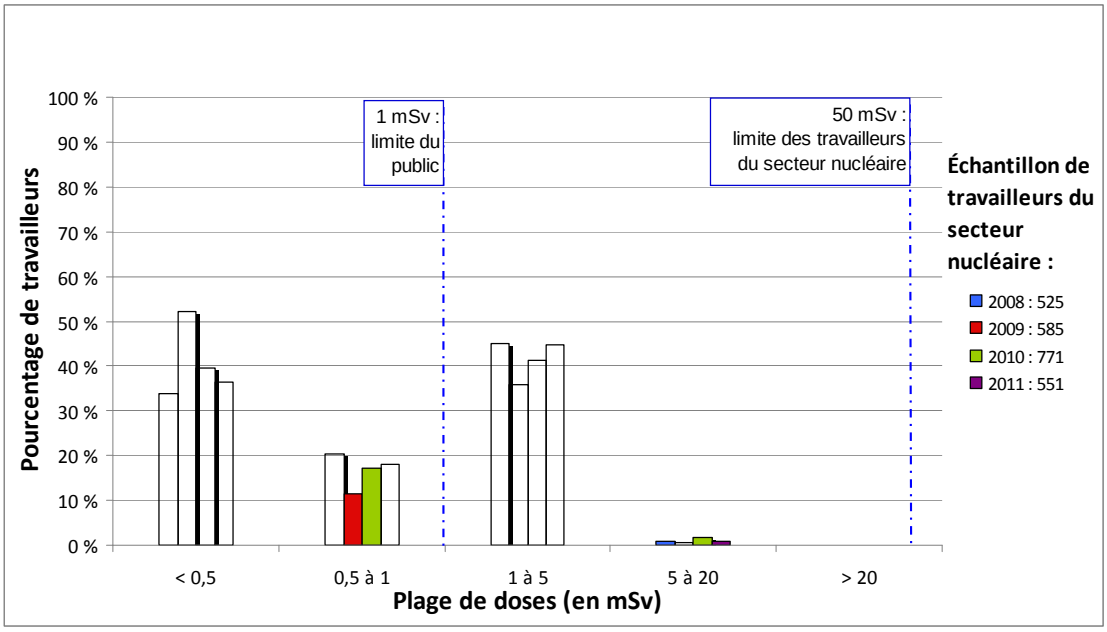


Figure 11 : Médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique – Doses annuelles au corps entier pour les « autres travailleurs »

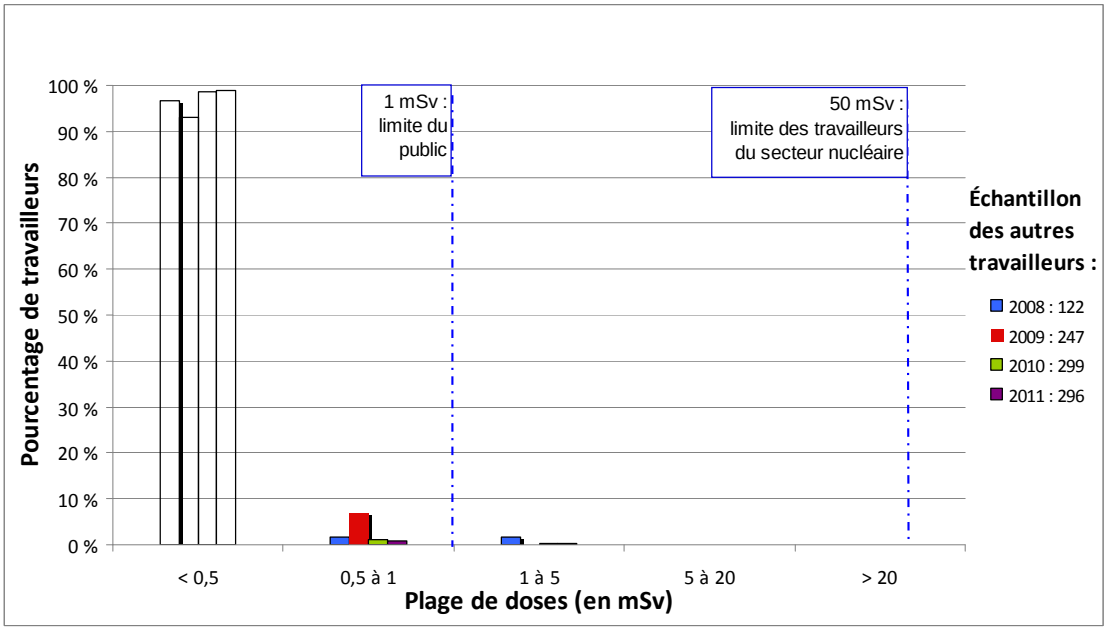


Figure 12 : Radiothérapie – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

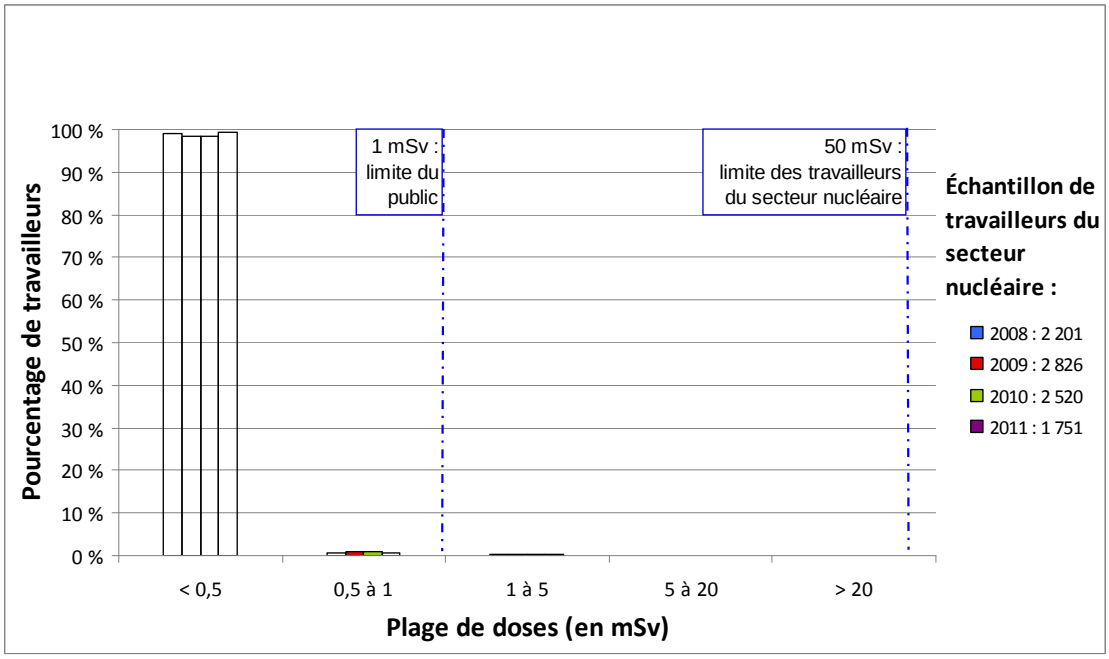


Figure 13 : Radiothérapie – Doses annuelles au corps entier pour les « autres travailleurs »

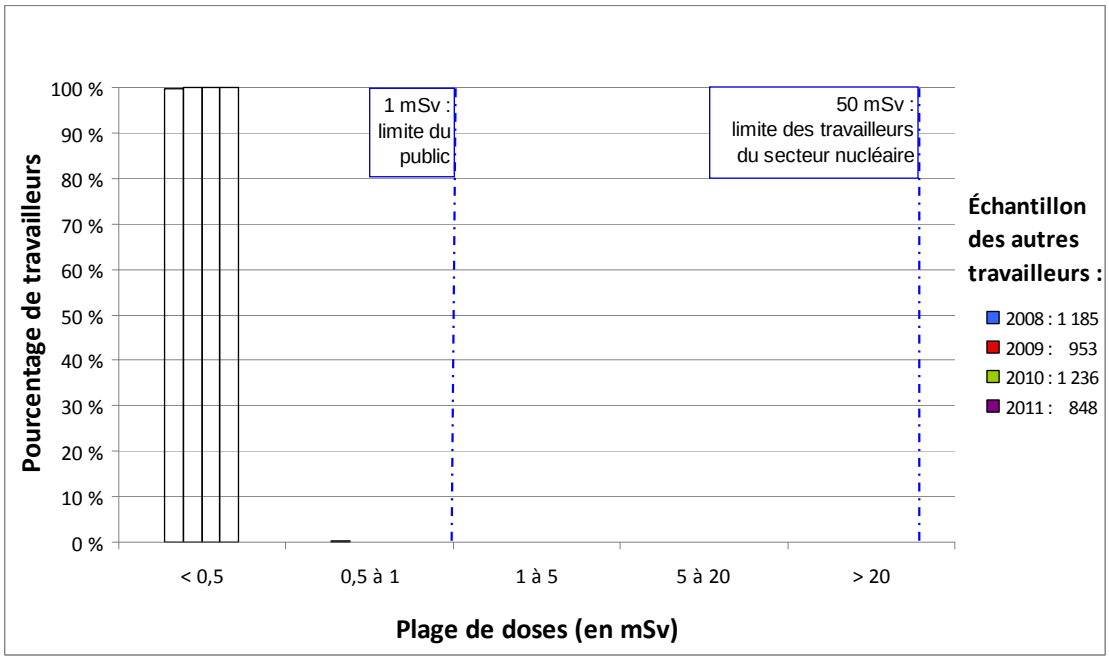


Figure 14 : Médecine nucléaire vétérinaire – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

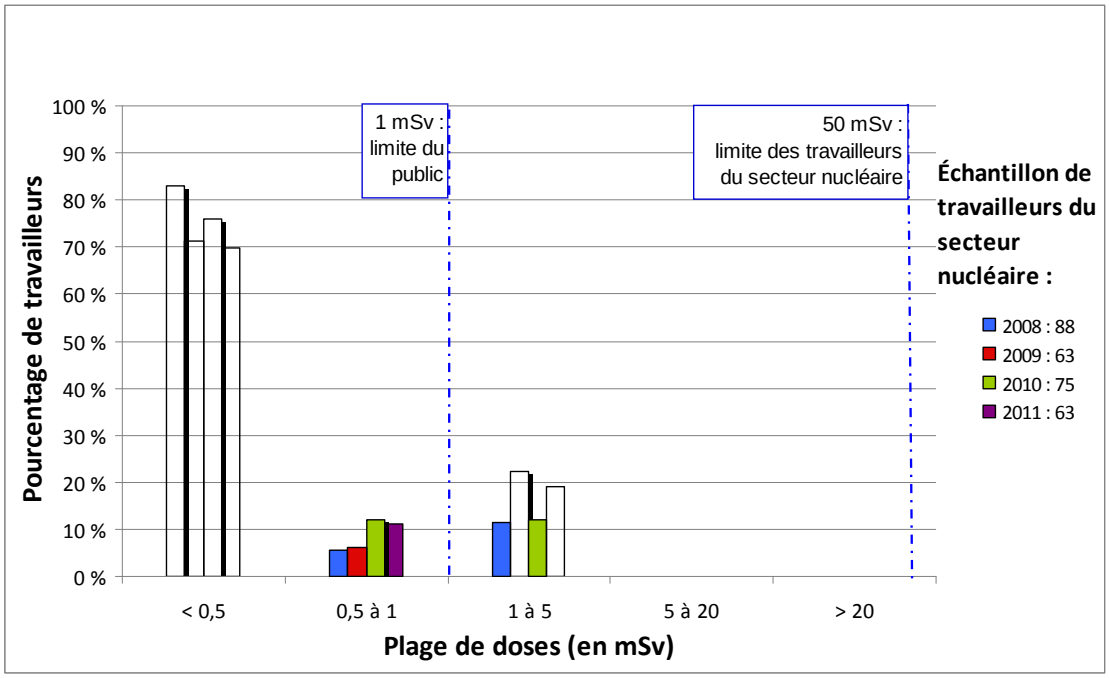
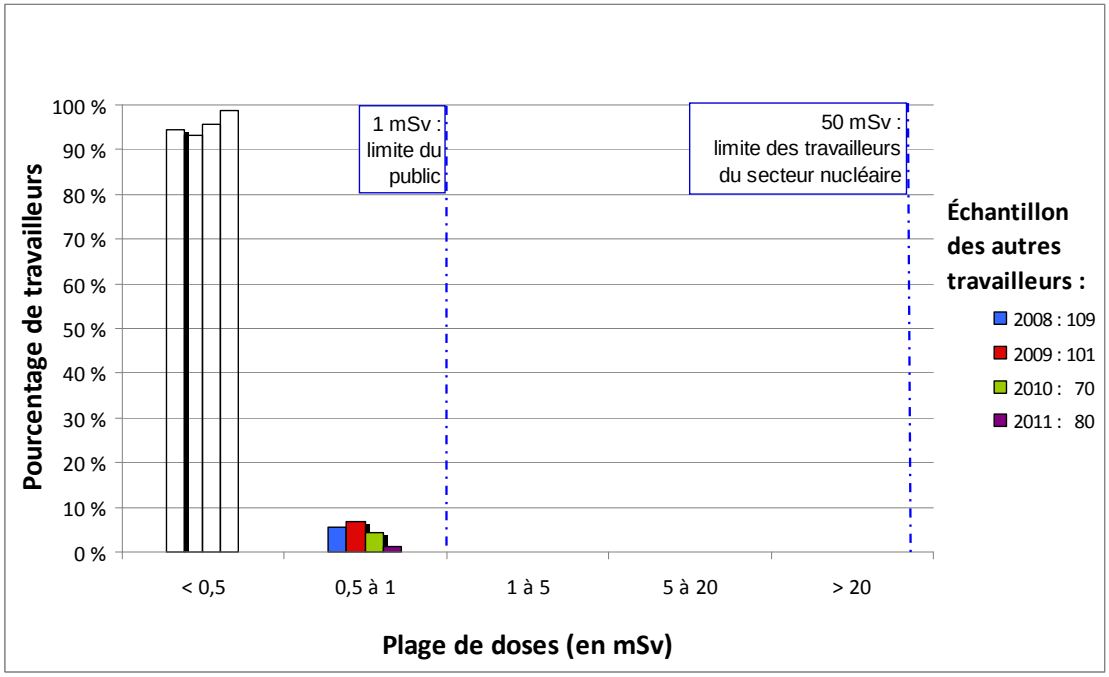


Figure 15 : Médecine nucléaire vétérinaire – Doses annuelles au corps entier pour les « autres travailleurs »

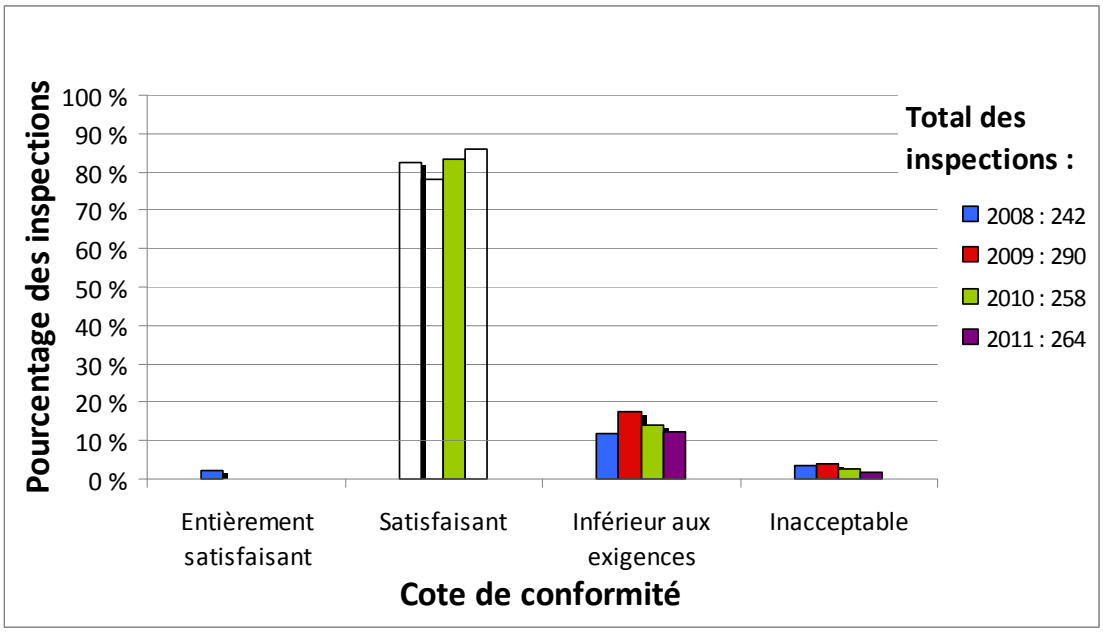


6.1.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION

Comme le montre la figure 16, d'après les cotes attribuées à la conduite de l'exploitation, le secteur médical fait preuve d'une bonne conformité dans ce domaine de sûreté; 86 % des titulaires de permis inspectés faisaient preuve de conformité en 2011, une hausse par comparaison avec 83 % en 2010. Parmi les titulaires de permis inspectés,12 % ont reçu une cote « inférieur aux exigences » parce qu'ils présentaient des cas de non-conformité sans incidence importante sur la sûreté, tandis que 2 % ont reçu une cote « inacceptable ». Une cote « inacceptable » fait état d'un niveau de rendement nettement inférieur aux exigences, mais sans la prise de mesures correctives, il est fort probable que les lacunes relevées entraînent un risque inacceptable pour la santé et la sécurité des travailleurs et du public, ou pour l'environnement.

Les cas types de non-conformité dans ce domaine comprenaient le défaut du titulaire de permis de respecter ses politiques et procédures, et des méthodes d'assurance de la qualité inadéquates ou inappropriées. Pour s'assurer que les titulaires de permis prennent en compte et corrigent tous les cas de non-conformité, la CCSN a eu recours à diverses mesures d'application comme des avis d'action écrits et des communications avec la haute direction. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.3 de l'annexe C.

Figure 16 : Secteur médical – Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

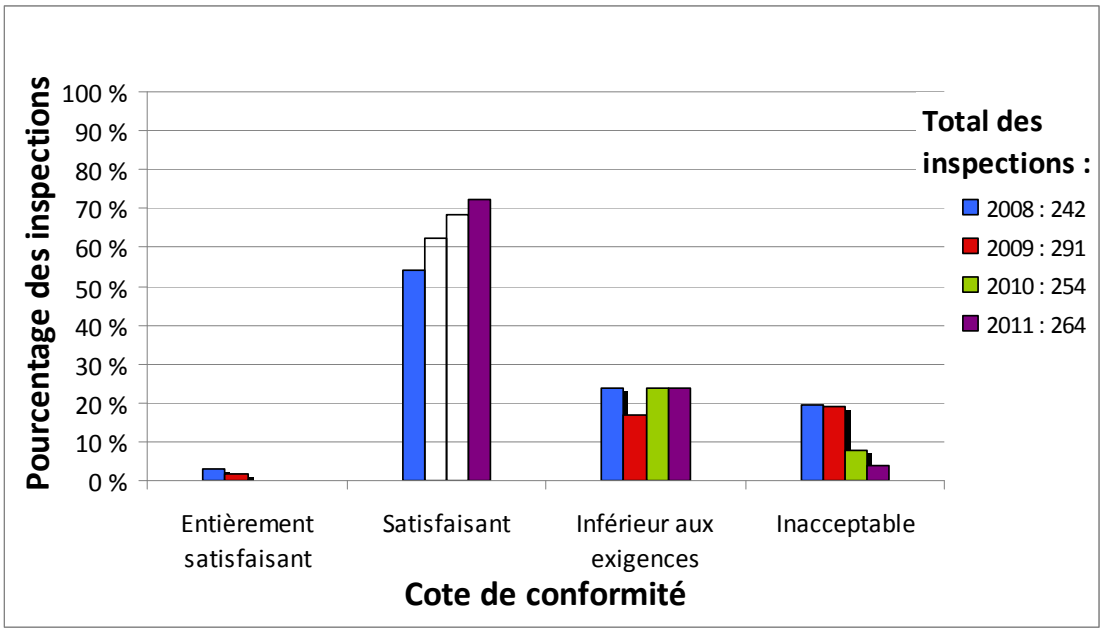


6.1.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION

Le programme de radioprotection concerne la gestion de la radioprotection dans un centre médical donné et englobe les pratiques connexes de gestion et de formation, ainsi que la limitation et la mesure des doses reçues par les travailleurs.

La figure 17 indique une amélioration continue des résultats d'inspection de la radioprotection en 2011. Les cotes « satisfaisant » et « entièrement satisfaisant » représentaient 86 % des résultats d'inspection de ce domaine de sûreté. Dans ce secteur, les cas types de non-conformité comprenaient le défaut de tenir à jour la liste des « travailleurs du secteur nucléaire » et le défaut de procéder à des contrôles thyroïdiens dans le délai fixé par la condition de permis. La CCSN a recours à diverses mesures d'application pour régler ces cas types de non-conformité, comme demander aux titulaires de permis de présenter des rapports périodiques sur les mesures prises pour rétablir la conformité ou augmenter la fréquence des inspections. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.4 de l'annexe C.

Figure 17 : Secteur médical – Résultats d'inspection de la radioprotection

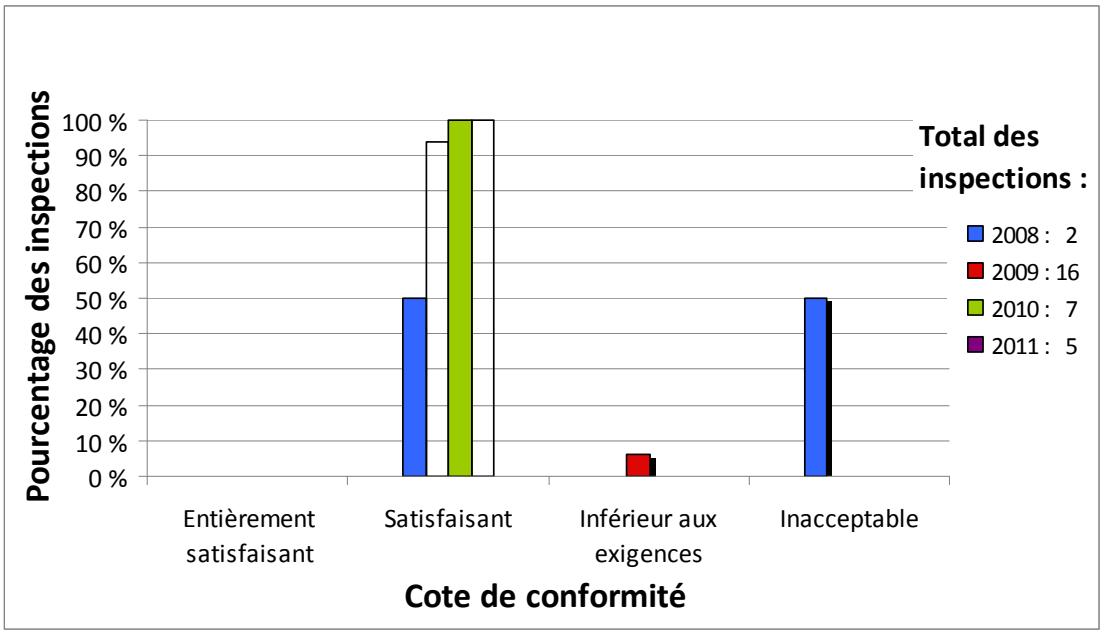


6.1.5 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES

Comme l'illustre la figure 18, les résultats d'inspection touchant le suivi des sources scellées montrent que les titulaires de permis du secteur médical ont satisfait aux exigences au cours des cinq inspections menées en 2011 par la CCSN. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.5 de l'annexe C. Pour obtenir des informations supplémentaires à ce sujet, les lecteurs sont invités à consulter le *Rapport annuel sur le Registre national des sources scellées et le Système de suivi des sources scellées*, accessible sur le site Web de la CCSN.[5]

[5] Peut être consulté en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/readingroom/reports/ssts/index.cfm

Figure 18 : Secteur médical – Résultats d'inspection du suivi des sources scellées



6.1.6 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS

Comme le montre la figure 19, les titulaires de permis du secteur médical ont signalé 19 événements en 2011.

Deux de ces événements concernaient des problèmes électriques d'appareils à rayonnement, sans conséquence sur le plan radiologique et sans exposition.

Treize incidents concernaient des déversements ou des cas de contamination dans des installations de médecine nucléaire; ces incidents peuvent être attribués au fait que les substances nucléaires sont habituellement manipulées sous forme liquide. Les déversements ont été principalement causés par des technologues en médecine nucléaire laissant tomber un flacon ou renversant un liquide au moment de le tirer d'un flacon. D'autres incidents se sont produits au cours de l'administration d'une substance nucléaire à un patient, souvent au moment de la déconnexion accidentelle de la ligne intraveineuse ou quand un patient a vomi. Les isotopes types utilisés dans le secteur médical ont une période radioactive mesurée en heures ou en quelques jours; le titulaire de permis peut donc s'occuper du déversement, qui a des répercussions mineures sur les activités cliniques.

Dans le secteur médical, trois cas de perte de substances nucléaires ont également été signalés. Dans un cas, un travailleur a laissé tomber une plaque pour les yeux contenant 20 grains d'or 198 à faible risque, présentant chacun une activité de 54,4 MBq et une période radioactive de 2,64 jours. Dix-neuf grains ont été immédiatement récupérés et le vingtième a été récupéré trois semaines plus tard. Aucune personne n'a reçu de dose de rayonnement à la suite de cet incident.

Dans le second cas, un travailleur a accidentellement laissé tomber un disque marqueur de cobalt 57 présentant une activité de 614 kBq dans une caméra d'imagerie utilisée en médecine nucléaire. Les efforts déployés par le titulaire de permis et par le fournisseur de

services pour récupérer la source ont été vains. Il est probable que cette source à très faible risque soit coincée en position blindée à l'intérieur de l'appareil, de sorte qu'elle ne présente aucun risque pour la santé et la sécurité des personnes.

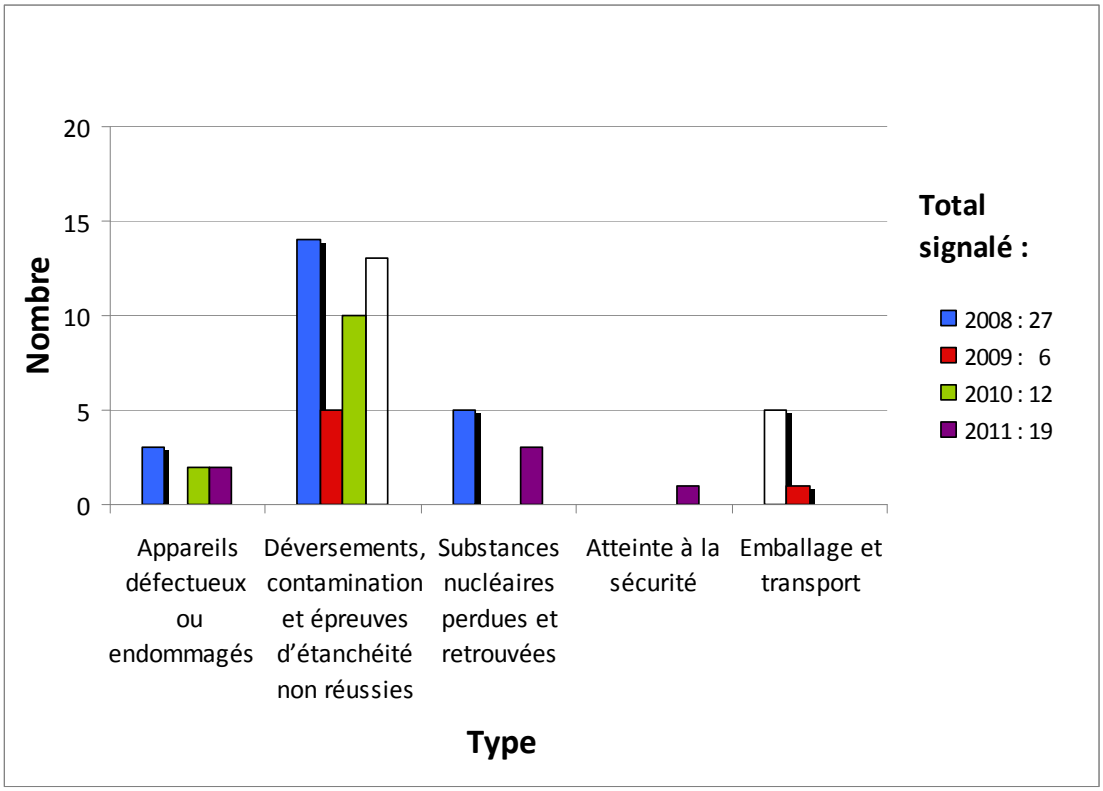
Le troisième cas concernait la perte de deux grains d'iode 125 d'une activité de 10 MBq employés en curiethérapie. Ces grains ont une période radioactive de 60 jours. On estime que les grains ont peut-être été délogés de la cartouche servant à dispenser les grains durant l'implantation et qu'ils ont été ensuite mis au rebut avec les déchets à la suite de l'intervention médicale. Le fabricant de la cartouche a émis un avis de rappel et a apporté une modification mineure à ses cartouches, ce qui a corrigé le problème. Le titulaire de permis a également fourni une formation supplémentaire à l'intention de son personnel afin de s'assurer que les grains ne soient pas mis au rebut si un tel problème devait se reproduire.

Une atteinte à la sécurité a été signalée dans le secteur médical. Pendant une pause, le personnel a laissé une salle de médecine nucléaire sans surveillance et non verrouillée. Pendant ce temps, un messager d'une société de livraison est entré dans la pièce et a laissé un colis contenant 16 GBq de technétium 99 m. Pour éviter que l'incident ne se reproduise, le titulaire de permis a immédiatement abordé cette atteinte à la sécurité en insistant sur l'importance du verrouillage des portes des laboratoires en tout temps.

Dans le secteur médical, aucun incident lié au transport n'a été signalé en 2011.

Aucun des événements signalés par les titulaires de permis du secteur médical n'a entraîné une dose de rayonnement pour un membre du public supérieure à la limite réglementaire fixée pour la population en général. Dans tous les cas, les titulaires de permis ont pris des mesures pour atténuer les conséquences des événements et limiter l'exposition au rayonnement des travailleurs et du public.

Figure 19 : Secteur médical – Événements et incidents signalés



6.1.7 MESURES D'APPLICATION – ORDRES ET MESURES À PRENDRE PAR LES TITULAIRES DE PERMIS

Aucun ordre n'a été délivré à des titulaires de permis du secteur médical en 2011.

6.1.8 SOUS-SECTEURS DU SECTEUR MÉDICAL

6.1.8.1 SOUS-SECTEUR DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE DIAGNOSTIQUE ET THÉRAPEUTIQUE

En médecine nucléaire diagnostique, des substances nucléaires non scellées sont administrées à des personnes afin de poser un diagnostic médical. En médecine nucléaire thérapeutique, des substances nucléaires non scellées sont administrées à des personnes à des fins thérapeutiques. Ce sous-secteur comptait 348 permis de la CCSN au 31 décembre 2011. Ce nombre constitue 61 % du nombre total de permis du secteur médical.

Les procédures de médecine nucléaire diagnostique sont uniques : elles permettent de déterminer à la fois la structure et le fonctionnement d'un organe alors que d'autres modalités d'imagerie, comme la tomographie assistée par ordinateur (ou tomodensitométrie) et le radiodiagnostic, se limitent généralement à donner des informations sur la structure de l'organe. Il existe près de 100 procédures de diagnostic possibles, et chaque système majeur d'organes peut être imagé à l'aide de ces techniques. En Amérique du Nord, l'imagerie cardiaque est la procédure simple la plus courante utilisée en médecine nucléaire.

Les procédures de diagnostic exigent que soit administré au patient un médicament contenant une substance nucléaire, que l'on appelle produit radiopharmaceutique. Les substances nucléaires les plus couramment utilisées sont l'iode 131, le technétium 99 m, le thallium 201 et le gallium 67. L'activité nucléaire de ces substances peut varier de quelques mégabecquerels à un gigabecquerel. La figure 20 montre des images résultant d'une scintigraphie osseuse effectuée en médecine nucléaire. Selon la manière dont l'organisme métabolise les produits radiopharmaceutiques, ces derniers se concentrent sélectivement dans certains organes où ils émettent un rayonnement gamma caractéristique. Ce rayonnement est alors perçu à l'extérieur à l'aide de détecteurs spécialisés.

Figure 20 : Scintigraphie osseuse de médecine nucléaire Source : Wikipedia.org / Creative Commons Attribution 3.0. Extraite le 24 juin 2010.

Pour le traitement d'états malin ou bénin, la médecine nucléaire thérapeutique requiert l'administration de quantités importantes de substances nucléaires. Le type de traitement le plus répandu est le traitement des dysfonctionnements de la glande thyroïde, ou de la malignité, par l'administration d'une boisson ou d'une gélule contenant de l'iode 131. Étant donné qu'un fort pourcentage de la substance nucléaire est excrété par le patient, les patients et les personnes soignantes doivent prendre des précautions spéciales pour éviter la propagation de la contamination radioactive et l'exposition inutile au rayonnement.

La figure 21 compare les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du sous-secteur de la médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique à ceux du secteur de la médecine, entre 2008 et 2011. La figure présente le pourcentage des inspections qui répondent aux exigences ou les dépassent (cotes « satisfaisant » et « entièrement satisfaisant »). La figure 22 compare les résultats d'inspection de la radioprotection du sous-secteur de la médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique à ceux du secteur médical, pendant la même période (2008 à 2011). La figure 21 et la figure 22 témoignent toutes deux d'une augmentation continue du nombre de titulaires de permis qui faisaient preuve de conformité en 2011 par comparaison avec les années précédentes. En outre, le rendement du sous-secteur est similaire à celui du secteur médical dans son ensemble.

Figure 21 : Secteur médical et sous-secteur de la médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

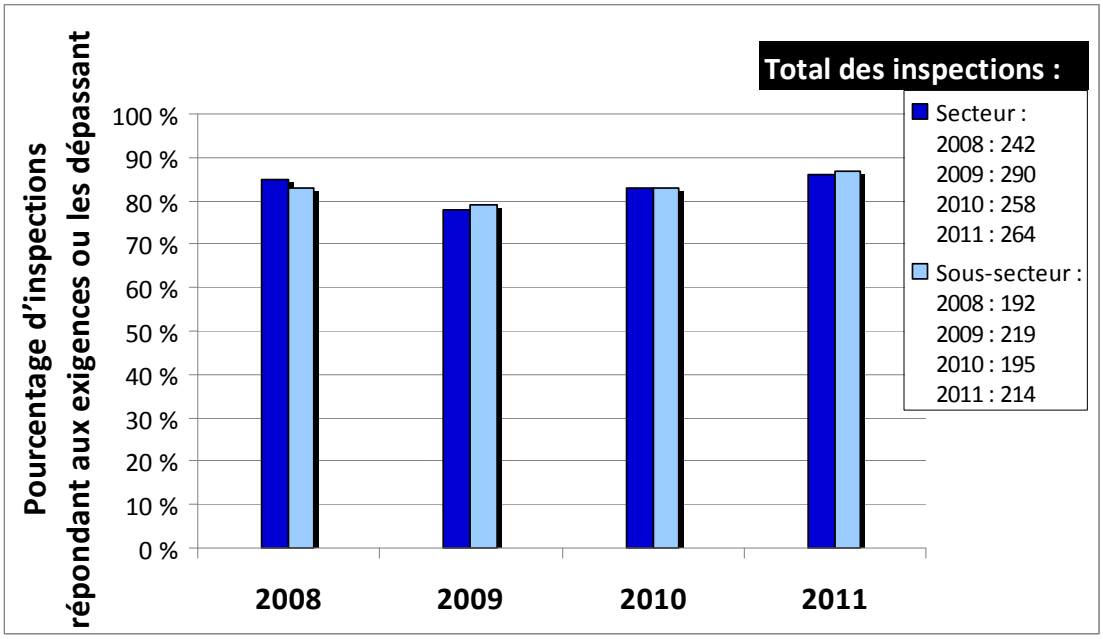
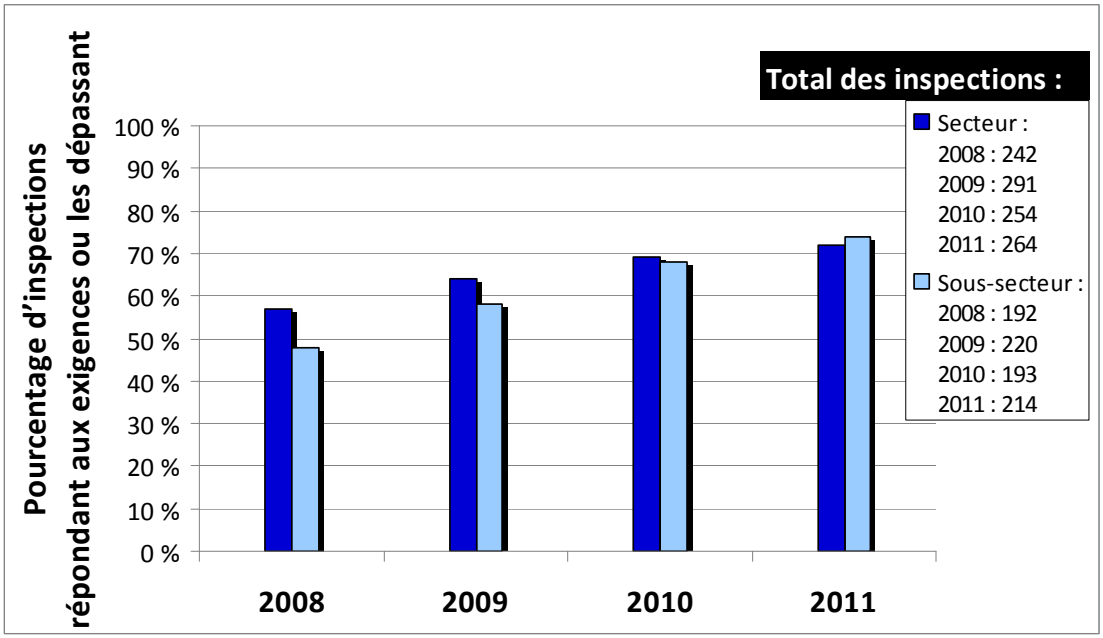


Figure 22 : Secteur médical et sous-secteur de la médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.1.8.2 SOUS-SECTEUR DE LA RADIOTHÉRAPIE

Les accélérateurs linéaires médicaux sont utilisés par des radiothérapeutes pour administrer la dose de rayonnement prescrite par les radio-oncologues dans le traitement du cancer. La figure 23 montre un accélérateur linéaire médical.

Figure 23 : Accélérateur linéaire médical.
Source : CCSN.

Les accélérateurs linéaires médicaux fonctionnent dans une gamme d'énergie de méga électron volts (MeV) et peuvent induire une radioactivité de faible niveau dans certains matériaux; c'est pourquoi ces équipements doivent satisfaire aux exigences de la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires* (LSRN). Les accélérateurs linéaires sont principalement utilisés pour administrer aux tissus cancéreux de fortes doses de rayonnement ciblées tout en évitant les tissus sains environnants. Cette procédure est largement utilisée pour traiter les cancers du sein, de la prostate, de la tête et du cou, et des poumons.

Tous les centres où ces appareils sont installés ont recours à de multiples technologies et exercent plusieurs activités autorisées par la CCSN. Dans tout le Canada, 50 centres de ce type sont autorisés à exploiter divers accélérateurs linéaires ou des appareils de curiethérapie à projecteur de source et à exercer d'autres activités autorisées.

La conduite de l'exploitation est propre aux activités autorisées et comprend les procédures qui s'appliquent au contrôle de la qualité, à la sécurité et à la préparation aux situations d'urgence. Comme le montre la figure 24, le rendement de ce sous-secteur dans le domaine de sûreté de la conduite de l'exploitation était inférieur à celui du secteur dans son ensemble. De plus, le pourcentage des résultats d'inspection correspondant à une cote « satisfaisant » ou « entièrement satisfaisant » en 2011 est inférieur au niveau de 2010 et est retombé au niveau observé en 2009.

Comme le montre la figure 25, le rendement du sous-secteur de la radiothérapie a diminué pour la deuxième année consécutive. Dans ce petit sous-secteur, le nombre de titulaires de permis est faible et ceux-ci possèdent souvent plusieurs permis. Par conséquent, un cas de non-conformité au niveau de l'organisation peut très bien se répercuter sur les cotes concernant plusieurs permis. Des mesures correctives ont été mises en place, et la CCSN en assure le suivi.

Figure 24 : Secteur médical et sous-secteur de la radiothérapie – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

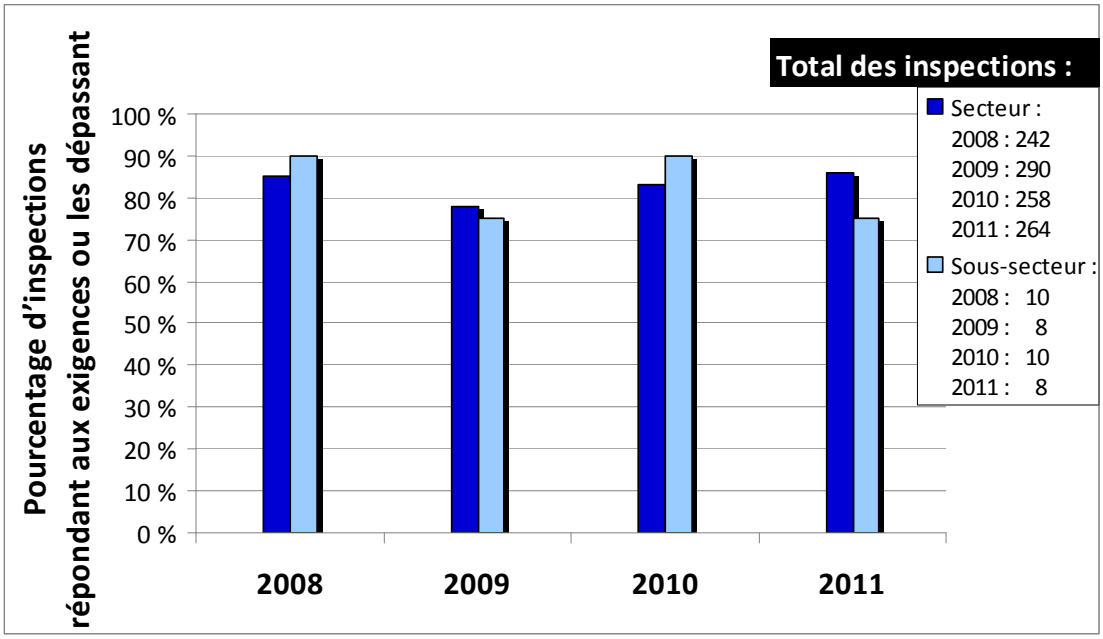
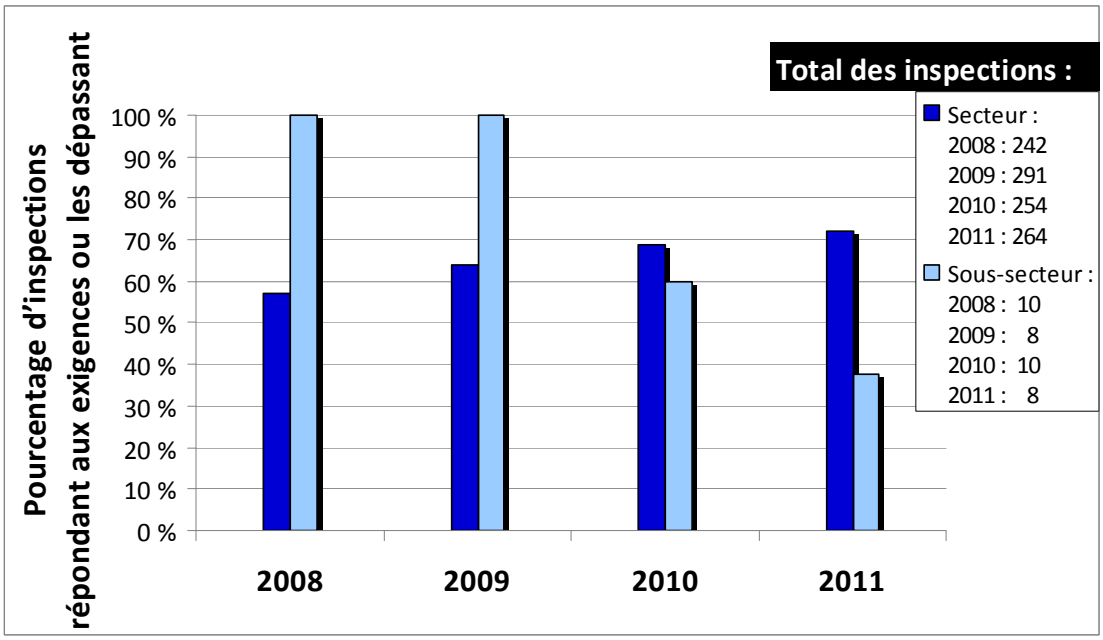


Figure 25 : Secteur médical et sous-secteur de la radiothérapie – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.1.8.3 SOUS-SECTEUR DE LA MÉDECINE NUCLÉAIRE VÉTÉRINAIRE

La pratique de la médecine nucléaire vétérinaire devient plus fréquente au Canada. Faisant appel aux mêmes techniques que celles utilisées en médecine nucléaire humaine, des cliniques vétérinaires réparties dans l'ensemble du pays offrent une vaste gamme de services diagnostiques et thérapeutiques.

Figure 26 : Scintigraphie osseuse sur un cheval. Source : Toronto Equine Hospital (avec autorisation).

La médecine nucléaire vétérinaire diagnostique utilise des doses importantes de produits radiopharmaceutiques pour réaliser des scintigraphies osseuses sur les chevaux, comme le montre la figure 26. Les animaux blessés peuvent alors recevoir des interventions correctives pour favoriser leur rétablissement.

L'utilisation la plus fréquente de la médecine nucléaire thérapeutique est le traitement de l'hyperthyroïdie chez les chats. Cette procédure répond aux mêmes principes que le traitement des troubles ou des cancers de la thyroïde chez les humains. Étant donné que la glande thyroïde concentre l'iode présent dans l'organisme, la haute dose d'iode va irradier les tissus associés au trouble.

D'autres techniques thérapeutiques sont en train de voir le jour au Canada, principalement en ce qui concerne l'irradiation externe de tissus à l'aide de sources scellées ou d'accélérateurs linéaires.

Sur le plan des activités d'autorisation et de vérification de la conformité, un sujet de préoccupation est le contrôle exercé par le titulaire de permis sur les animaux lorsque les substances nucléaires ont été administrées. Lors du processus d'évaluation, le personnel chargé des autorisations examine les politiques et les procédures mises en place pour veiller à ce que les animaux soient hébergés de façon sécuritaire, qu'ils soient séparés des autres animaux et du personnel et qu'ils ne soient remis à leurs propriétaires qu'à partir du moment où ils ne présentent plus de risque. Ces exigences sont appliquées par l'ajout de conditions de permis. Lors des inspections de vérification de la conformité, les inspecteurs de la CCSN vérifieront si ces conditions sont respectées et si le personnel manipule les substances nucléaires et les patients de manière sécuritaire. Cet effort de collaboration assure un milieu de travail sûr aux employés du titulaire de permis et un traitement correct des animaux; il augmente également la sécurité des clients de la clinique lorsque les animaux sont remis aux soins de leur propriétaire.

La figure 27 compare les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du sous-secteur de la médecine nucléaire vétérinaire à ceux du secteur de la médecine, entre 2008 et 2011. La figure présente le pourcentage des inspections qui répondent aux exigences ou les dépassent (cotes « satisfaisant » et « entièrement satisfaisant »). Les résultats d'inspection se sont améliorés depuis 2008, de sorte que le sous-secteur affiche maintenant un niveau de rendement très proche de celui de l'ensemble du secteur médical.

La figure 28 compare les résultats d'inspection de la radioprotection du sous-secteur de la médecine nucléaire vétérinaire à ceux du secteur médical, pendant la même période (2008 à 2011). La figure démontre que le niveau de rendement du sous-secteur est resté stable durant la période visée par le rapport, et qu'il est très semblable à celui du secteur en général.

Figure 27 : Secteur médical et sous-secteur de la médecine nucléaire vétérinaire – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

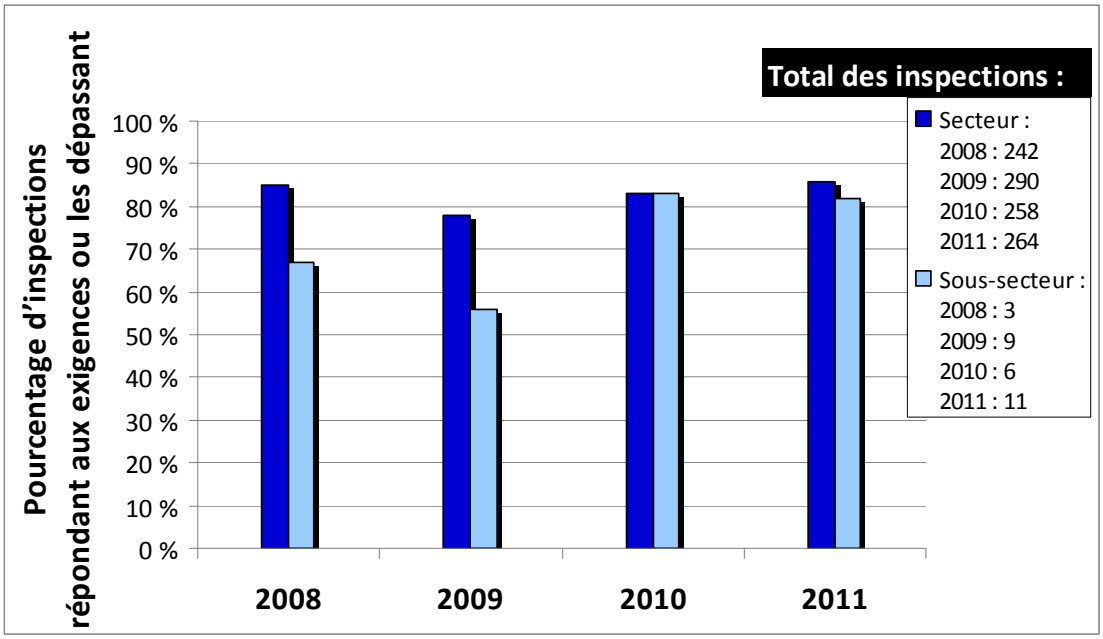
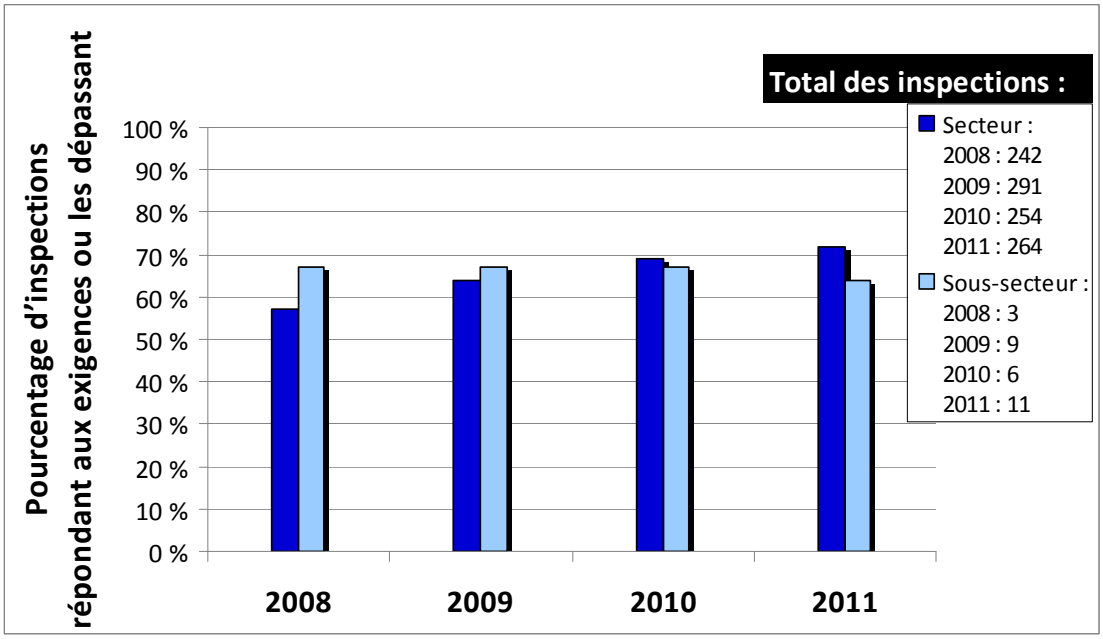


Figure 28 : Secteur médical et sous-secteur de la médecine nucléaire vétérinaire – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.1.9 SECTEUR MÉDICAL – RÉSUMÉ

En général, le secteur médical a fait preuve de conformité. Les doses aux travailleurs sont restées faibles, et celles des travailleurs en radiothérapie étaient particulièrement faibles.

Depuis 2010, la cote attribuée aux programmes de radioprotection du sous-secteur de la radiothérapie a affiché une baisse. Celle-ci s'explique par le petit nombre de titulaires de multiples permis et par le fait qu'un seul cas de non-conformité peut mettre en cause plusieurs permis. Les cas de non-conformité observés lors des inspections de la CCSN n'ont pas suscité de préoccupation immédiate en matière de sûreté. Ces cas ont été réglés au moyen des mesures d'application habituelles, comme demander aux titulaires de permis de présenter des rapports périodiques sur les mesures prises pour rétablir la conformité ou augmenter la fréquence des inspections.

Le nombre d'événements et d'incidents a augmenté par rapport à 2010, principalement à cause d'une augmentation du nombre de déversements signalés dans des laboratoires de médecine nucléaire et d'une légère hausse du nombre d'événements mettant en cause la perte de substances nucléaires. Le personnel de la CCSN continue de travailler avec les titulaires de permis du secteur médical pour s'assurer que tous les cas de contamination de la peau sont signalés. Ceci s'est traduit par une augmentation annuelle modérée de ces types d'événements.

6.2 SECTEUR INDUSTRIEL

6.2.1 DESCRIPTION

Les titulaires de permis du secteur industriel utilisent des substances nucléaires et des appareils à rayonnement pour effectuer des tâches de diagnostic, de contrôle de la qualité et de caractérisation. Au 31 décembre 2011, on comptait 1 456 de ces titulaires de permis. Les activités autorisées du secteur industriel sont généralement exercées dans des installations de production industrielle ou lors de travaux sur le terrain, y compris sur des sites de construction.

Les applications industrielles des substances nucléaires sont aussi variées que les procédés dans lesquels elles interviennent. Certains radio-isotopes sont choisis en fonction des propriétés du rayonnement qu'ils émettent et des applications prévues. Par exemple, la capacité de pénétration du cobalt 60 est très différente de celle de l'iridium 192, tandis que le californium 252 est utilisé pour ses propriétés d'émetteur de neutrons. Les applications caractéristiques du secteur industriel comprennent la mesure de paramètres physiques (par exemple, la densité, l'humidité et la composition géologique, ainsi que le niveau et le débit dans des procédés industriels) dans les domaines de l'exploration pétrolière et gazière, de la fabrication et du génie civil.

Aux fins du présent rapport, le secteur industriel a été subdivisé en quatre sous-secteurs : jauges portatives; jauges fixes; gammagraphie industrielle; et diagraphie des puits de pétrole. Collectivement, ces sous-secteurs correspondent à 1 052 permis ou 72 % des 1 456 permis du secteur industriel.

6.2.2 DOSES AUX TRAVAILLEURS

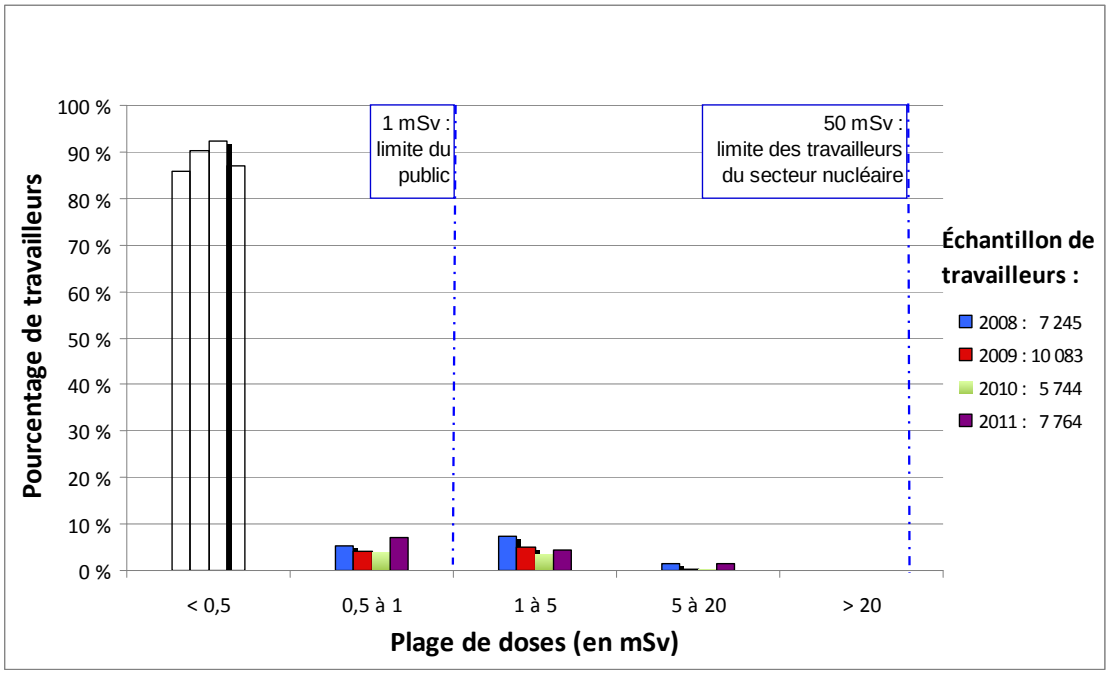
Les titulaires de permis du secteur industriel qui utilisent des substances nucléaires et des appareils à rayonnement ont la possibilité de travailler avec des sources très radioactives, selon l'usage. Compte tenu des usages particuliers, les employés n'ont pas nécessairement à travailler en étroite proximité avec ces sources; ceci fait en sorte que les doses aux travailleurs du secteur industriel sont généralement au même niveau que celles du secteur médical ou du secteur commercial.

Les données figurant dans la présente section représentent les dossiers de dosimétrie des travailleurs qui peuvent être exposés au rayonnement dans le cadre des activités autorisées par la CCSN. Les données proviennent d'informations sur les doses fournies par les titulaires de permis dans leur rapport annuel de conformité pour les années 2008 à 2011. Afin de quantifier ce critère de rendement (doses aux travailleurs), le personnel de la CCSN a analysé, pour chaque secteur, un échantillon représentatif de données de dosimétrie provenant d'une sélection aléatoire de rapports annuels de conformité soumis par les titulaires de permis.

Le terme « échantillon de travailleurs » se trouvant dans les figures représente le nombre de travailleurs dont les données de dosimétrie ont été analysées (7 764 travailleurs ont fait l'objet de l'échantillonnage en 2011). Comme le montre la figure 29, les doses moyennes aux travailleurs du secteur industriel sont plus ou moins restées au même niveau depuis 2008. En 2011, 94 % des travailleurs échantillonnés du secteur industriel (à l'exception de ceux qui utilisent des jauges portatives) ont reçu des doses de rayonnement inférieures

à 1 mSv/an, soit la limite de dose du public. La figure 29 ne tient pas compte des données sur les doses reçues par les travailleurs utilisant des jauges portatives. Ces données ont été établies d'après des plages de doses légèrement différentes, affichées séparément à la figure 33. Si l'on tient compte des titulaires de permis de jauges portatives, 92,6 % des travailleurs de ce secteur ont reçu des doses inférieures à la limite de dose du public.

Figure 29 : Secteur industriel – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire » et les « autres travailleurs », à l'exception des utilisateurs de jauges portatives



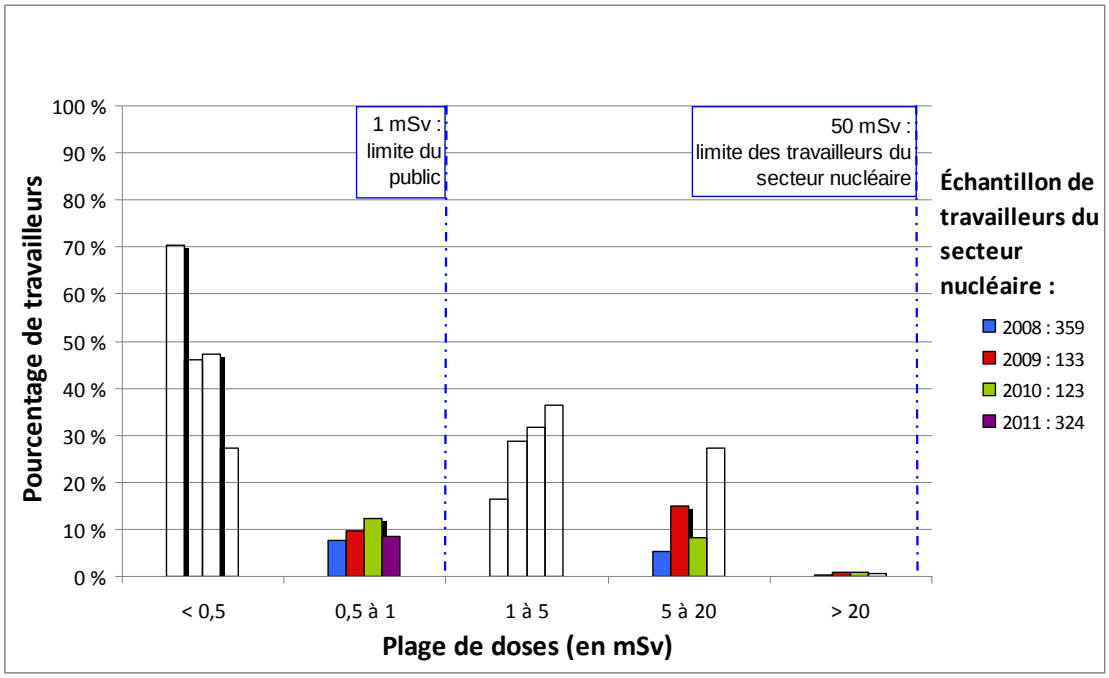
Les travailleurs du sous-secteur de la gammagraphie industrielle ont toujours reçu les doses les plus élevées au sein du secteur industriel. Les travailleurs de ce sous-secteur travaillent en étroite proximité avec des appareils à rayonnement qui contiennent de fortes et pénétrantes sources de rayonnement utilisées à des fins d'essai non destructif.

En 2011, 36 % des « travailleurs du secteur nucléaire » œuvrant dans le sous-secteur de la gammagraphie industrielle ont reçu des doses inférieures à la limite de dose du public. Moins de 1 % des travailleurs ont été exposés à des niveaux de dose supérieurs à 20 mSv, mais tous ont reçu moins de 50 mSv, soit la limite de dose annuelle pour les « travailleurs du secteur nucléaire ». Ces renseignements sont affichés à la figure 30.

Les doses reçues par les travailleurs du sous-secteur de la gammagraphie industrielle ont affiché une augmentation importante en 2011. Par exemple, le nombre de travailleurs recevant des doses comprises entre 5 mSv et 20 mSv a augmenté de 19 % en 2011, par comparaison avec 2010.

D'après des conversations avec des titulaires de permis, cette augmentation est probablement due au plus grand nombre de travaux de gammagraphie réalisés en 2011, entraînant le signalement de doses aux travailleurs plus élevées.

Figure 30 : Gammagraphie industrielle – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »



Dans le sous-secteur de la diagraphie des puits de pétrole, les sources scellées sont principalement utilisées pour analyser la structure géologique et la composition des trous de forage. En 2011, 37 titulaires de permis exerçaient ces activités de diagraphie au Canada. Comparativement aux années précédentes, les doses reçues par les « travailleurs du secteur nucléaire » effectuant la diagraphie des puits de pétrole et le nombre de « travailleurs du secteur nucléaire » recevant des doses inférieures à 1 mSv sont restés supérieurs à 80 %. Par ailleurs, le nombre de « travailleurs du secteur nucléaire » recevant des doses comprises entre 5 mSv et 20 mSv a légèrement augmenté, passant de 0,5 % en 2010 à 1 % en 2011. Ceci est probablement attribuable à une utilisation accrue des sources de diagraphie des puits de forage, qui coïncide avec une hausse des explorations géologiques. En 2011, aucun « travailleur du secteur nucléaire » n'a reçu plus de 20 mSv. La limite de dose pour un « travailleur du secteur nucléaire » est de 50 mSv par période de dosimétrie d'un an. Les doses en lien avec ce sous-secteur sont illustrées à la figure 31.

Au cours de la période 2008-2011, les doses annuelles au corps entier pour les « autres travailleurs » n'ont jamais dépassé la limite réglementaire pour les membres du public de 1 mSv/an. Les doses reçues par les « autres travailleurs » de ce sous-secteur sont présentées à la figure 32.

Figure 31 : Diagraphie des puits de pétrole – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

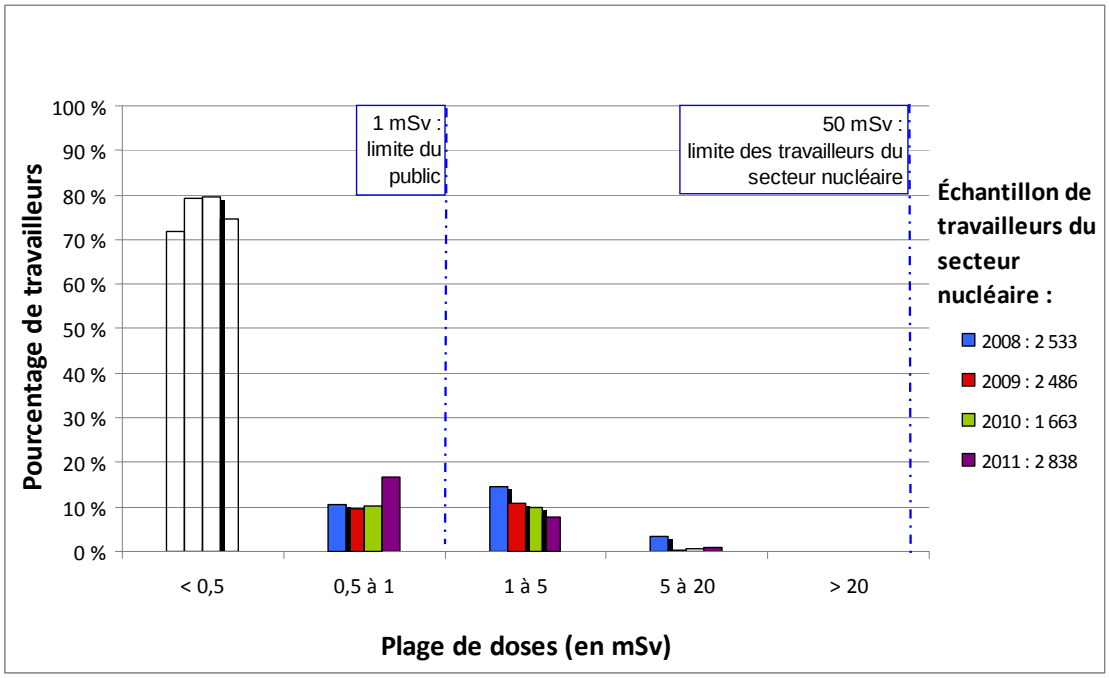
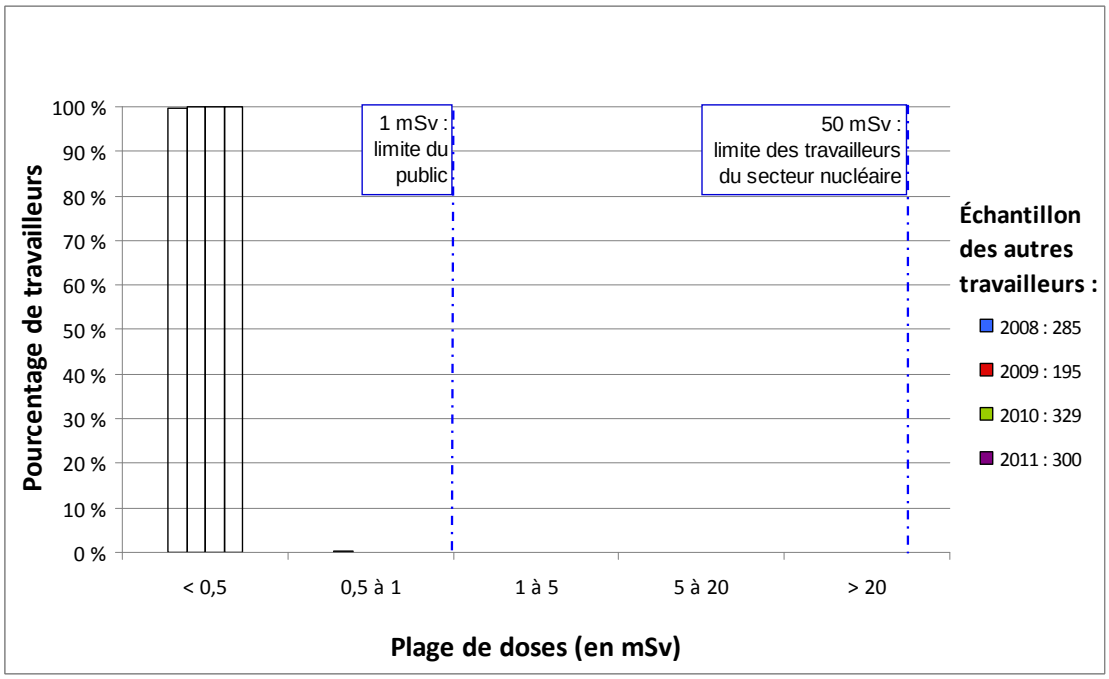
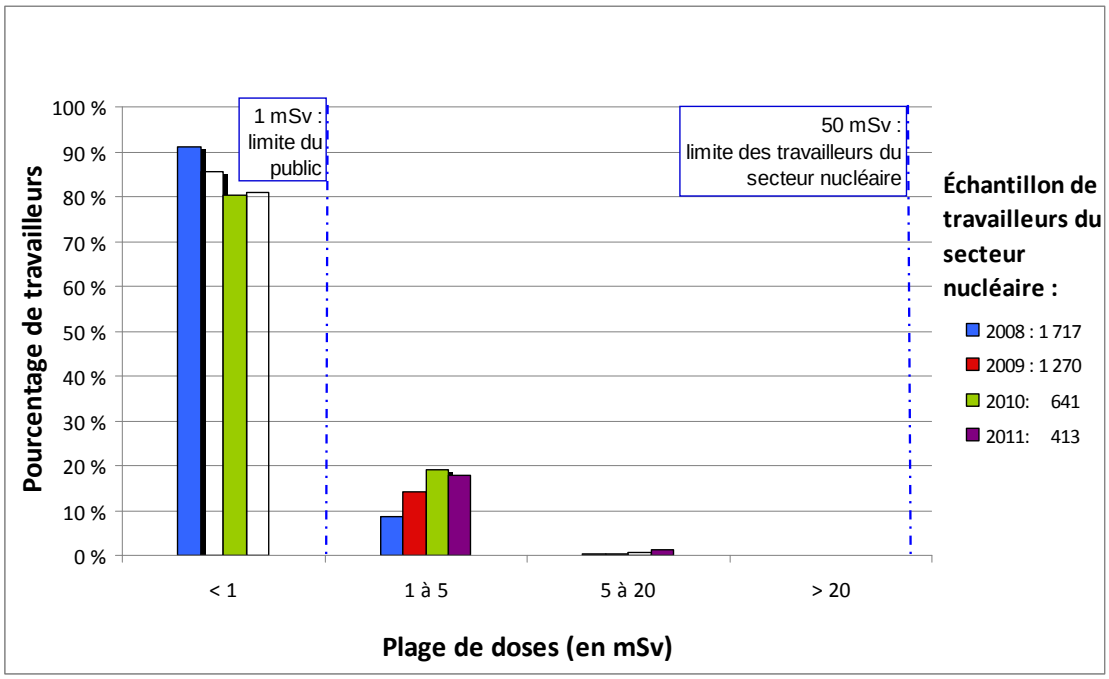


Figure 32 : Diagraphie des puits de pétrole – Doses annuelles au corps entier pour les « autres travailleurs »



Les doses aux « travailleurs du secteur nucléaire » utilisant des jauges portatives sont demeurées stables par rapport à celles signalées en 2010. Entre 2008 et 2011, aucun « travailleur du secteur nucléaire » n'a dépassé la limite de dose annuelle de 50 mSv. Les doses en lien avec ce sous-secteur sont illustrées à la figure 33.

Figure 33 : Jauges portatives – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »



6.2.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION

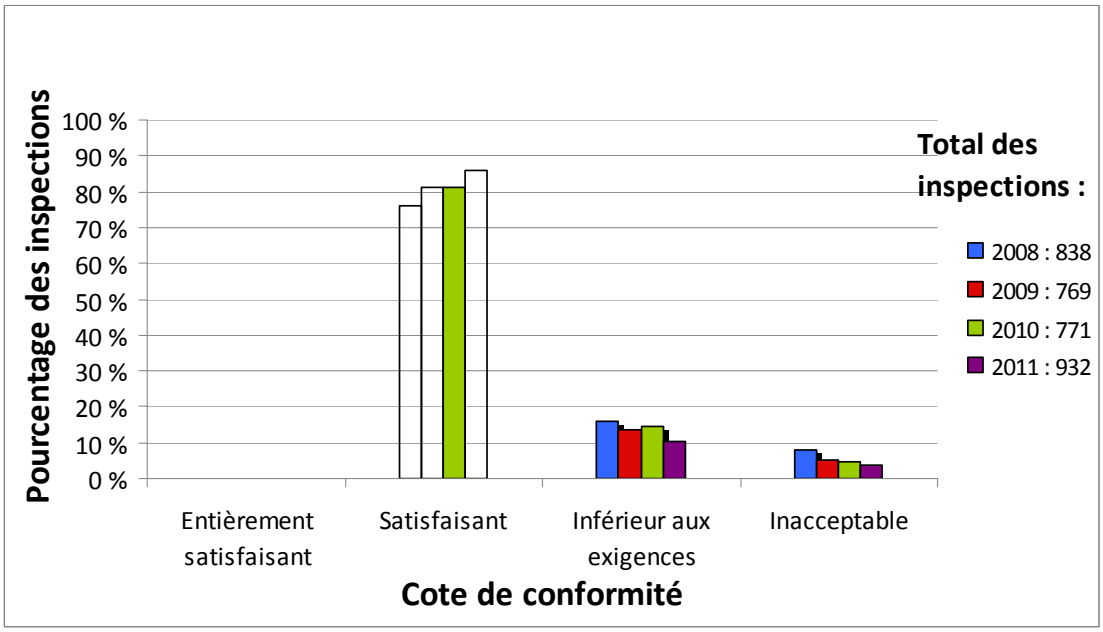
La figure 34 montre les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du secteur industriel. En 2011, 86 % des titulaires de permis inspectés faisaient preuve de conformité dans ce domaine de sûreté. Parmi les titulaires de permis inspectés, 10 % ont reçu une cote « inférieur aux exigences » parce qu'ils présentaient des cas de non-conformité sans incidence importante sur la sûreté, tandis que 4 % ont reçu une cote « inacceptable ». Une cote « inacceptable » fait état d'un niveau de rendement nettement inférieur aux exigences, mais sans la prise de mesures correctives, il est fort probable que les lacunes relevées entraînent un risque inacceptable pour la santé et la sécurité des travailleurs et du public, ou pour l'environnement.

Au nombre des cas types de non-conformité observés dans ce domaine de sûreté, on trouve le défaut des travailleurs de suivre les procédures du titulaire de permis, le défaut du titulaire de permis de tenir des dossiers de formation adéquats ou d'effectuer des épreuves d'étanchéité des appareils aux fréquences prescrites.

Depuis 2008, le niveau de conformité des titulaires de permis inspectés a augmenté de 10 % dans le domaine de sûreté de la conduite de l'exploitation. Par conséquent, le nombre de titulaires de permis présentant une cote « inférieur aux exigences » ou

« inacceptable » a diminué. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.3 de l'annexe C.

Figure 34 : Secteur industriel – Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation



6.2.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION

La figure 35 montre les résultats d'inspection de la radioprotection du secteur industriel. En 2011, 87 % des titulaires de permis inspectés faisaient preuve de conformité dans ce domaine de sûreté. Parmi les titulaires de permis inspectés, 9 % ont reçu une cote « inférieur aux exigences » parce qu'ils présentaient des cas de non-conformité sans incidence importante sur la sûreté, tandis que 4 % ont reçu une cote « inacceptable ».

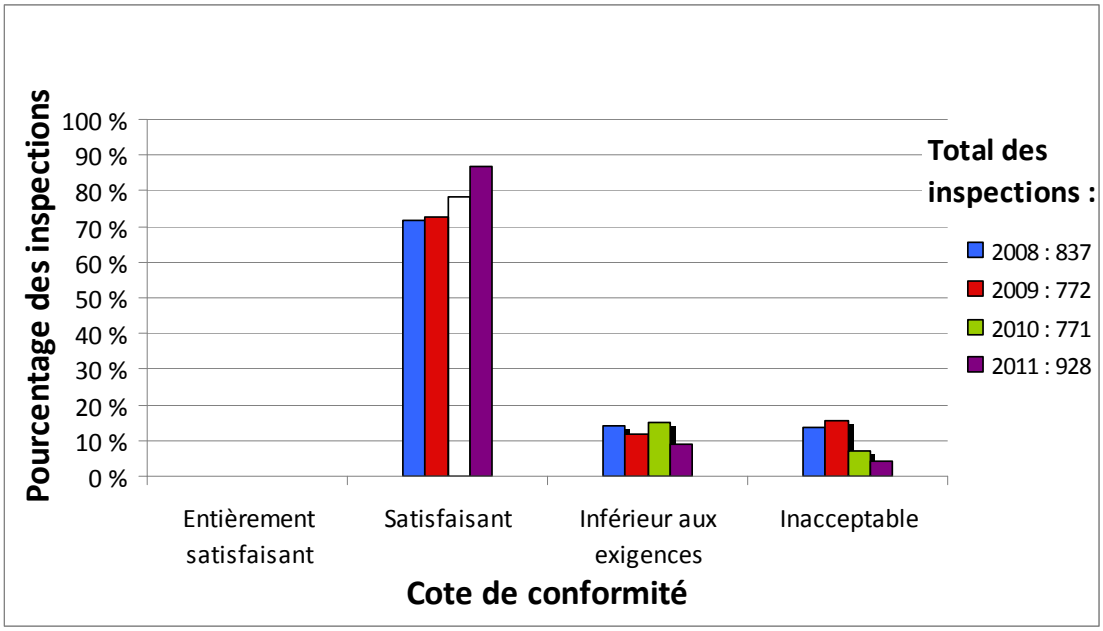
Au nombre des cas types de non-conformité observés dans ce domaine de sûreté, on trouve des appareils mal étiquetés, le défaut de signaler à la CCSN le dépassement d'un seuil d'intervention ou l'incapacité d'un titulaire de permis de démontrer que les doses respectent le principe ALARA (niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre).

La CCSN utilise des mesures d'application graduelles pour régler les cas de non-conformité sans risque immédiat pour la santé et la sécurité des travailleurs et du public, ou pour l'environnement. Pour rétablir la conformité des titulaires de permis, la CCSN a recours notamment à des avis d'action écrits, à une correspondance et à des rencontres avec la haute direction pour discuter des problèmes, ainsi qu'à l'acceptation de plans d'arrêt volontaire des opérations jusqu'à ce qu'elles répondent aux exigences.

En examinant le niveau de conformité dans ce domaine de sûreté entre 2008 et 2011, on constate que le taux de conformité des titulaires de permis inspectés s'est amélioré. En 2008, 72 % des titulaires de permis se conformaient aux exigences; ce nombre est passé à 87 % en 2011. On note une amélioration plus marquée de la conformité dans le nombre

de titulaires de permis qui, au départ, démontrait un rendement « inacceptable ». En 2008, 14 % des titulaires de permis avaient un niveau de conformité jugé « inacceptable ». En 2011, ce nombre est passé à 4 %, indiquant ainsi une amélioration générale dans ce domaine de sûreté. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.4 de l'annexe C.

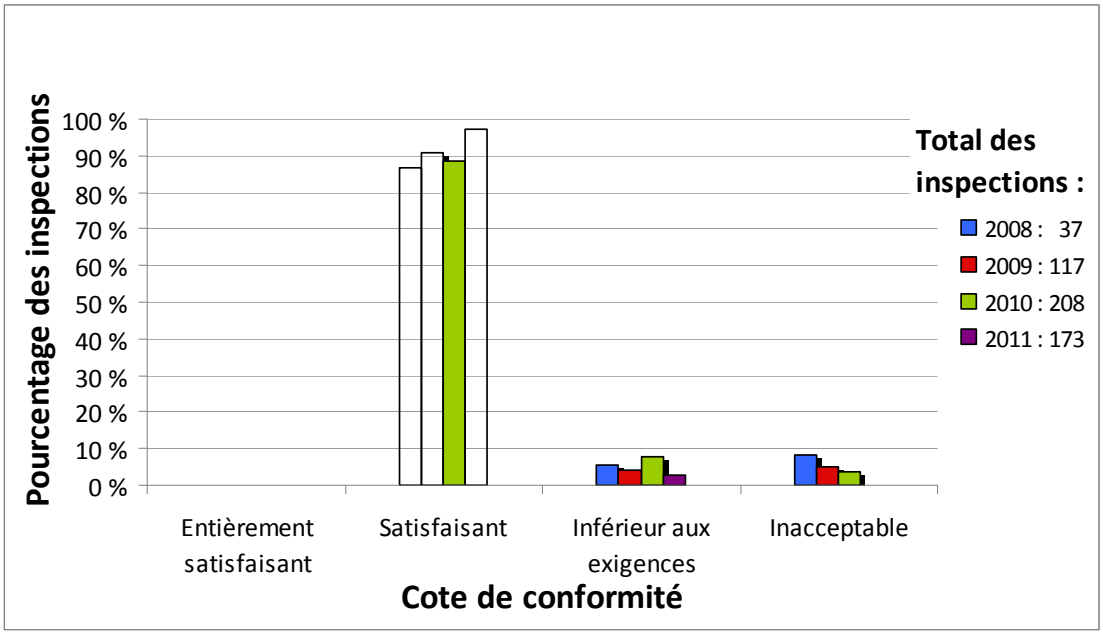
Figure 35 : Secteur industriel – Résultats d'inspection de la radioprotection



6.2.5 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES

Les résultats d'inspection touchant le suivi des sources scellées pour le secteur industriel sont illustrés à la figure 36. En 2011, 173 inspections ont permis de vérifier la conformité aux exigences en matière de suivi des sources scellées et 97 % des titulaires de permis inspectés faisaient preuve de conformité. La répartition des résultats d'inspection des titulaires de permis semble s'être améliorée légèrement de 2008 à 2011. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.5 de l'annexe C.

Figure 36 : Secteur industriel – Résultats d'inspection du suivi des sources scellées



6.2.6 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS

Dans le secteur industriel, le nombre d'événements signalés est relativement élevé lorsqu'on le compare au nombre correspondant des autres secteurs, mais cela est caractéristique des 1 456 titulaires de permis de ce secteur. Comme le montre la figure 37, 83 événements ont été signalés en 2011.

La majorité des incidents signalés dans ce secteur mettaient en cause des appareils défectueux ou endommagés; bon nombre d'entre eux concernaient des jauges portatives ou des problèmes posés par le blocage des sources dans des appareils d'exposition. En fait, on a signalé 24 incidents mettant en cause des jauges portatives renversées ou écrasées par des véhicules sur des sites de construction en 2011, alors que le nombre de cas s'élevait à 12 en 2010. Ces incidents sont probablement attribuables à une utilisation accrue de jauges portatives sur des sites de construction, qui coïncide avec une hausse des travaux d'infrastructure effectués au Canada en 2011. Les titulaires de permis concernés par ces incidents ont mis en place des procédures d'intervention que la CCSN a jugées satisfaisantes quant à leur capacité d'atténuer les conséquences des événements et de limiter l'exposition au rayonnement des travailleurs et du public.

Pour tenir compte du nombre important d'incidents mettant en cause des jauges portatives, la CCSN a publié dans le courant de l'été 2011 un numéro spécial du *Bulletin d'information de la Direction de la réglementation des substances nucléaires*[6]. On y trouve une description des mesures importantes pour prévenir et régler les accidents liés aux jauges portatives. La CCSN a constaté par la suite une diminution du nombre de jauges écrasées, preuve manifeste des mesures appropriées prises par les titulaires de

[6] Peut être consulté en ligne à l'adresse http://www.nuclearsafety.gc.ca/fr/pdfs/DNSR-Newsletter/Summer-2011-Special-Edition-DNSR-Newsletter_f.PDF

permis. De plus, les inspecteurs de la CCSN ont réalisé un plus grand nombre d'inspections sur le terrain pour vérifier la conformité des utilisateurs de jauges portatives du secteur industriel.

Dans le secteur industriel, 13 cas de perte de substances nucléaires ont également été signalés. Parmi ceux-ci, on a fait état de six cas de substances nucléaires trouvées et de sept cas de substances nucléaires perdues. Dans trois des sept cas, les substances nucléaires ont été récupérées peu de temps après le signalement de leur perte.

En ce qui concerne les quatre autres cas de perte, trois incidents concernaient le vol de jauges portatives sur des sites de construction ou dans des véhicules, et un incident comprenait la perte d'un analyseur qui, de l'avis du titulaire de permis, a peut-être été expédié par inadvertance avec des déchets métalliques. Ces quatre derniers incidents concernaient des sources à risque faible ou très faible. Les appareils dont le vol a été signalé font l'objet d'une enquête par les autorités locales et le titulaire de permis. La CCSN a également publié des renseignements sur son site Web et avisé les autorités provinciales et internationales appropriées, y compris l'Agence internationale de l'énergie atomique et la Nuclear Regulatory Commission des États-Unis.

Sur les six rapports faisant état de substances nucléaires trouvées, un cas concernait un appareil à rayonnement découvert dans une installation de recyclage du métal et quatre cas concernaient la découverte de substances nucléaires par des membres du public. Le dernier rapport concernait une jauge fixe trouvée par un fournisseur de matériel d'exploitation minière alors qu'il procédait à la vérification de l'inventaire de son entrepôt. Cette jauge avait été initialement expédiée par une mine dix ans auparavant en vue de son évacuation à l'installation de la gestion des déchets d'Énergie atomique du Canada limitée à Chalk River en Ontario. On suppose que cette jauge se trouvait avec divers équipements d'exploitation minière et qu'elle a été accidentellement livrée et stockée dans l'entrepôt du service d'approvisionnement. La jauge a été renvoyée à la mine où des mesures appropriées sont prises pour assurer son évacuation. Pour obtenir plus de détails sur ces types particuliers d'événements, les lecteurs sont invités à consulter le *Rapport sur la perte ou le vol de sources scellées et d'appareils à rayonnement*[7], qui se trouve sur le site Web de la CCSN.

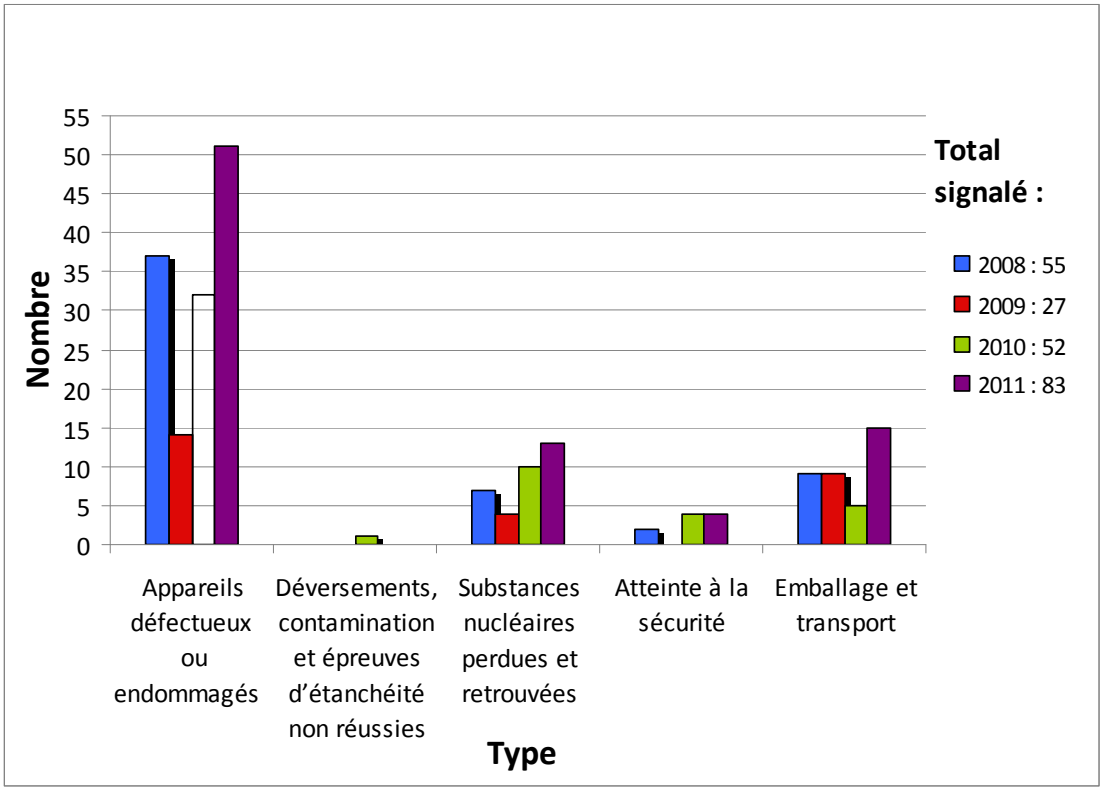
On a signalé quatre atteintes à la sécurité en 2011. Dans les quatre cas, une personne qui n'était pas un « travailleur du secteur nucléaire » est entrée dans une zone à accès restreint établie préalablement avant l'utilisation d'un appareil d'exposition. Heureusement, dans tous les cas, la personne n'a pas reçu une dose de rayonnement importante de l'appareil. Toutes les doses reçues se situaient bien en deçà de la limite réglementaire fixée à 1 mSv pour les membres du public. Bien que ces incidents aient été classés en tant qu'atteintes à la sécurité, ils étaient tous attribuables à un contrôle insuffisant dans le milieu de travail.

Dans le domaine de l'emballage et du transport, la plupart des 15 rapports d'événements faisaient état d'accidents concernant des véhicules transportant des substances nucléaires. Dans tous les cas, aucun colis n'a été endommagé. Deux rapports ont fait état de substances nucléaires transportées de façon non conforme aux exigences réglementaires. Dans un cas, les panneaux appropriés n'étaient pas affichés sur le véhicule et dans l'autre, les substances nucléaires n'étaient pas accompagnées des documents appropriés.

[7] Peut être consulté en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/readingroom/reports/lost_stolen_ss_rd/index.cfm

Aucun des événements signalés par les titulaires de permis du secteur industriel n'a entraîné une dose de rayonnement pour un travailleur ou un membre du public qui dépassait les limites réglementaires.

Figure 37 : Secteur industriel – Événements et incidents signalés



6.2.7 MESURES D'APPLICATION

6.2.7.1 ORDRES ET MESURES À PRENDRE PAR LES TITULAIRES DE PERMIS

En 2011, des inspecteurs de la CCSN ont délivré 13 ordres à des titulaires de permis du secteur industriel. Le tableau 1 donne la liste de ces ordres. Pour de plus amples renseignements sur ces mesures d'application, les lecteurs sont invités à consulter la page *Mesures réglementaires* sur le site Web de la CCSN.[8]

Tableau 1 : Mesures d'application dans le secteur industriel – Ordres et mesures à prendre par les titulaires de permis

Titulaire de permis	Lieu	Date de délivrance de l'ordre	Mesures à prendre par le titulaire de permis	Date de clôture de l'ordre
Western Inspection Ltd. (gammagraphie industrielle)	Calgary (Alberta)	14 avril 2011	Interdire à un opérateur d'appareil d'exposition accrédité d'effectuer toute opération avec des substances nucléaires jusqu'à ce que le titulaire de permis puisse démontrer que l'opérateur en question ne présente plus de risque pour la santé et la sécurité des personnes.	3 juin 2011
		24 mai 2011	Modification : Présenter un plan d'action pour le programme de formation et les résultats de la vérification.	
Stewart, Weir & Co. Ltd. (jauges portatives)	Sherwood Park (Alberta)	18 mai 2011	Cesser l'utilisation d'appareils à rayonnement et entreposer l'équipement en toute sécurité. Démontrer qu'un contrôle adéquat de la gestion des pratiques de travail a été mis en place.	3 juin 2011
AR Geotechnical Engineering Ltd. (jauges portatives)	Medicine Hat (Alberta)	7 juillet 2011	Entreposer de façon sécuritaire toutes les substances nucléaires et tous les appareils nucléaires jusqu'à ce qu'un programme de radioprotection ait été pleinement mis en œuvre, que le personnel ait reçu une formation appropriée et que tous les cas de non-conformité observés durant l'inspection aient été résolus.	29 août 2011

[8] Peut être consultée en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/lawsregs/regulatoryaction/index.cfm

Titulaire de permis	Lieu	Date de délivrance de l'ordre	Mesures à prendre par le titulaire de permis	Date de clôture de l'ordre
Mistras Canada Inc. (gammagraphie industrielle)	Olds (Alberta)	13 juillet 2011	Interdire à un opérateur d'appareil d'exposition accrédité de mener toutes les activités réglementées (à l'exception du transport) jusqu'à ce que le titulaire de permis puisse démontrer que l'opérateur en question ne présente plus de risque pour la santé et la sécurité des personnes.	28 juillet 2011
		21 juillet 2011	Modification : Présenter un plan d'action démontrant que l'opérateur d'appareil d'exposition accrédité ne présente plus un risque inacceptable pour la santé et la sécurité des travailleurs et du public.	
Advance Testing Ltd. (jauges portatives)	Surrey (Colombie-Britannique)	10 août 2011	Entreposer de façon sécuritaire toutes les substances nucléaires et tous les appareils nucléaires jusqu'à ce qu'un programme de radioprotection ait été pleinement mis en œuvre, que la direction ait établi un contrôle adéquat sur les pratiques de travail et que tous les cas de non-conformité observés durant l'inspection aient été résolus.	23 août 2011
EnviroGeo Testing (jauges portatives)	Medicine Hat (Alberta)	23 août 2011	Entreposer toutes les jauges nucléaires jusqu'à ce que les employés aient reçu une formation appropriée et que tous les cas de non-conformité observés durant l'inspection aient été résolus.	19 septembre 2011
Pazin Geotechnical Services Ltd. (jauges portatives)	Toronto (Ontario)	26 août 2011	Transférer toutes les matières nucléaires en sa possession à un autre titulaire de permis de la CCSN autorisé à posséder des matières nucléaires.	29 septembre 2011

Titulaire de permis	Lieu	Date de délivrance de l'ordre	Mesures à prendre par le titulaire de permis	Date de clôture de l'ordre
The Graff Company ULC (gammagraphie industrielle)	Brampton (Ontario)	12 septembre 2011	Entreposer toutes les substances nucléaires jusqu'à ce que les employés aient reçu une formation appropriée, qu'un programme de radioprotection efficace ait été mis en place et que tous les cas de non-conformité observés durant l'inspection aient été résolus.	24 octobre 2011
Global Engineering & Testing Ltd. (jauges portatives)	Calgary (Alberta)	22 septembre 2011	Entreposer toutes les jauges nucléaires jusqu'à ce que les employés aient reçu une formation appropriée et que tous les cas de non-conformité observés durant l'inspection aient été résolus.	28 octobre 2011
Stasuk Testing and Inspection Ltd. (gammagraphie industrielle)	Burnaby (Colombie-Britannique)	5 octobre 2011	Entreposer l'appareil à rayonnement, puis l'évacuer conformément à la loi ou prendre immédiatement les mesures pour obtenir un permis valide.	20 décembre 2011
Recon Petrotechno-logies Ltd. (diagraphie des puits de pétrole)	Lloyd-minster (Alberta)	19 octobre 2011	Arrêter d'utiliser les sources nucléaires jusqu'à ce que des radiamètres étalonnés et fonctionnels soient disponibles pour mener les activités.	28 octobre 2011
Stasuk Testing and Inspection Ltd. (gammagraphie industrielle)	Burnaby (Colombie-Britannique)	21 octobre 2011	Limiter l'utilisation de l'accélérateur et prendre des mesures pour restreindre l'accès à l'installation quand l'accélérateur est en marche.	29 novembre 2011
Mistras Canada Inc. (gammagraphie industrielle)	Olds (Alberta)	6 décembre 2011	Révoquer les fonctions de surveillance attribuées à un opérateur d'appareil d'exposition accrédité. Mistras Canada Inc. doit s'assurer que l'opérateur accrédité concerné n'assurera aucune surveillance de stagiaires jusqu'à ce que la société puisse démontrer, à la satisfaction de la CCSN, que l'opérateur respectera le protocole de surveillance approprié.	Au moment de la publication, l'ordre est toujours en vigueur.

Titulaire de permis	Lieu	Date de délivrance de l'ordre	Mesures à prendre par le titulaire de permis	Date de clôture de l'ordre
		11 janvier 2012	Modification : Mistras Canada Inc. doit interdire à l'employé d'assurer la surveillance de stagiaires jusqu'à ce que l'entreprise fournisse à la CCSN une preuve satisfaisante que l'employé comprend ses tâches et ses fonctions à titre d'opérateur d'appareil d'exposition accrédité lorsqu'il assure la surveillance d'un stagiaire conformément au *Règlement sur les substances nucléaires et les appareils à rayonnement*.	

Il faut remarquer que le nombre plus important d'ordres délivrés par la CCSN en 2011 par rapport à 2010 et 2009 (sept chaque année) n'indique pas nécessairement une dégradation de l'état global de conformité chez les titulaires de permis. En fait, le nombre accru d'ordres est en partie lié à l'augmentation du nombre d'inspections menées sur le terrain. Nous invitons les lecteurs qui souhaitent en savoir davantage sur les ordres délivrés en 2008, 2009 et 2010 à consulter les éditions précédentes du rapport *Les substances nucléaires au Canada : Rapport sur le rendement en matière de sûreté.*[9]

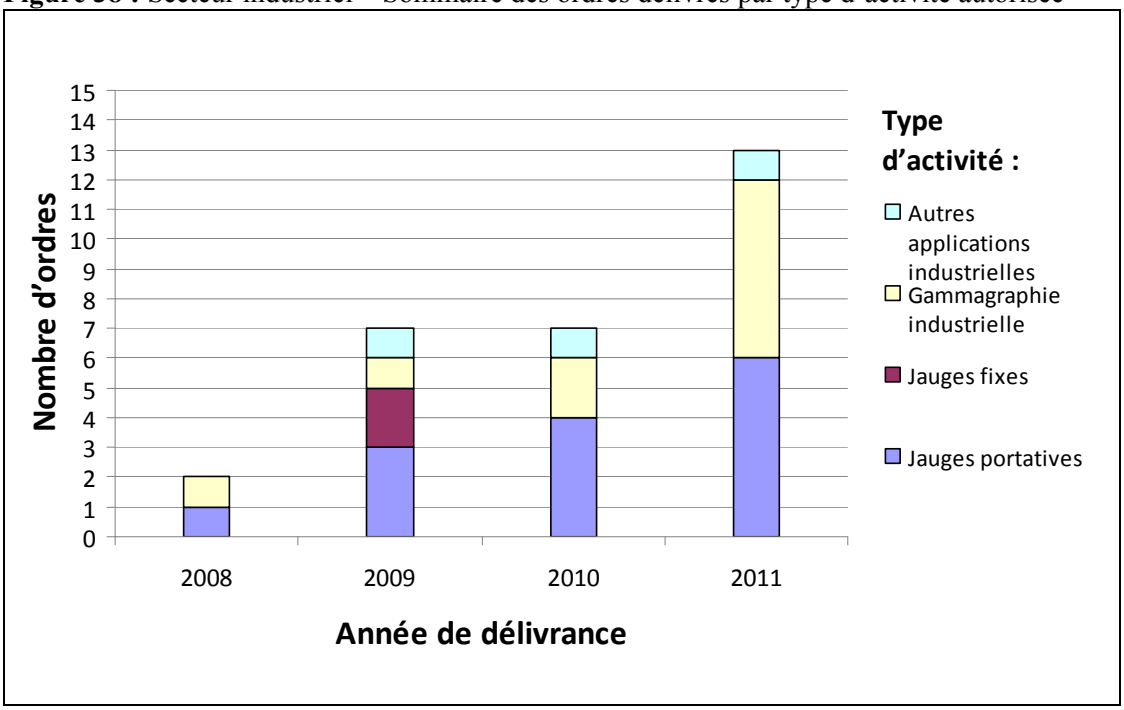
La CCSN a adopté un programme de réglementation fondé sur la connaissance du risque, dans le cadre duquel la fréquence des inspections d'un titulaire de permis donné repose sur le niveau de risque que représente l'activité autorisée. La fréquence des inspections de vérification de la conformité varie parmi les titulaires de permis, en fonction du niveau de risque que représentent les activités exercées. Dans le secteur industriel, ces inspections peuvent être effectuées tous les ans (titulaires de permis à risque élevé), tous les cinq ans (titulaires de permis à moyen risque) ou au besoin (titulaires de permis à faible risque).

Pour ce qui concerne les titulaires de permis à faible risque, l'élément déclencheur d'une inspection peut être un événement ou un problème relevé dans leur rapport annuel de conformité. Il se peut donc que la CCSN n'inspecte pas tous les titulaires de permis du secteur industriel chaque année. Cela dit, tous les titulaires de permis sont tenus de présenter un rapport annuel de conformité aux fins d'examen. Il est donc possible que les inspecteurs constatent le besoin de délivrer plusieurs ordres pour une année, et qu'au cours des années suivantes, peu d'ordres soient délivrés. De plus, dans le cas de problèmes sérieux présentant un risque pour la santé et la sécurité, la CCSN a recours plus fréquemment à des ordres qu'à d'autres mesures d'application moins sévères.

Un sommaire des ordres délivrés dans le secteur industriel entre 2008 et 2011, par type d'activité autorisée, est illustré à la figure 38.

[9] Peuvent être consultées en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/readingroom/reports/use-of-nuclear-substances/index.cfm

Figure 38 : Secteur industriel – Sommaire des ordres délivrés par type d'activité autorisée



6.2.7.2 RETRAIT DE L'ACCRÉDITATION À DES OPÉRATEURS D'APPAREIL D'EXPOSITION

Conformément à la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, les travailleurs qui utilisent des appareils d'exposition pour effectuer les travaux de gammagraphie industrielle au Canada doivent être accrédités par la CCSN. De plus, la CCSN a le pouvoir de retirer cette accréditation, au besoin; elle exercera ce pouvoir lorsqu'elle a des raisons de croire que l'opérateur accrédité a mis en danger l'environnement ou la santé et la sécurité des travailleurs ou du public.

Aucun opérateur d'appareil d'exposition n'a fait l'objet d'un retrait d'accréditation en 2011. Nous invitons les lecteurs qui souhaitent en savoir davantage sur le retrait de l'accréditation à des opérateurs d'appareil d'exposition en 2008, 2009 et 2010 à consulter les éditions précédentes du rapport *Les substances nucléaires au Canada : Rapport sur le rendement en matière de sûreté.*[10]

[10] Peuvent être consultées en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/readingroom/reports/use-of-nuclear-substances/index.cfm

6.2.8 SOUS-SECTEURS INDUSTRIELS

6.2.8.1 SOUS-SECTEUR DES JAUGES PORTATIVES

Les jauges portatives sont des appareils à rayonnement utilisés pour déterminer le compactage, la densité ou la teneur en eau du sol. La figure 39 montre un nucléodensimètre portable. Certains de ces appareils contiennent une source d'américium 241 mélangée à du béryllium émettant des neutrons et permettant des calculs de teneur en eau; d'autres appareils peuvent contenir une source de césium 137 émettant un rayonnement gamma et permettant de déterminer le compactage ou la densité; et certains appareils peuvent contenir ces deux types de sources radioactives.

Figure 39 : Nucléodensimètre portable.
Source : CCSN.

Généralement, les jauges portatives sont transportées temporairement sur les sites de construction, et les utilisateurs doivent recevoir une formation en radioprotection et en transport de matières dangereuses. Les inspections peuvent s'effectuer sur le site, comme le montre la figure 40.

Figure 40 : Un inspecteur de la CCSN procède à l'inspection d'une jauge portative sur un site de construction.
Source : CCSN.

La figure 41 compare les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du sous-secteur des jauges portatives à ceux du secteur industriel, et la figure 42 compare les résultats d'inspection de la radioprotection. Ces deux figures montrent le pourcentage des inspections où les titulaires de permis respectaient ou dépassaient les exigences (cotes « satisfaisant » et « entièrement satisfaisant »). Entre 2008 et 2011, les taux de conformité du sous-secteur des jauges portatives ont été essentiellement similaires à ceux du secteur industriel (bien que légèrement inférieurs en 2011) pour les deux critères de rendement.

Figure 41 : Secteur industriel et sous-secteur des jauges portatives – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

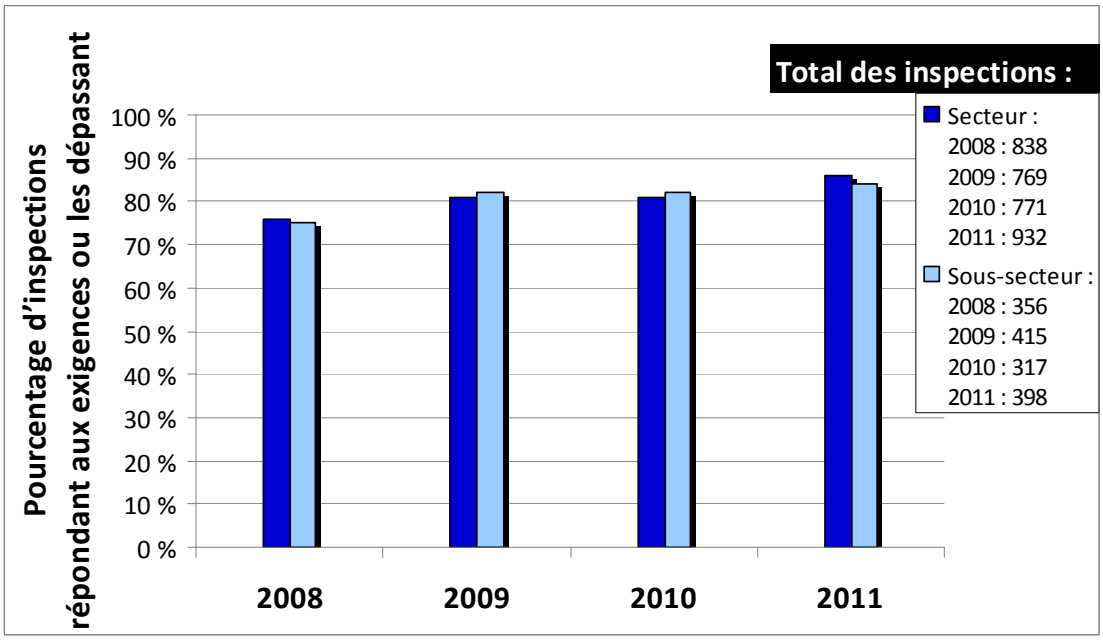
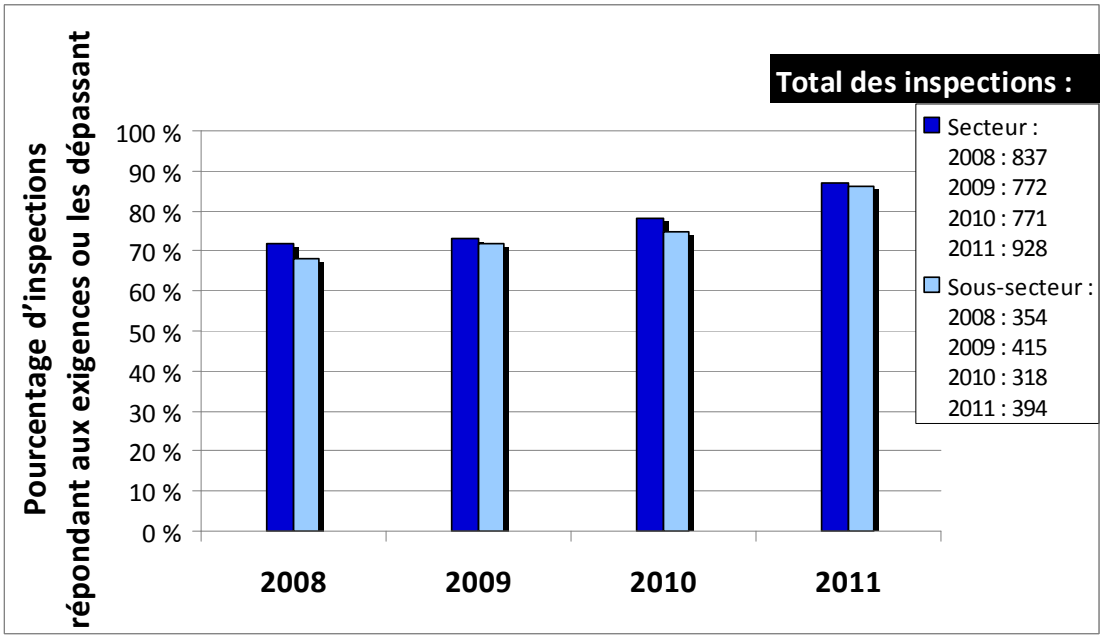


Figure 42 : Secteur industriel et sous-secteur des jauges portatives – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.2.8.2 SOUS-SECTEUR DES JAUGES FIXES

Les jauges fixes sont des appareils à rayonnement communément utilisés pour déterminer les paramètres opérationnels d'un procédé industriel. Les paramètres habituellement mesurés comprennent la densité, le niveau et l'épaisseur. Les jauges fixes contiennent des substances nucléaires dont les propriétés sont choisies en fonction de leurs applications spécifiques; ces propriétés varient grandement de l'américium 241, au césium 137 et au cobalt 60. Le rayonnement est mesuré à l'aide d'un détecteur, placé généralement du côté opposé de la source à l'intérieur de la jauge, et qui fournit des rétroactions à un système de contrôle permettant d'ajuster le procédé au besoin. Ordinairement, les jauges fixes sont montées sur un cadre dans l'installation industrielle, mais on trouve également des jauges fixes montées sur des véhicules mobiles dans l'industrie du pétrole et du gaz. La figure 43 montre un exemple de porte-source de jauge fixe.

Figure 43 : Porte-source de jauge fixe.
Source : CCSN.

La figure 44 compare les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du sous-secteur des jauges fixes à ceux du secteur industriel. Une comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection est présentée à la figure 45. Les deux figures montrent le pourcentage des inspections où les titulaires de permis respectaient ou dépassaient les exigences (cotes « satisfaisant » et « entièrement satisfaisant »). De 2008 à 2011, le niveau de conformité du sous-secteur des jauges fixes a augmenté dans le domaine de sûreté de la conduite de l'exploitation, passant de 73 % en 2008 à 81 % en 2011. Son taux de conformité reste toujours inférieur à celui de l'ensemble du secteur, qui était de 86 % en 2011. Dans le domaine de la radioprotection, le niveau de conformité du sous-secteur était supérieur à celui de l'ensemble du secteur en 2008, mais est légèrement inférieur en 2011 et s'élève à 80 % comparativement à 87 % pour le secteur.

Figure 44 : Secteur industriel et sous-secteur des jauges fixes – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

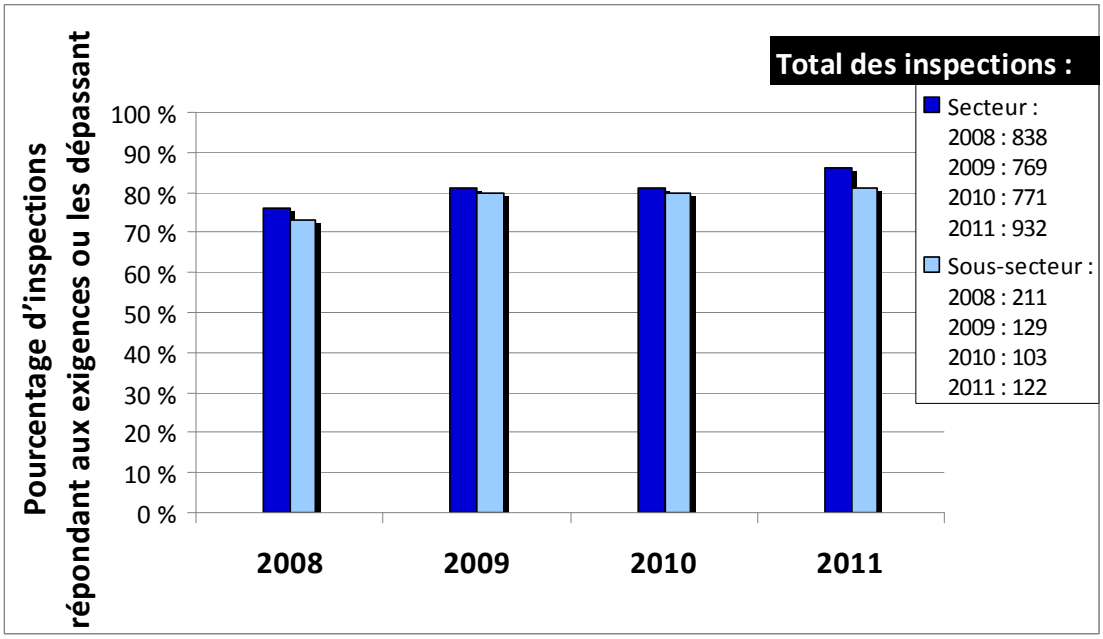
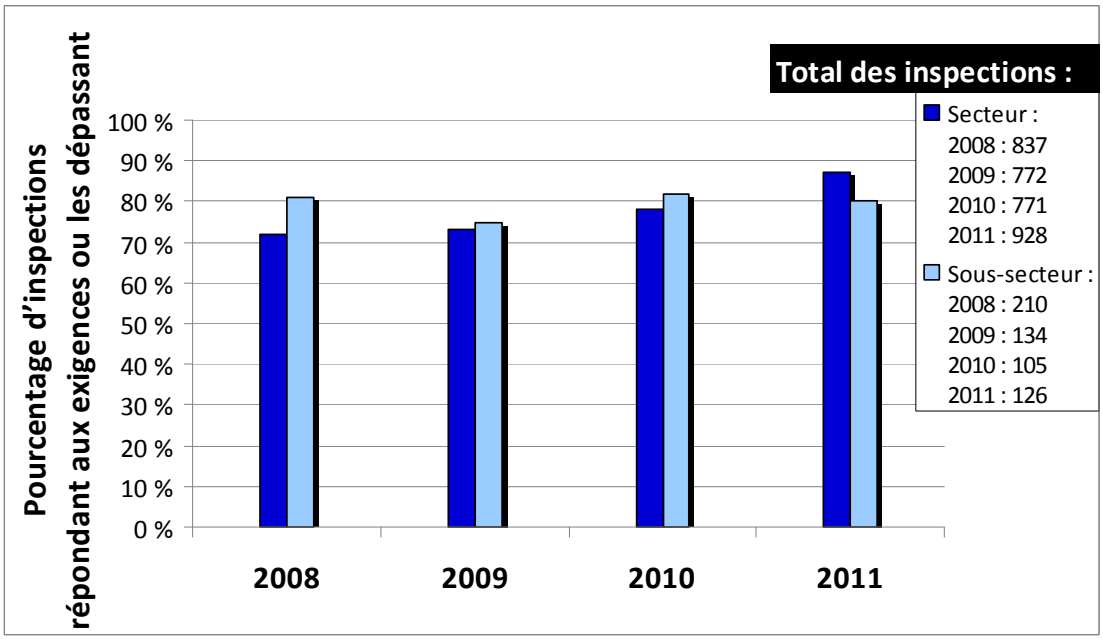


Figure 45 : Secteur industriel et sous-secteur des jauges fixes – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.2.8.3 SOUS-SECTEUR DE LA GAMMAGRAPHIE INDUSTRIELLE

En gammagraphie industrielle, les substances nucléaires sont utilisées pour l'examen non destructif de matériaux. Des sources radioactives scellées sont logées dans des appareils appelés « appareils d'exposition » jusqu'à ce que leur utilisation soit requise. Les appareils d'exposition sont conçus de manière à comporter de multiples barrières de sûreté empêchant l'exposition accidentelle à la source, et leur fabrication utilise un matériau dense, comme l'uranium appauvri, possédant des propriétés de blindage. La figure 46 montre un appareil d'exposition courant, et un exemple type de montage de gammagraphie industrielle apparaît dans la figure 47.

Figure 46 : Appareil d'exposition.
Source : QSA Global Inc. (avec autorisation).

Figure 47 : Montage de gammagraphie industrielle.
Source : CCSN.

La CCSN accrédite les opérateurs d'appareil d'exposition et homologue les appareils. Quiconque souhaite devenir un opérateur accrédité doit suivre un programme de formation professionnelle et une formation pratique avant de passer les examens requis. L'Association canadienne de normalisation prévoit de publier un guide consacré à l'accréditation des opérateurs d'appareil d'exposition.

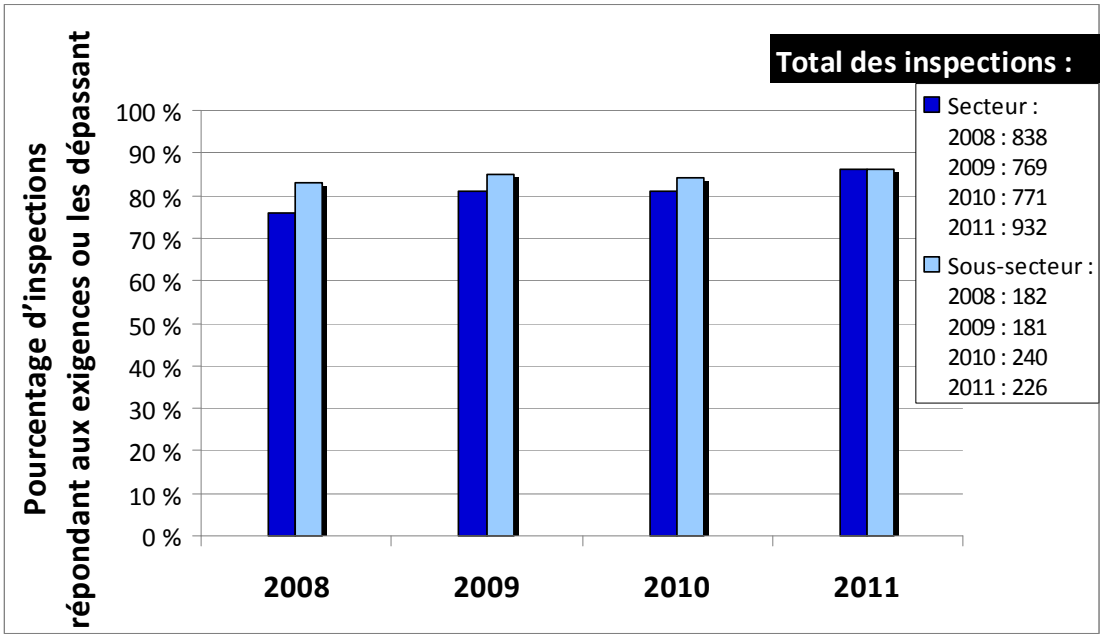
La CCSN a également les pouvoirs réglementaires de retirer l'accréditation à un opérateur d'appareil d'exposition; elle envisagera cette mesure d'application si elle estime que les actes posés par l'opérateur ont entrainé un risque inacceptable pour la santé et la sécurité des travailleurs et du public, ou pour l'environnement. De plus amples renseignements concernant cette mesure d'application se trouvent à la section 6.2.7.2.

La radioactivité des substances nucléaires utilisées dans un appareil d'exposition est généralement de l'ordre de quelques terabecquerels, et peut être 1 000 fois supérieure à l'activité d'une jauge portative. Les substances nucléaires sont choisies en fonction du matériau à examiner; pour les matériaux très denses et épais, on a besoin d'une substance nucléaire à rayons gamma de haute énergie afin de pénétrer le matériau. Les substances nucléaires couramment utilisées dans les appareils d'exposition comprennent l'iridium 192, le cobalt 60 et le sélénium 75. Le rayonnement de la substance nucléaire passe à travers le matériau et permet de visualiser l'image des défauts de soudure ou de composition qui sont enregistrés sur un film ou support numérique placé de l'autre côté de l'objet.

La figure 48 compare les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du sous-secteur de la gammagraphie industrielle à ceux du secteur industriel, et la figure 49

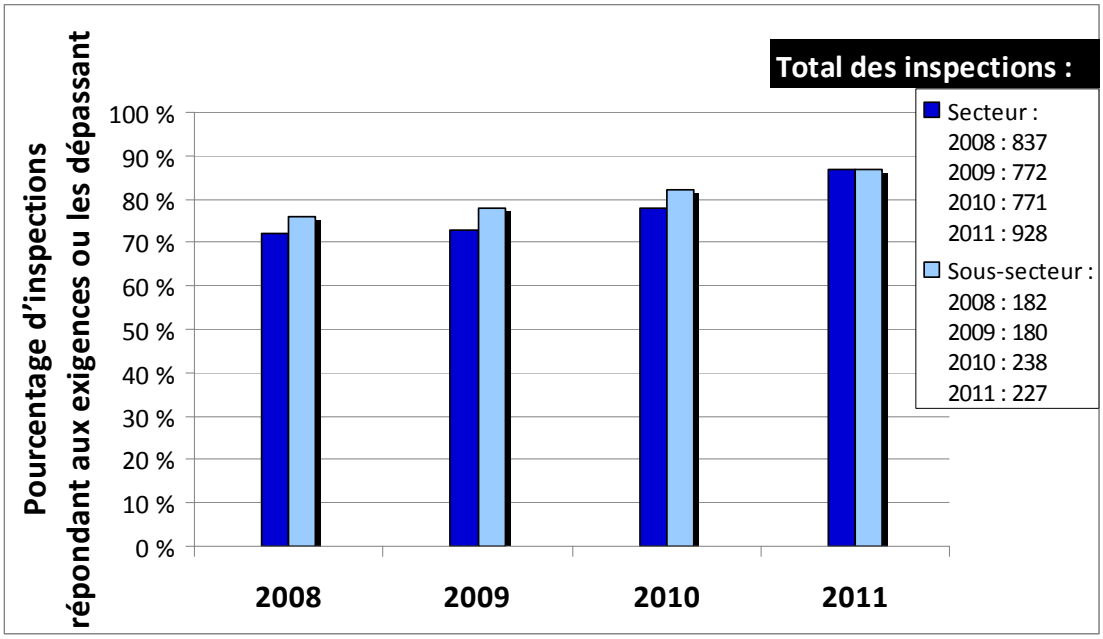
compare les résultats d'inspection de la radioprotection. Ces figures montrent le pourcentage des inspections où les titulaires de permis respectaient ou dépassaient les exigences (cotes « satisfaisant » et « entièrement satisfaisant »). De 2008 à 2011, ce sous-secteur a fait preuve d'un niveau de conformité égal ou supérieur dans ces deux domaines de sûreté (radioprotection et conduite de l'exploitation) à celui des autres titulaires de permis du secteur industriel. Cela tient probablement à l'effort du groupe de travail CCSN-industrie sur la gammagraphie industrielle. La CCSN a également noté que plusieurs titulaires de permis de ce sous-secteur déploient d'importants efforts pour se conformer aux exigences. Des informations supplémentaires sur le Groupe de travail sur la gammagraphie industrielle sont disponibles sur le site Web de la CCSN.[11]

Figure 48 : Secteur industriel et sous-secteur de la gammagraphie industrielle – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation



[11] Peuvent être consultées en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/licenseesapplicants/substancesdevices/substancesdevices/industrial_radiography_working_group.cfm

Figure 49 : Secteur industriel et sous-secteur de la gammagraphie industrielle – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.2.8.4 SOUS-SECTEUR DE LA DIAGRAPHIE DES PUITS DE PÉTROLE

Dans le sous-secteur de la diagraphie des puits de pétrole, les sources scellées sont principalement utilisées pour analyser la structure géologique et la composition des trous de forage. L'appareil se compose d'une source scellée ou d'un accélérateur et de détecteurs contenus dans un dispositif de diagraphie qui est descendu dans le trou de forage, comme le montre la figure 50.

Figure 50 : Dispositif de diagraphie des puits de pétrole descendu dans le trou de forage. Source : CCSN.

Un cordon ombilical électrique est fixé au dispositif et transmet les données recueillies à un ordinateur. Les renseignements sont ensuite analysés pour déterminer les caractéristiques de la formation géologique telles que la résistivité, la conductivité, la teneur en fluides, la densité de la formation ou la radioactivité. Les dispositifs de diagraphie habituellement utilisés par l'industrie pétrolière et gazière contiennent des sources de césium 137 ou d'américium 241 mélangé à du béryllium émettant des neutrons.

La figure 51 compare les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du sous-secteur de la diagraphie des puits de pétrole à ceux du secteur industriel, et la figure 52 compare les résultats d'inspection de la radioprotection.

Ces figures montrent le pourcentage des inspections où les titulaires de permis respectaient ou dépassaient les exigences (cotes « satisfaisant » et « entièrement satisfaisant »). En 2011, ce sous-secteur a amélioré son niveau de conformité dans les domaines de sûreté de la radioprotection et de la conduite de l'exploitation. Cette augmentation est probablement attribuable aux évaluations plus détaillées réalisées par la CCSN dans le cadre du processus d'autorisation, se traduisant par une amélioration des activités quotidiennes des titulaires de permis et des résultats d'inspection.

Figure 51 : Secteur industriel et sous-secteur de la diagraphie des puits de pétrole – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

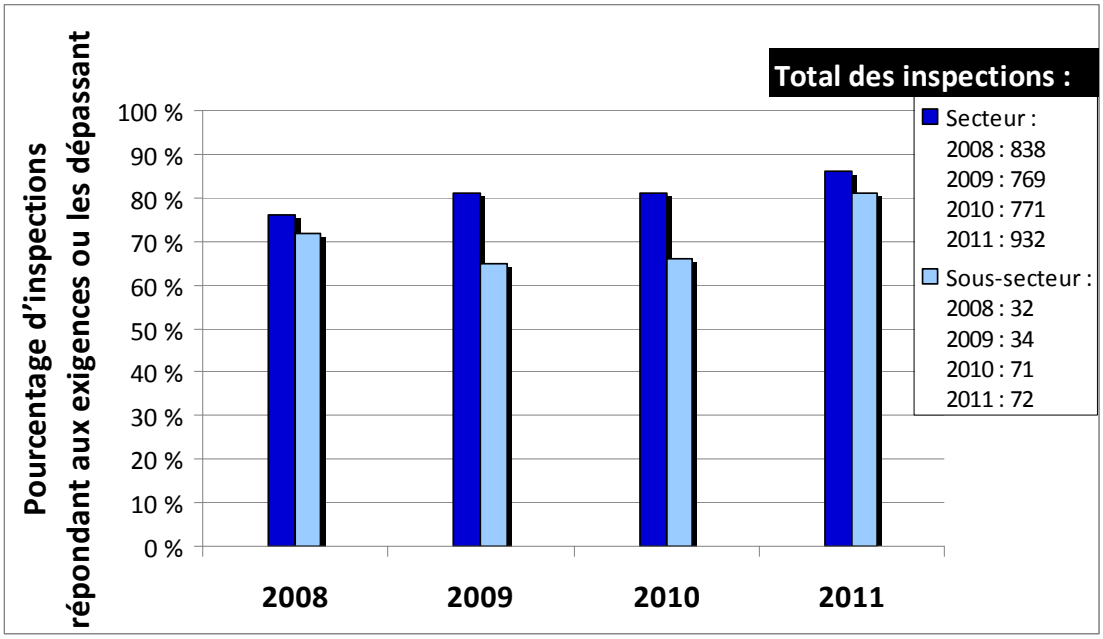
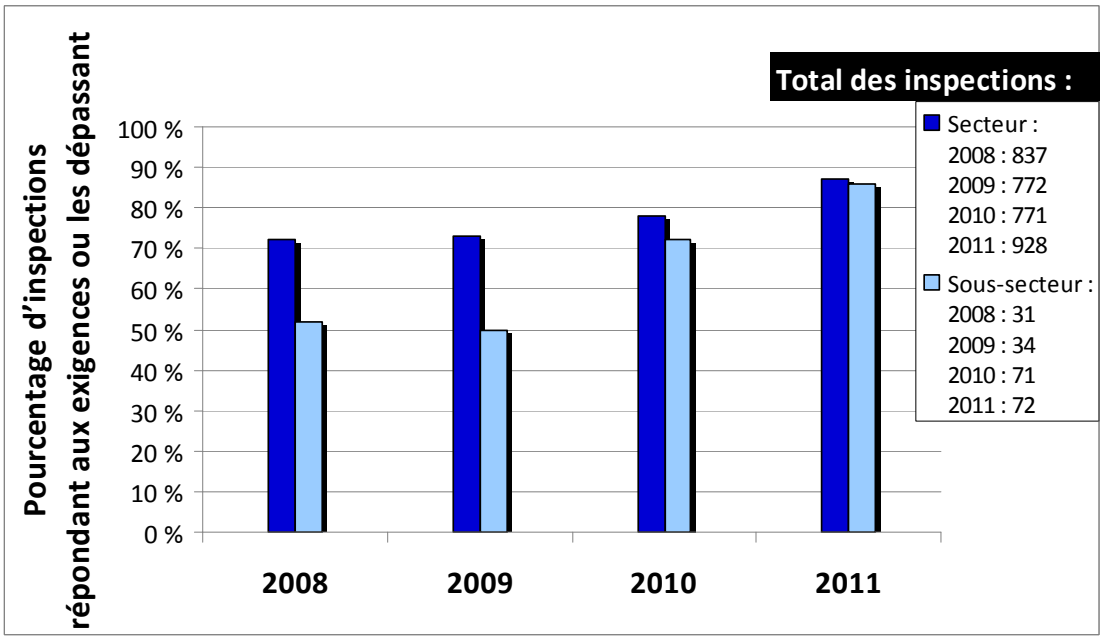


Figure 52 : Secteur industriel et sous-secteur de la diagraphie des puits de pétrole – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.2.9 SECTEUR INDUSTRIEL – RÉSUMÉ

En général, les titulaires de permis du secteur industriel ont continué de faire preuve de conformité dans les domaines de sûreté de la conduite de l'exploitation et de la radioprotection. Ils ont continué d'afficher un très bon taux de conformité aux exigences en matière de suivi des sources scellées en 2011.

Le secteur industriel a présenté une augmentation du nombre d'événements signalés par comparaison avec 2010, principalement en raison du nombre accru d'incidents signalés mettant en cause des jauges portatives. Cependant, aucun des événements signalés n'a entraîné une dose de rayonnement pour un travailleur ou un membre du public qui dépassait les limites réglementaires.

Le nombre d'ordres de la CCSN délivrés aux titulaires de permis du secteur industriel était plus élevé en 2011 qu'en 2010, en partie en raison d'une présence accrue des inspecteurs de la CCSN sur le terrain.

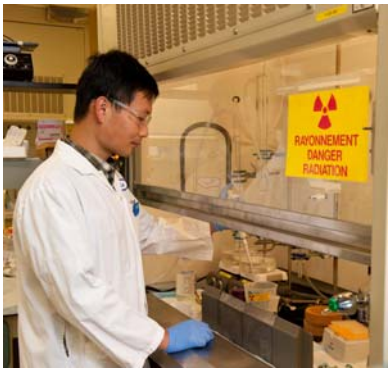
Les doses aux travailleurs dans le secteur industriel étaient en général bien en deçà des limites réglementaires, et en deçà de la limite de dose de 50 mSv pour les « travailleurs du secteur nucléaire ».

6.3 SECTEUR UNIVERSITAIRE ET DE RECHERCHE

6.3.1 DESCRIPTION

En 2011, le secteur universitaire et de recherche comprenait 276 permis et un total de 804 lieux autorisés. Ce secteur hautement visible du secteur nucléaire regroupe des titulaires de permis relevant d'universités, de collèges et de laboratoires de recherche, tant privés que publics. On utilise des sources scellées ou non scellées, des appareils à rayonnement et des accélérateurs linéaires dans l'enseignement, ainsi que pour la recherche pure et la recherche appliquée. La figure 53 montre l'utilisation de sources non scellées (ou sources ouvertes) en laboratoire.

Figure 53 : Les radio-isotopes sont des outils de recherche très puissants utilisés en biologie et dans les sciences de l'environnement. Source : CCSN.



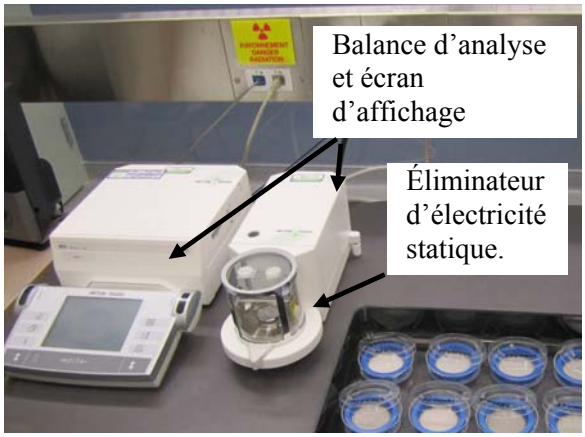
Les sources non scellées de substances nucléaires sont utilisées dans la recherche sur les systèmes biologiques. En attachant des substances nucléaires à divers composés, les chercheurs peuvent suivre le parcours métabolique de ces composés dans des systèmes vivants. Bien que l'utilisation de substances nucléaires en sources non scellées ait diminué au cours de la dernière décennie et qu'elle soit en voie d'être remplacée par des procédures non radioactives, elle n'en demeure pas moins un outil de recherche très puissant.

Le sous-secteur des études de laboratoire et de l'utilisation globale de substances nucléaires, de pair avec le sous-secteur des irradiateurs de recherche et le sous-secteur des accélérateurs de particules à haute énergie utilisés à des fins de recherche, comptent pour 198 permis ou 72 % des permis du secteur universitaire et de recherche. Les autres

permis visent l'utilisation de sources scellées dans la recherche et l'enseignement. Un exemple est l'utilisation d'un éliminateur d'électricité statique. Comme le montre la figure 54, des échantillons d'émissions de particules sont prélevés au niveau du système d'échappement des véhicules à l'aide de petits filtres de collecte. Un éliminateur d'électricité statique est ensuite utilisé pour neutraliser l'électricité statique présente sur les filtres avant de les peser à l'aide d'une balance d'analyse. L'éliminateur d'électricité statique doit être utilisé pour obtenir des mesures précises du poids des particules récoltées sur les filtres. La précision de la balance est telle que le moindre champ d'électricité statique peut perturber le fonctionnement du mécanisme de pesée. L'éliminateur d'électricité statique présenté à la figure 55 est un appareil à rayonnement autorisé contenant du polonium 210.

Figure 54 : Prélèvement d'échantillons d'émissions de particules.
Source : CCSN.

Figure 55 : Un éliminateur d'électricité statique est utilisé avant de peser les échantillons d'émissions de particules.
Source : CCSN.



6.3.2 DOSE AUX TRAVAILLEURS

Les données figurant dans la présente section représentent les dossiers de dosimétrie des travailleurs qui peuvent être exposés au rayonnement dans le cadre des activités autorisées par la CCSN. Pour la plupart des sous-secteurs, les données de dosimétrie proviennent d'informations sur les doses fournies par les titulaires de permis dans leur rapport annuel de conformité pour les années 2008 à 2011. Afin de quantifier ce critère de rendement (doses aux travailleurs), le personnel de la CCSN a analysé, pour chaque secteur, un échantillon représentatif de données de dosimétrie provenant d'une sélection aléatoire de rapports annuels de conformité. Pour les deux accélérateurs de particules à haute énergie utilisés à des fins de recherche, les données sur les doses aux travailleurs ont été extraites du Fichier dosimétrique national de Santé Canada. Ces données sont rassemblées par secteur.

Le terme « échantillon de travailleurs » apparaissant dans certaines figures désigne le nombre de travailleurs dont les données de dosimétrie, obtenues par échantillonnage, ont été analysées. Cette analyse a indiqué que les doses au corps entier se rapportant à l'échantillon de titulaires de permis du secteur universitaire et de recherche comptaient parmi les plus faibles, comme le montre la figure 56. En 2011, plus de 94 % des travailleurs (« travailleurs du secteur nucléaire » et « autres travailleurs ») de ce secteur

ont reçu des doses inférieures à 0,5 mSv, soit bien en deçà de la limite réglementaire fixée à 1 mSv pour les membres du public. De plus, aucun membre de ce groupe n'a reçu une dose supérieure à 20 mSv entre 2008 et 2011, ce qui est bien en deçà de la limite réglementaire fixée pour les « travailleurs du secteur nucléaire ». Les résultats dosimétriques pour les travailleurs faisant partie du sous-secteur des études de laboratoire et de l'utilisation globale de substances nucléaires sont illustrés à la figure 57 et à la figure 58 pour les « travailleurs du secteur nucléaire » et les « autres travailleurs », respectivement.

En 2011, tous les « travailleurs du secteur nucléaire » ont reçu moins de 5 mSv, soit bien en deçà de la limite réglementaire. Un « travailleur du secteur nucléaire », désigné par erreur comme travailleur ordinaire, a reçu une dose annuelle au corps entier de 2 mSv. Ce travailleur a par la suite été correctement désigné comme « travailleur du secteur nucléaire » et est retourné au travail. Les données se rapportant aux accélérateurs de particules à haute énergie utilisés à des fins de recherche sont illustrées à la figure 59, et elles seront abordées à la section 6.3.8.2 du présent rapport. Les doses reçues par les travailleurs du sous-secteur des irradiateurs de recherche sont présentées à la figure 60 et à la figure 61. En 2011, les doses signalées pour les travailleurs de ce sous-secteur étaient très faibles dans la mesure où tous les travailleurs de l'échantillon (« travailleurs du secteur nucléaire » et « autres travailleurs ») ont en fait reçu moins de 0,5 mSv.

Figure 56 : Secteur universitaire et de recherche – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire » et les « autres travailleurs »

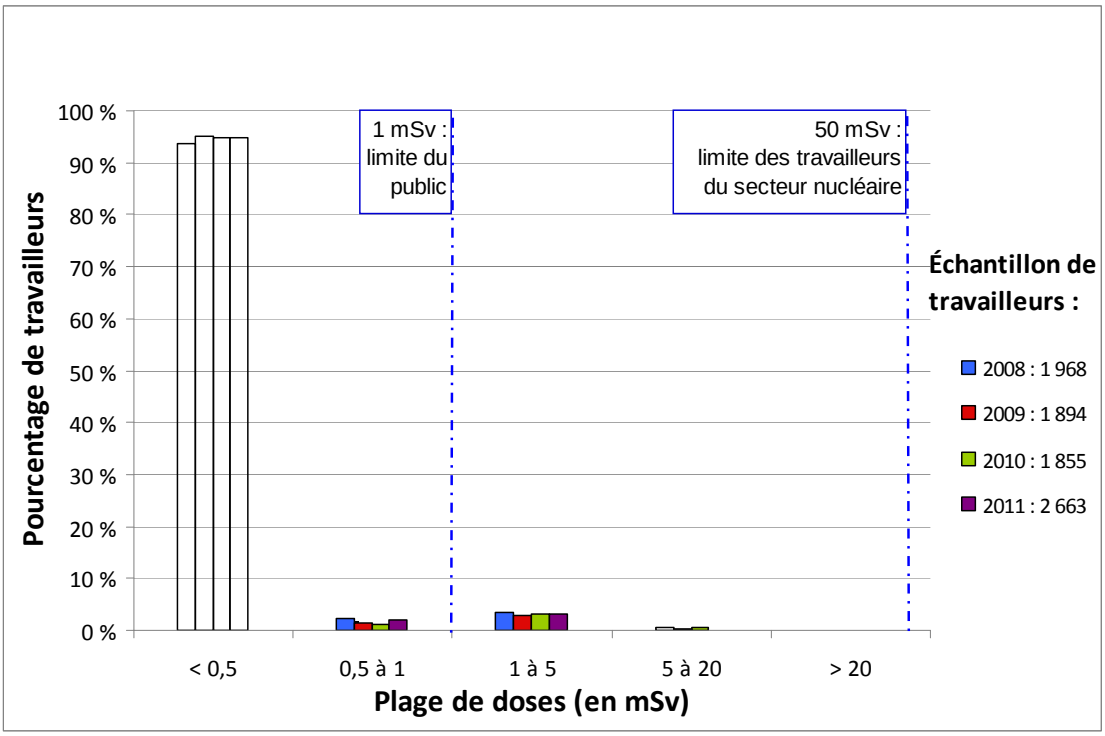


Figure 57 : Études de laboratoire et utilisation globale de substances nucléaires – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

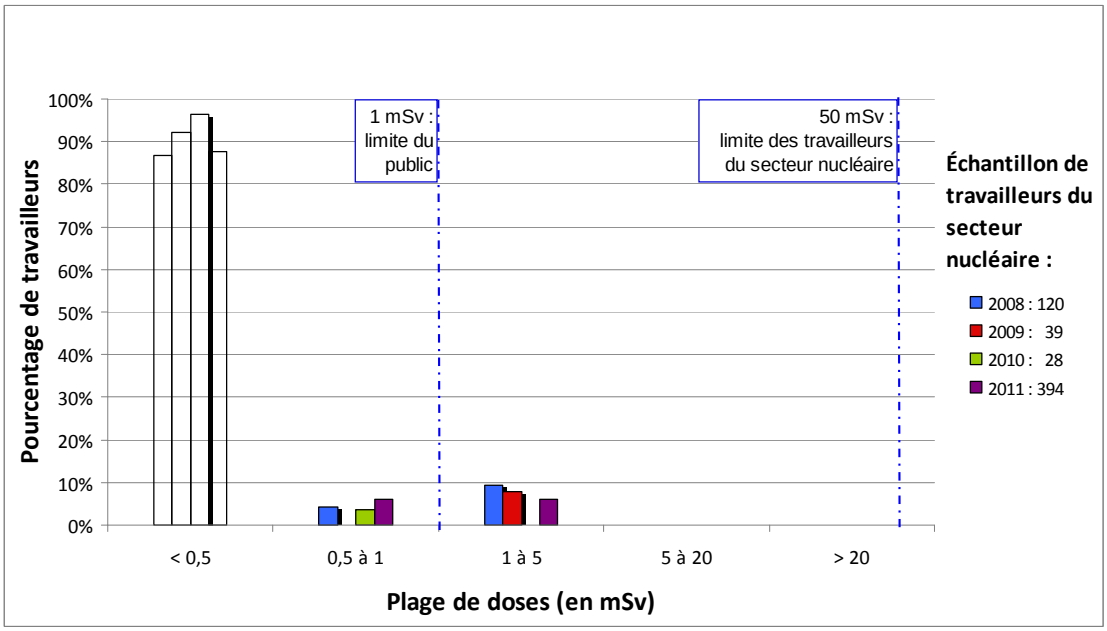


Figure 58 : Études de laboratoire et utilisation globale de substances nucléaires – Doses annuelles au corps entier pour les « autres travailleurs »

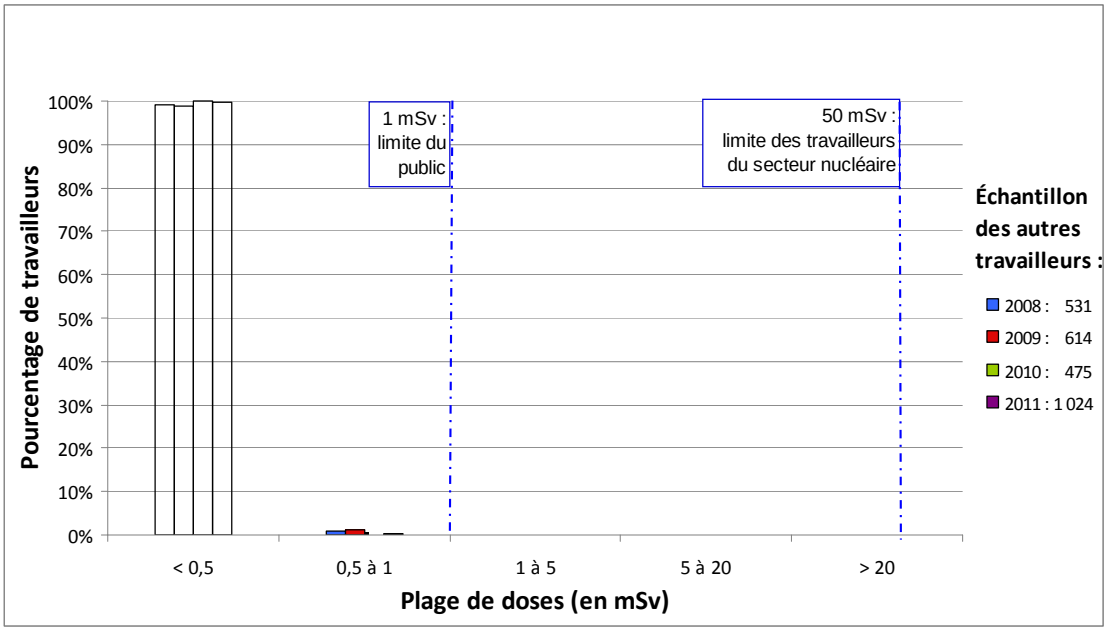


Figure 59 : Accélérateurs de particules à haute énergie utilisés à des fins de recherche – Doses annuelles au corps entier pour tous les travailleurs, y compris les « travailleurs du secteur nucléaire »

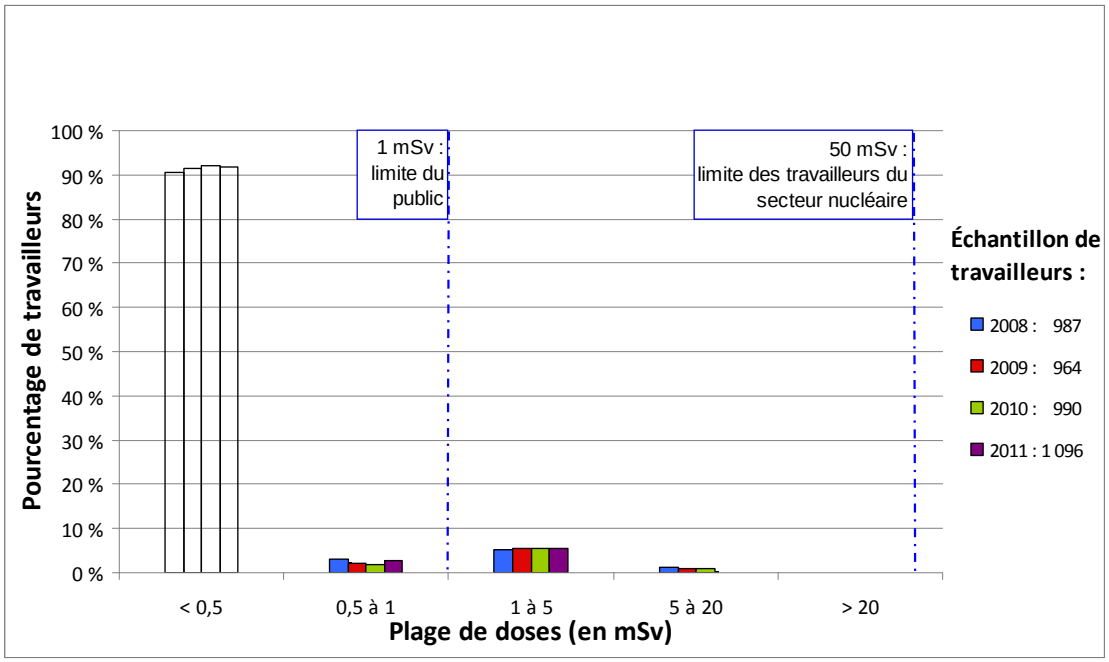


Figure 60 : Irradiateurs de recherche – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

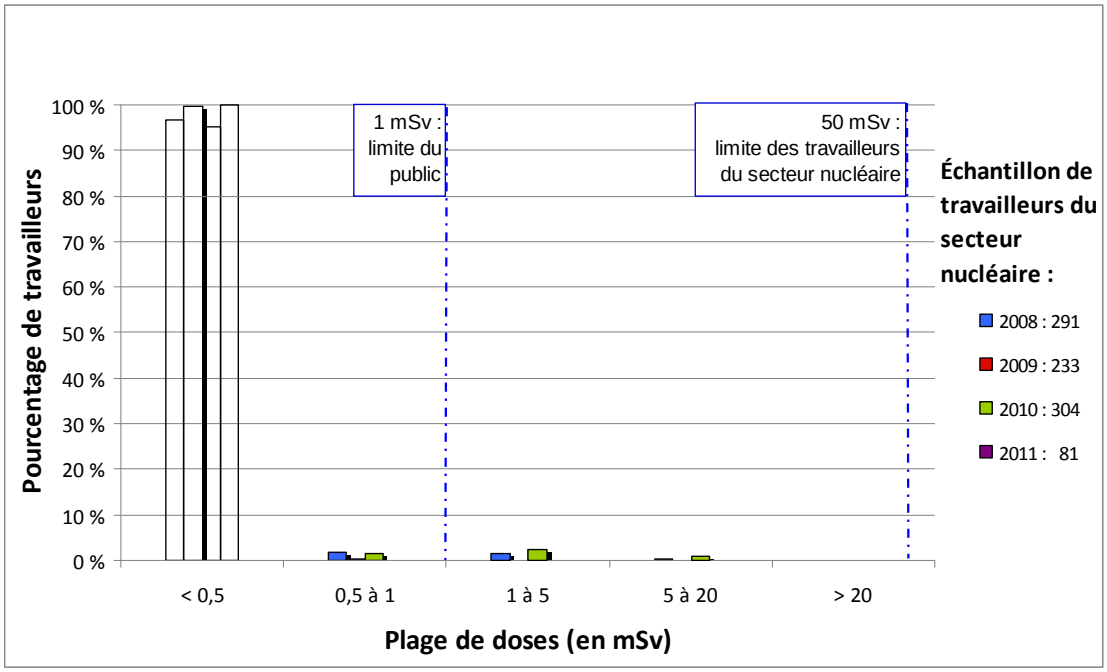
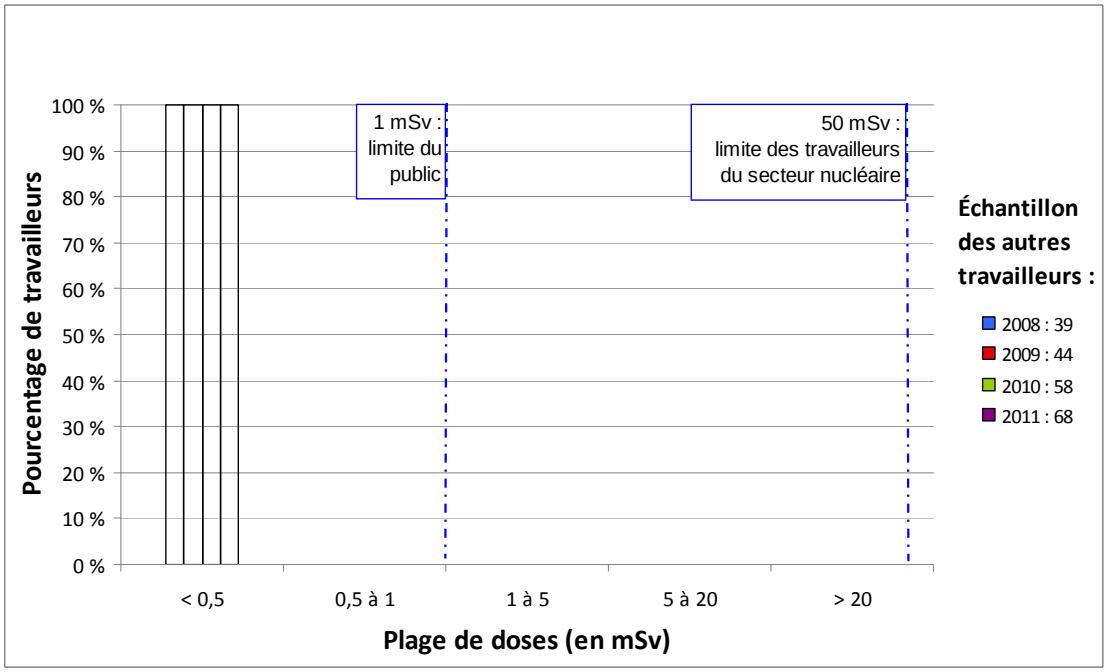


Figure 61 : Irradiateurs de recherche – Doses annuelles au corps entier pour les « autres travailleurs »

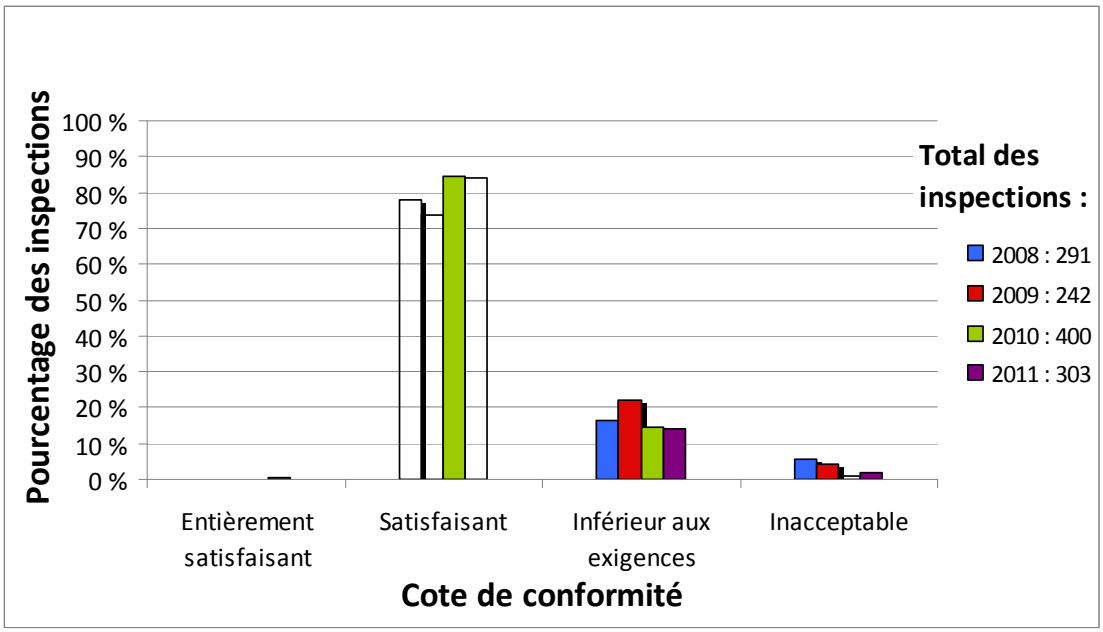


6.3.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION

Les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du secteur universitaire et de recherche sont illustrés à la figure 62. En 2011, 84 % des titulaires de permis inspectés dans ce secteur faisaient preuve de conformité; la situation reste donc inchangée par rapport à 2010. Parmi les titulaires de permis inspectés, 14 % ont reçu une cote « inférieur aux exigences » parce qu'ils présentaient des cas de non-conformité sans incidence importante sur la sûreté, et seulement 2 % d'entre eux ont reçu une cote « inacceptable ». Une cote « inacceptable » fait état d'un niveau de rendement nettement inférieur aux exigences, mais sans la prise de mesures correctives, il est fort probable que les lacunes relevées entraînent un risque inacceptable pour la santé et la sécurité des travailleurs et du public, ou pour l'environnement.

Dans ce domaine de sûreté, les cas types de non-conformité comprenaient le défaut de tenir des dossiers de formation adéquats et le défaut de donner des directives de travail à jour au personnel. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.3 de l'annexe C.

Figure 62 : Secteur universitaire et de recherche – Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

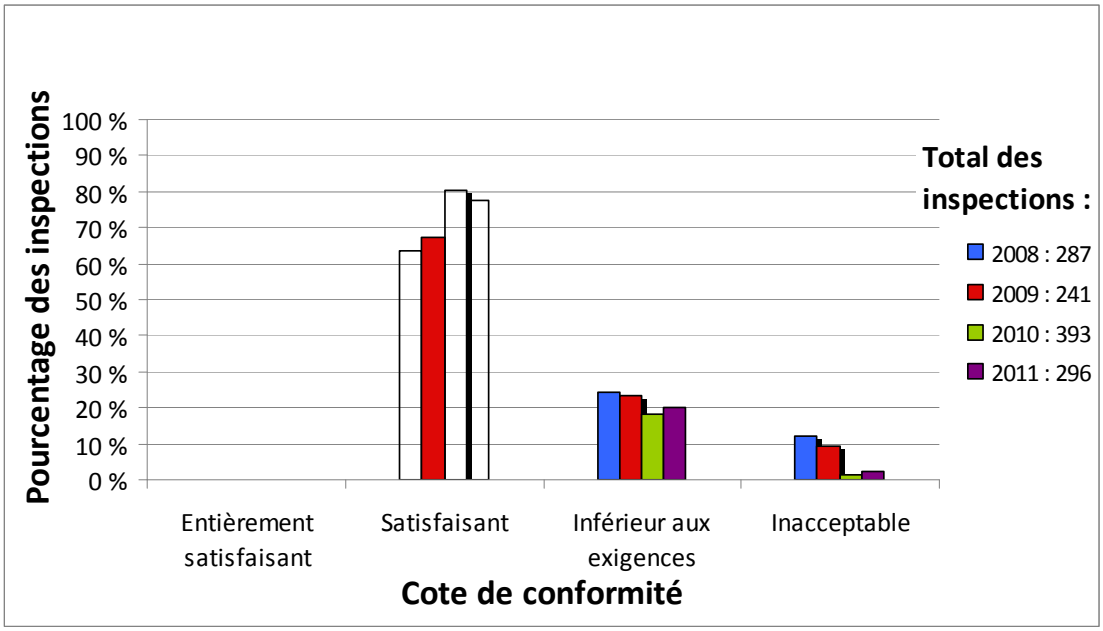


6.3.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION

Les résultats d'inspection de la radioprotection du secteur universitaire et de recherche sont illustrés à la figure 63. En 2011, 78 % des titulaires de permis inspectés faisaient preuve de conformité, ce qui correspond aux années précédentes. Parmi les titulaires de permis inspectés, 20 % ont reçu une cote « inférieur aux exigences » parce qu'ils présentaient des cas de non-conformité sans incidence importante sur la sûreté, tandis que 2 % ont reçu une cote « inacceptable ».

Dans ce secteur, les cas types de non-conformité comprenaient le défaut d'aviser par écrit les « travailleurs du secteur nucléaire » au sujet de leur dose, des affichages frivoles de panneaux de mise en garde contre les rayonnements et le défaut d'étiqueter les contenants qui contiennent des substances nucléaires. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.4 de l'annexe C.

Figure 63 : Secteur universitaire et de recherche – Résultats d'inspection de la radioprotection

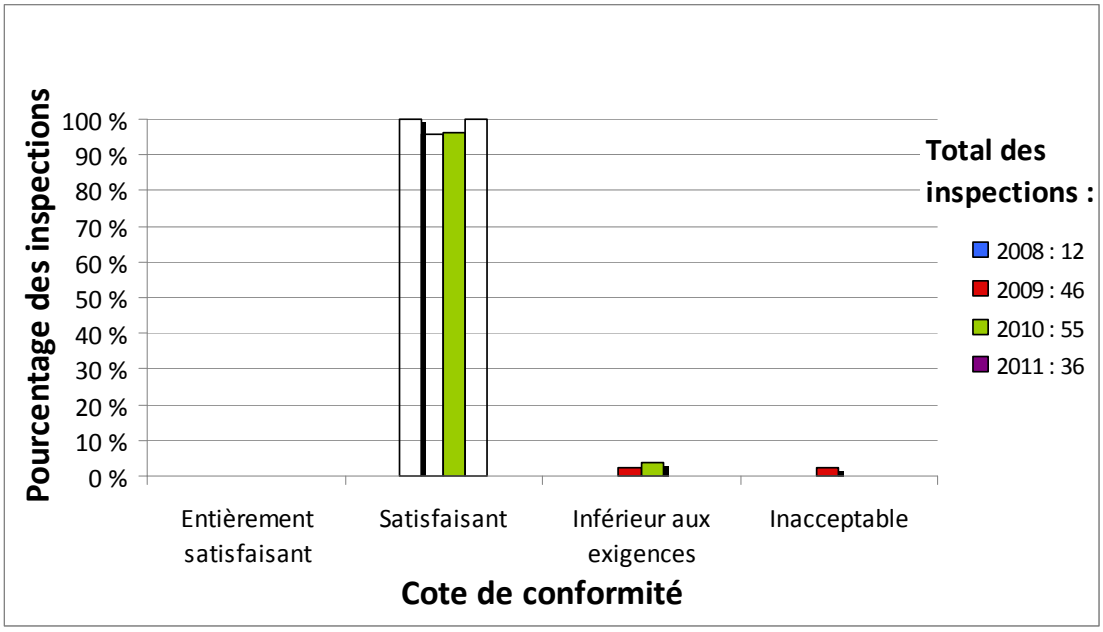


6.3.5 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES

Les résultats d'inspection touchant le suivi des sources scellées pour le secteur universitaire et de recherche sont illustrés à la figure 64. Les résultats montrent que ce secteur a respecté les exigences en tout temps en 2011. Des informations supplémentaires à ce sujet figurent dans le *Rapport annuel sur le Registre national des sources scellées et le Système de suivi des sources scellées*, qui est affiché sur le site Web de la CCSN.[12] Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.5 de l'annexe C.

[12] Peut être consulté en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/readingroom/reports/ssts/index.cfm

Figure 64 : Secteur universitaire et de recherche – Résultats d'inspection du suivi des sources scellées



6.3.6 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS

Comme le montre la figure 65, seulement sept événements ont été signalés dans le secteur universitaire et de recherche en 2011.

Deux de ces événements mettaient en cause un déversement ou une contamination. La contamination était surtout le produit de la manipulation de substances nucléaires par des techniciens. Dans les deux cas, les titulaires de permis ont mis en œuvre des procédures d'intervention pour atténuer les conséquences.

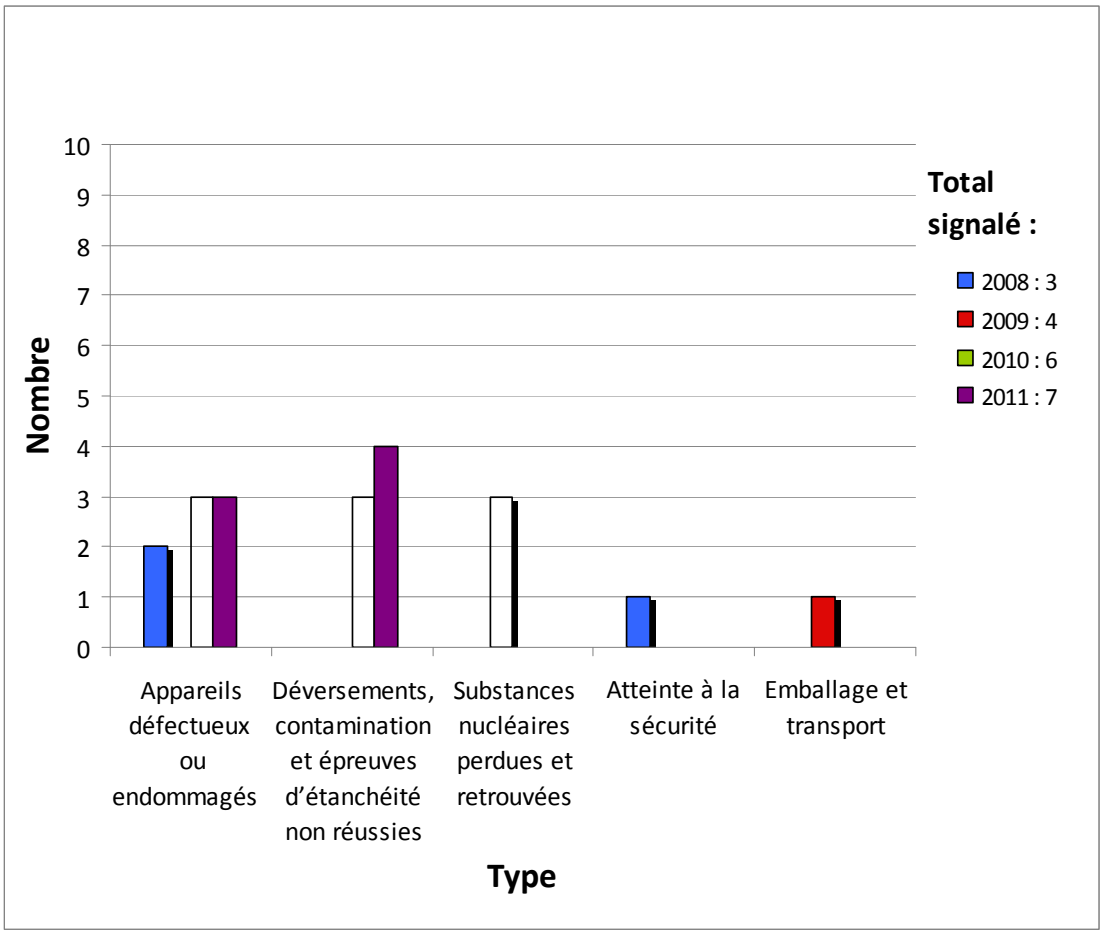
Deux événements étaient liés à des fuites dans ce secteur. Dans un cas, un rapport a fait état d'une source scellée qui a échoué une épreuve d'étanchéité; il s'agissait d'un vieil appareil qui n'était plus utilisé. L'extérieur de l'appareil n'était pas contaminé et l'appareil a été évacué de façon appropriée. L'autre événement s'est produit dans une installation comportant un accélérateur de particules à haute énergie utilisé à des fins de recherche et est traité plus en détail à la section 6.3.8.2.

On a signalé trois incidents portant sur des appareils défectueux ou endommagés, sans conséquence radiologique ni exposition.

Aucun de ces événements n'a entrainé une dose de rayonnement supérieure à la limite réglementaire.

En 2011, on n'a signalé aucun incident de transport, aucun cas de perte de substances nucléaires ni aucune atteinte à la sécurité dans le secteur universitaire et de recherche.

Figure 65 : Secteur universitaire et de recherche – Événements et incidents signalés



6.3.7 MESURES D'APPLICATION – ORDRES ET MESURES À PRENDRE PAR LES TITULAIRES DE PERMIS

Un ordre a été délivré dans le secteur universitaire et de recherche en 2011, comme le montre le tableau 2. Pour de plus amples renseignements sur les mesures d'application, veuillez consulter la page *Mesures réglementaires* sur le site Web de la CCSN.[13]

[13] Peut être consultée en ligne à l'adresse nuclearsafety.gc.ca/fr/lawsregs/regulatoryaction/index.cfm

Tableau 2 : Mesures d'application dans le secteur universitaire et de recherche – Ordres et mesures à prendre par les titulaires de permis

Titulaire de permis	Lieu	Date de délivrance de l'ordre	Mesures à prendre par le titulaire de permis	Date de clôture de l'ordre
Université Memorial de Terre-Neuve	St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)	29 septembre 2011	Procéder à l'examen de la mise en œuvre du programme de radioprotection, et déterminer et corriger toutes les causes systémiques de non-conformité observées lors de l'inspection.	17 novembre 2011

6.3.8 SOUS-SECTEURS DU SECTEUR UNIVERSITAIRE ET DE RECHERCHE

6.3.8.1 SOUS-SECTEUR DES ÉTUDES DE LABORATOIRE ET DE L'UTILISATION GLOBALE DE SUBSTANCES NUCLÉAIRES

Dans le secteur universitaire et de recherche, les titulaires de permis les plus visibles sont ceux relevant de laboratoires d'université, de collège et du gouvernement. Généralement, ces laboratoires font l'objet de permis pour des études de laboratoire et pour l'utilisation globale de substances nucléaires. Ces permis comptent pour 67 % (186) des 276 permis du secteur universitaire et de recherche. Ce milieu autorisé a généralement en place des programmes de radioprotection bien structurés.

La recherche pure et la recherche appliquée sont les thèmes dominants des types d'activité « études de laboratoire » et « utilisation globale de substances nucléaires » dans les domaines physique, biologique et biomédical. Cependant, ces types d'activité sont également autorisés dans l'enseignement. La figure 66 montre un exemple d'application potentielle d'un appareil à rayonnement.

Figure 66 : Technicien de laboratoire utilisant un compteur à scintillateur liquide (appareil à rayonnement). Source : CCSN.

Les études de laboratoire utilisent des sources non scellées pour la recherche et le diagnostic. Les titulaires de permis sont le plus souvent des hôpitaux, des laboratoires médicaux privés, des universités ou des établissements de recherche privés. Généralement, le travail consiste à se servir de substances nucléaires comme des traceurs ou marqueurs dans les études d'étiquetage. Les isotopes couramment utilisés sont le carbone 14, le cobalt 57, l'hydrogène 3, l'iode 125, le phosphore 32 et le soufre 35. Les ordres de grandeur de l'activité nucléaire vont du kilobecquerel au gigabecquerel, voire au-delà. Le type d'activité « études de laboratoire » est semblable au type d'activité

« utilisation globale de substances nucléaires », mais il est plus restrictif en ce qui touche l'utilisation de substances nucléaires.

La délivrance d'un permis global permet de regrouper le contrôle des substances nucléaires, des appareils à rayonnement et des activités sous la responsabilité d'une seule entité administrative, généralement un comité de radioprotection. Ce comité contrôle la possession et l'utilisation de substances nucléaires à l'aide d'un système d'autorisation interne qui délivre des autorisations aux personnes ou aux groupes de recherche de la même manière que la CCSN délivre des permis. Ces personnes précises sont responsables des activités autorisées dans leur service. Ces activités autorisées peuvent viser de nombreux sites et faire intervenir de nombreux travailleurs utilisant des appareils à rayonnement ainsi qu'une variété de substances nucléaires en sources scellées ou non scellées. La CCSN exige également que des rapports annuels de conformité soient soumis par les titulaires de permis.

La figure 67 compare les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du sous-secteur des études de laboratoire et de l'utilisation globale de substances nucléaires à ceux du secteur universitaire et de recherche. La figure 68 montre une comparaison semblable pour les résultats d'inspection de la radioprotection. Ces figures montrent le pourcentage des inspections où les titulaires de permis respectaient ou dépassaient les exigences (cotes « satisfaisant » et « entièrement satisfaisant »). En 2011, ce sous-secteur affichait un taux de conformité semblable à celui du secteur universitaire et de recherche dans son ensemble, en matière de radioprotection et de conduite de l'exploitation.

Figure 67 : Secteur universitaire et de recherche et sous-secteur des études de laboratoire et de l'utilisation globale de substances nucléaires – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

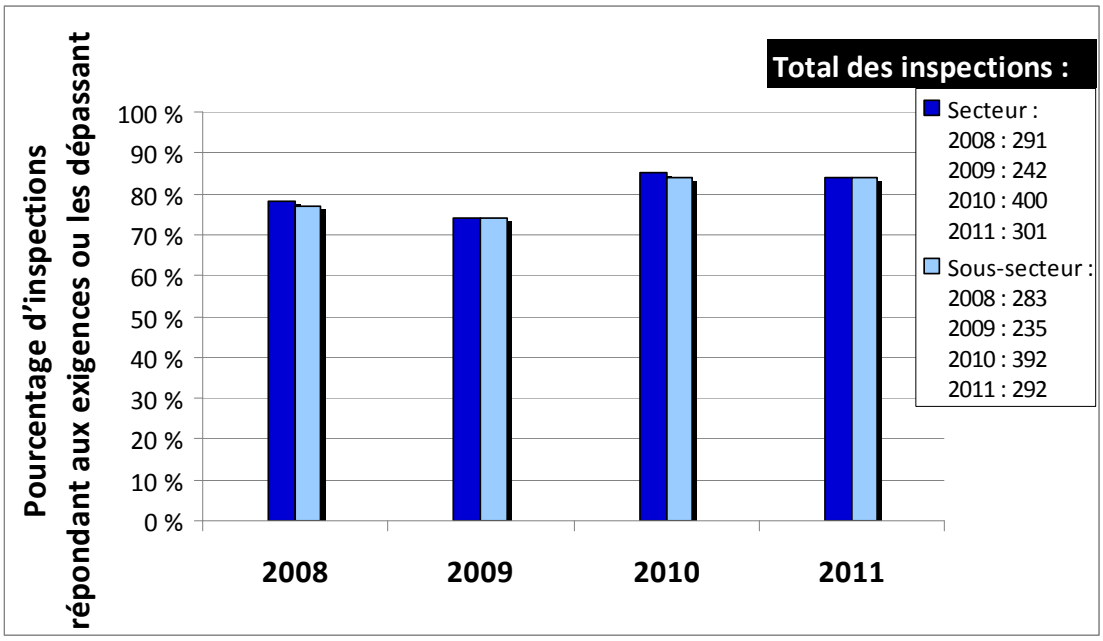
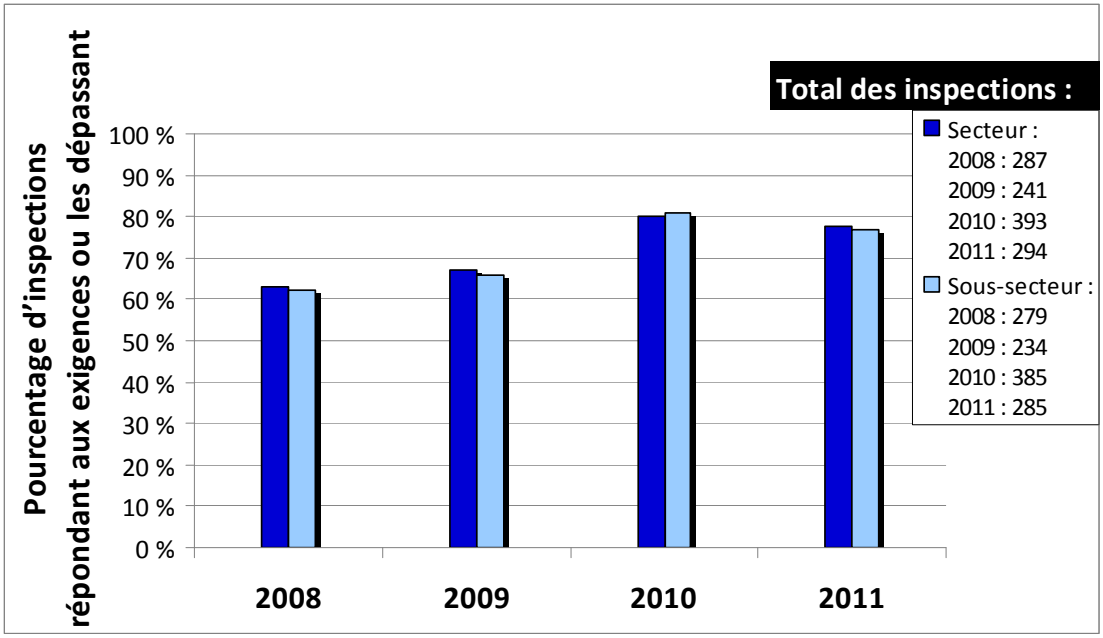
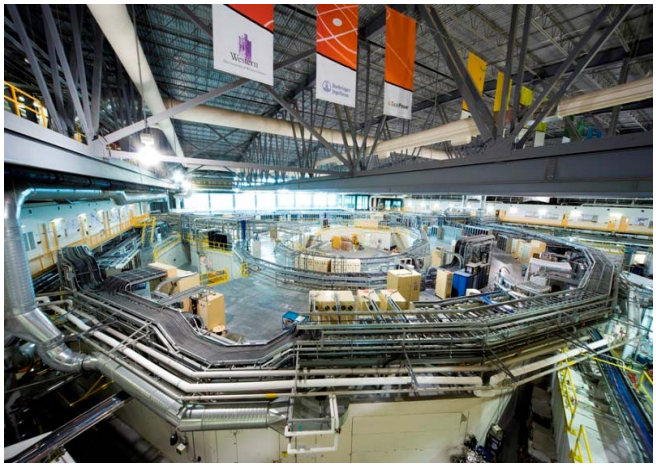


Figure 68 : Secteur universitaire et de recherche et sous-secteur des études de laboratoire et de l'utilisation globale de substances nucléaires – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.3.8.2 SOUS-SECTEUR DES ACCÉLÉRATEURS DE PARTICULES À HAUTE ÉNERGIE UTILISÉS À DES FINS DE RECHERCHE

Figure 69 : Le Centre canadien de rayonnement synchrotron (CCRS), installation de recherche située à Saskatoon (Saskatchewan). Source : CCRS.

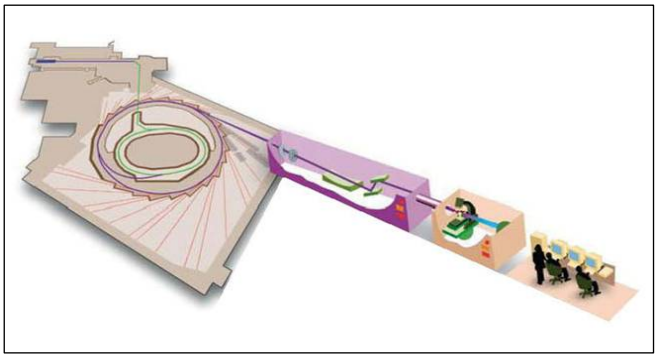


Les recherches menées dans ce sous-secteur concernent des domaines allant de la recherche pure en astrophysique à la recherche appliquée, par exemple la recherche d'autres méthodes de production des isotopes médicaux, l'identification des mutations génétiques et la recherche de nouveaux matériaux utilisés dans les systèmes électroniques ultra-rapides. Ces installations présentent une infrastructure et des outils trop grands et trop complexes pour pouvoir être construits, exploités et entretenus par une seule entité. La figure 69 montre un accélérateur de particules à haute énergie utilisé des fins de recherche et la figure 70 est un diagramme schématique de l'accélérateur. Ces grandes installations contiennent plusieurs accélérateurs spécialisés pour différentes applications dans les domaines de la médecine et des sciences de la santé, de la physique nucléaire et de la physique des particules, des sciences des matériaux et des sciences de l'environnement. Il existe deux installations de ce type au

Canada : TRIUMF en Colombie-Britannique, et le Centre canadien de rayonnement synchrotron (CCRS) en Saskatchewan.

Le rendement en matière de sûreté de ces accélérateurs à haute énergie correspond en grande partie à celui des autres sous-secteurs du secteur universitaire et de recherche. Comme le montre la figure 59, les doses au corps entier reçues par les travailleurs œuvrant dans ces deux installations étaient bien en deçà des limites réglementaires : plus de 91 % d'entre eux ont reçu moins 0,5 mSv et tous les travailleurs ont reçu moins de 20 mSv. Les travailleurs qui se situent dans la plage de dose supérieure participent principalement aux activités d'entretien et de maintenance périodiques de composants radioactifs des systèmes des accélérateurs.

Figure 70 : Diagramme schématique d'un accélérateur de particules à des fins de recherche (non à l'échelle). Source : CCRS.



Les critères de rendement décrits à la section 5.1, utilisés pour signaler le rendement en matière de sûreté des autres sous-secteurs, sont également applicables aux accélérateurs de particules à haute énergie utilisés à des fins de recherche. Toutefois, en raison de leur complexité, des critères de rendement supplémentaires sont fournis pour les deux installations faisant partie de ce sous-secteur. Le tableau 3 ci-dessous résume les cotes attribuées à ces deux installations. Ces cotes proviennent de plusieurs sources, comprenant entre autres des résultats d'inspection. Il convient de noter que les cotes relatives à la conduite de l'exploitation et à la radioprotection figurent dans les graphiques concernant le secteur (figure 62 et figure 63) mais sont reprises dans le tableau ci-dessous à des fins d'exhaustivité. Les définitions de tous les critères de rendement sont présentées à l'annexe B.

Tableau 3 : Cotes de rendement attribuées au sous-secteur des accélérateurs de particules à haute énergie utilisés à des fins de recherche

Critères de rendement (Domaines de sûreté et de réglementation)	Cote	
	TRIUMF	CCRS
Système de gestion	Satisfaisant	Satisfaisant
Gestion du rendement humain	Satisfaisant	Satisfaisant
Conduite de l'exploitation	Satisfaisant	Satisfaisant
Analyse de la sûreté	Satisfaisant	Satisfaisant
Conception matérielle	Satisfaisant	Satisfaisant
Aptitude fonctionnelle	Satisfaisant	Satisfaisant
Radioprotection	Satisfaisant	Satisfaisant

Critères de rendement (Domaines de sûreté et de réglementation)	Cote	
	TRIUMF	CCRS
Santé et sécurité classiques	Satisfaisant	Satisfaisant
Protection de l'environnement	Satisfaisant	Satisfaisant
Gestion des urgences et protection-incendie	Satisfaisant	Satisfaisant
Gestion des déchets	Inférieur aux exigences	Satisfaisant
Sécurité	Satisfaisant	Satisfaisant
Garanties et non-prolifération	Satisfaisant	Sans objet
Emballage et transport	Satisfaisant	Satisfaisant

La seule cote « inférieur aux exigences » était attribuable à des lacunes identifiées dans la manutention et l'évacuation des déchets radioactifs de faible activité. Des mesures correctives ont été mises en œuvre pour pallier à ces lacunes. Étant donné que le CCRS ne mène pas d'activités assujetties aux obligations en matière de garanties, aucune cote n'a été attribuée à ce domaine particulier.

Un événement a été signalé parmi les cinq catégories illustrées à la figure 65. L'événement concernait un petit déversement de liquide radioactif de faible activité dans une pièce d'équipement de laboratoire utilisé pour préparer les cibles des accélérateurs. Le déversement était confiné dans l'appareil et des procédures ont été mises en œuvre pour éviter que ce type d'événement ne se reproduise.

Aucun ordre n'a été délivré dans ce sous-secteur.

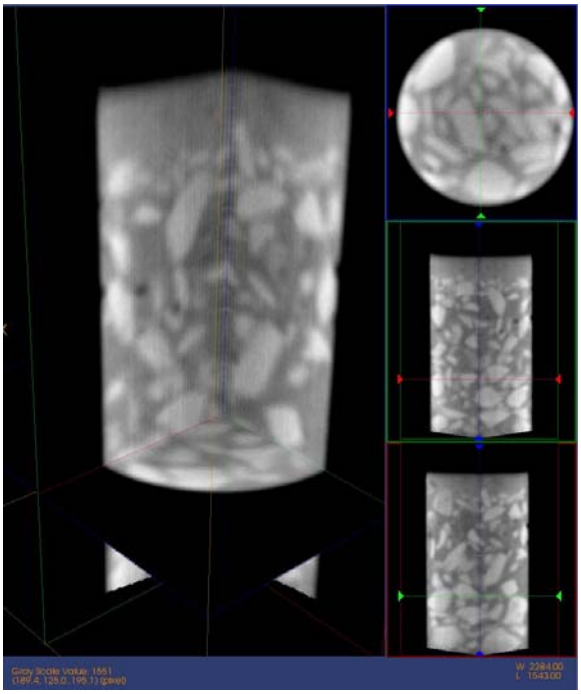
6.3.8.3 SOUS-SECTEUR DES IRRADIATEURS DE RECHERCHE

Les irradiateurs de recherche sont principalement utilisés pour les recherches en radiobiologie et en imagerie médicale et pour l'étalonnage des instruments de mesure des doses de rayonnement. Ces appareils se trouvent dans des hôpitaux, des centres de recherche et des établissements privés.

Les recherches en radiobiologie comportent des études expérimentales sur des animaux ou l'irradiation de cultures cellulaires pour étudier les effets des rayonnements ionisants sur les systèmes biologiques. Ces recherches peuvent servir à améliorer les protocoles des traitements de radiothérapie destinés au traitement du cancer.

L'utilisation de substances nucléaires fait également l'objet de recherches dans des domaines tels que l'imagerie tridimensionnelle à base de cobalt 60, qui produit des images semblables à celles créées par les tomodensitomètres. L'accès à l'imagerie tridimensionnelle en salle de traitement de radiothérapie permet à l'équipe soignante d'appliquer des traitements de radiothérapie guidée par l'image et d'administrer des doses de rayonnement thérapeutique de façon plus précise. La commercialisation fructueuse de cette technologie permettrait aux pays en développement de disposer d'une option de traitement de radiothérapie guidée par l'image à bas coût.

Figure 71 : Image de tomodensitométrie au cobalt 60 montrant l'uniformité des agrégats de haute densité dans des coulées d'essai. Source : Dr John Schreiner, Cancer Centre of Southeastern Ontario du Kingston General Hospital (avec autorisation).



Les études axées sur l'utilisation des irradiateurs de recherche à l'aide de substances nucléaires peuvent couvrir une vaste gamme d'applications, allant de l'administration de doses cliniques à l'imagerie clinique et appliquée. Par exemple, l'utilisation de la tomodensitométrie au cobalt 60 pour guider les images lors des traitements de radiothérapie a été étendue à un certain nombre de problèmes appliqués liés à l'étude des matériaux denses, dont la vérification de l'intégrité du béton à haute densité utilisé pour le blindage des installations. Comme le montre la figure 71, des images de divers cylindres d'essai indiquent que le béton à haute densité était uniforme d'un essai à l'autre et ont confirmé l'intégrité du béton destiné au blindage.

Plusieurs appareils sont utilisés pour étalonner les mesures des doses de rayonnement. Les substances nucléaires à longue période radioactive (cobalt 137 ou cobalt 60) contenues dans ces irradiateurs fournissent une référence fiable pour étalonner les instruments. Les cotes relatives à la radioprotection et à la conduite de l'exploitation de ce sous-secteur ne sont pas disponibles pour 2011, mais les résultats d'autres critères tels que les doses de rayonnement reçues par les travailleurs et les événements signalés sont traités dans les sections précédentes.

6.3.9 SECTEUR UNIVERSITAIRE ET DE RECHERCHE – RÉSUMÉ

Selon les critères de rendement, le secteur universitaire et de recherche fait preuve de conformité. Les cas de non-conformité étaient sans incidence importante sur la sûreté des activités autorisées.

En 2011, aucun ordre n'a été délivré aux titulaires de permis de ce secteur. Après avoir initialement affiché une tendance à l'amélioration, les cotes attribuées à la conduite de l'exploitation et à la radioprotection ont été stables au cours des deux dernières années. Les doses aux travailleurs étaient inférieures aux limites réglementaires.

6.4 SECTEUR COMMERCIAL

6.4.1 DESCRIPTION

Le secteur commercial regroupe un certain nombre d'activités autorisées se rapportant à la production, au traitement, à l'entreposage et à la distribution de substances nucléaires ou à l'étalonnage et à l'entretien d'appareils à rayonnement à des fins commerciales. On trouve dans ce secteur des accélérateurs pour la production d'isotopes, des tiers fournisseurs de services et des organisations mettant au point de nouveaux appareils. En 2011, ce vaste secteur comptait 250 permis.

Aux fins du rapport de cette année, deux sous-secteurs du secteur commercial ont été soulignés : les accélérateurs pour la production d'isotopes et le traitement des substances nucléaires. Collectivement, ces sous-secteurs comptent pour 11 % (27) des 250 permis du secteur commercial. Malgré leur taille relativement faible par rapport à d'autres activités menées dans ce secteur, le but est de fournir des renseignements sur des sous-secteurs différents d'une année à l'autre.

6.4.2 DOSE AUX TRAVAILLEURS

Les données figurant dans la présente section représentent les dossiers de dosimétrie des travailleurs qui peuvent être exposés au rayonnement dans le cadre des activités autorisées par la CCSN. Les données de dosimétrie proviennent d'informations sur les doses fournies par les titulaires de permis dans leur rapport annuel de conformité pour les années 2008 à 2011. Afin de quantifier ce critère de rendement (doses aux travailleurs), le personnel de la CCSN a analysé, pour chaque secteur, un échantillon représentatif de données de dosimétrie provenant d'une sélection aléatoire de rapports annuels de conformité soumis par les titulaires de permis.

Le terme « échantillon de travailleurs » se trouvant dans les figures de cette section représente le nombre de travailleurs dont les données de dosimétrie ont été analysées (1 099 travailleurs ont fait l'objet de l'échantillonnage en 2011). Comme le montre la figure 72, les doses ont été relativement constantes de 2008 à 2011.

Comme le montre la figure 73, plus de 99 % des « travailleurs du secteur nucléaire » du sous-secteur des accélérateurs pour la production d'isotopes ont reçu des doses au corps entier inférieures à 5 mSv/an en 2011, soit bien en deçà de la limite réglementaire de 50 mSv/an. Il convient de noter que les données relatives à ce sous-secteur comprennent les doses reçues par les travailleurs participant au traitement des isotopes produits par les accélérateurs servant à la production d'isotopes.

En raison de la manipulation d'instruments pendant le traitement des isotopes, les doses aux mains des travailleurs font également l'objet de contrôles. Les données indiquent que les doses reçues sont relativement stables; tous les travailleurs ont reçu moins de 500 mSv/an, ce qui correspond à la limite de dose réglementaire aux extrémités. Ces renseignements sont présentés à la figure 74.

Les doses reçues par les « travailleurs du secteur nucléaire » du sous-secteur du traitement des substances nucléaires sont semblables à celles du sous-secteur des accélérateurs pour la production d'isotopes et ont été stables au cours des quatre dernières années. Comme le montrent la figure 75 et la figure 76, tous les « travailleurs du secteur nucléaire » ont reçu des doses annuelles au corps entier inférieures à 20 mSv/an et tous les « autres travailleurs » ont reçu moins de 0,5 mSv, soit bien en deçà de leurs limites réglementaires respectives.

Figure 72 : Secteur commercial – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire » et les « autres travailleurs »

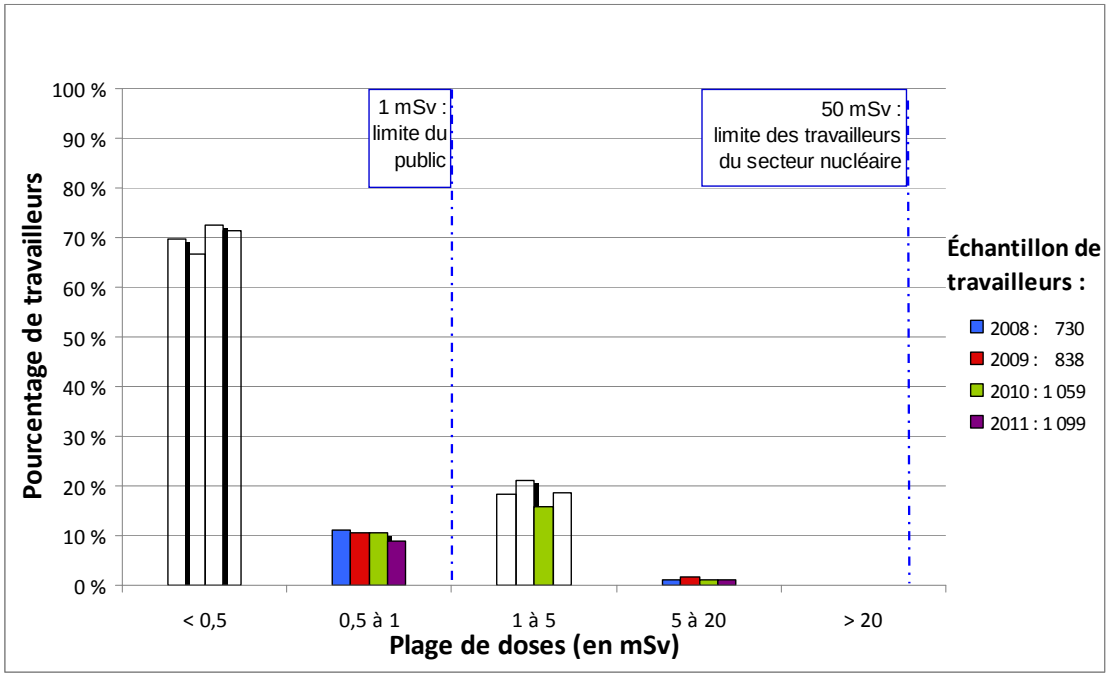


Figure 73 : Accélérateurs pour la production d'isotopes – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

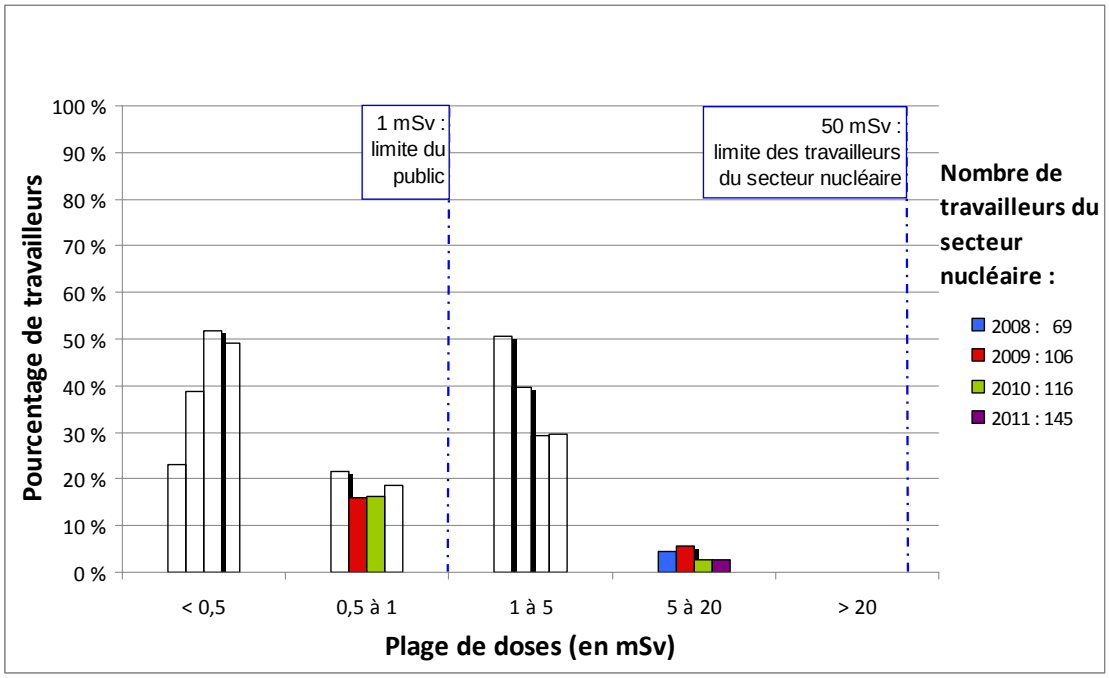


Figure 74 : Accélérateurs pour la production d'isotopes – Doses annuelles aux extrémités pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

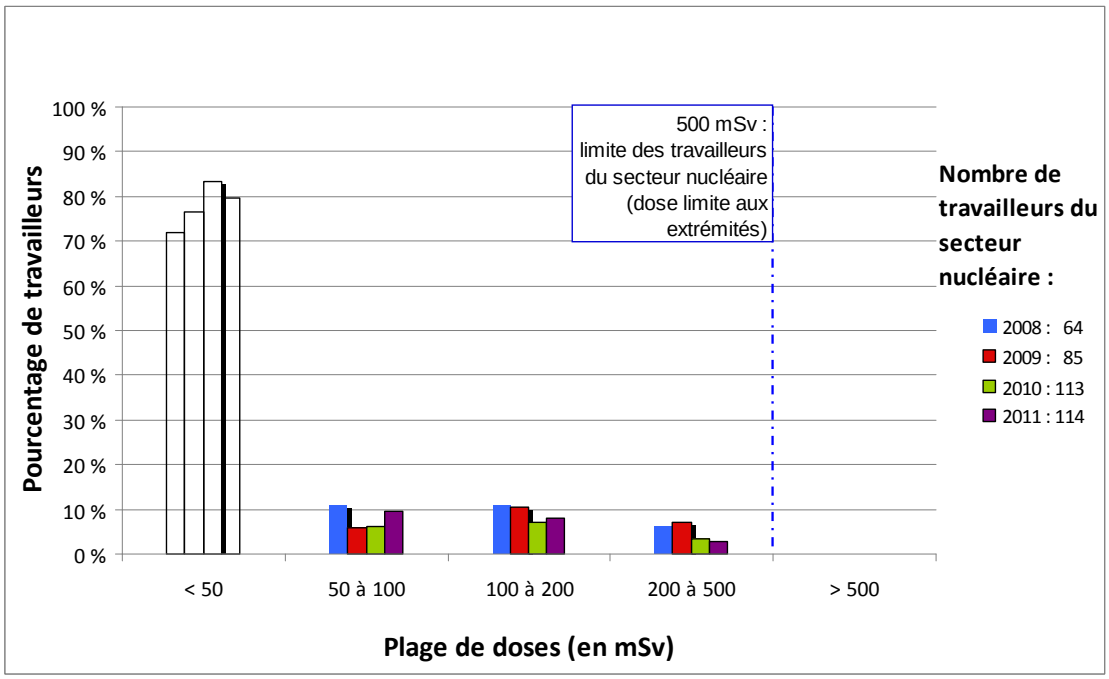


Figure 75 : Traitement des substances nucléaires – Doses annuelles au corps entier pour les « travailleurs du secteur nucléaire »

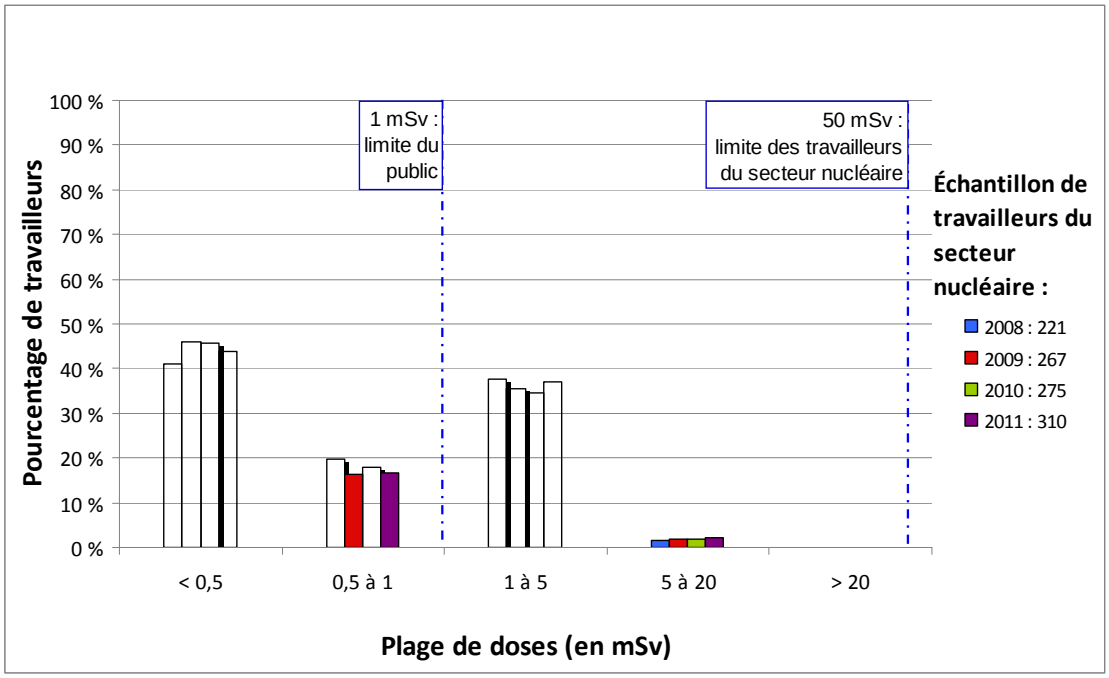
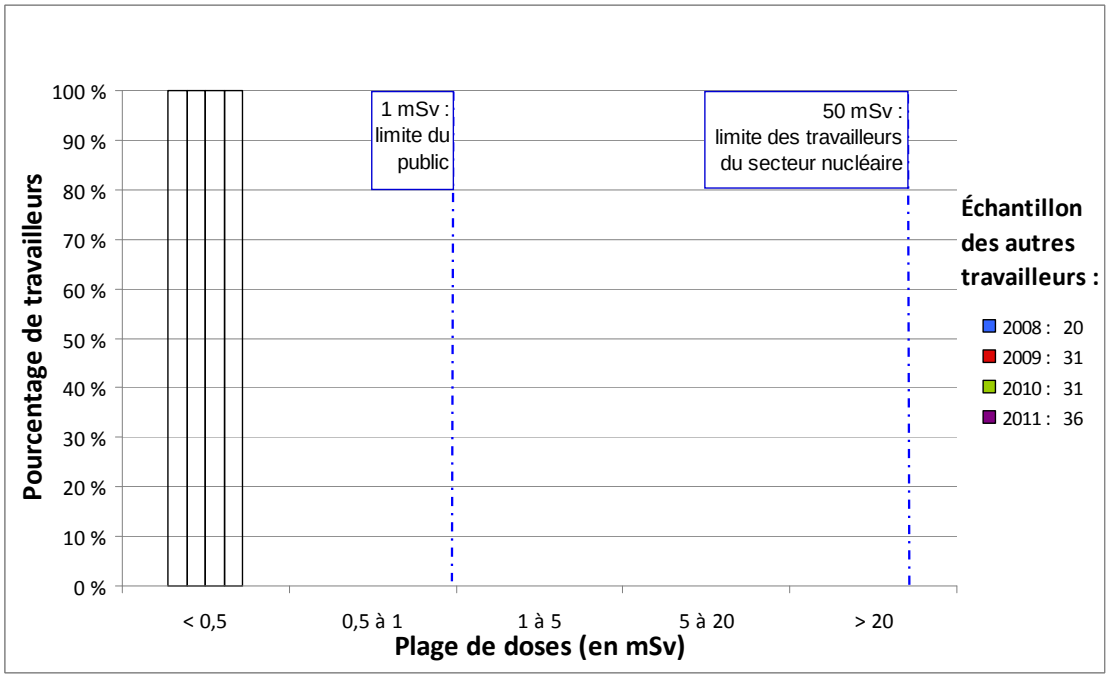


Figure 76 : Traitement des substances nucléaires – Doses annuelles au corps entier pour les « autres travailleurs »



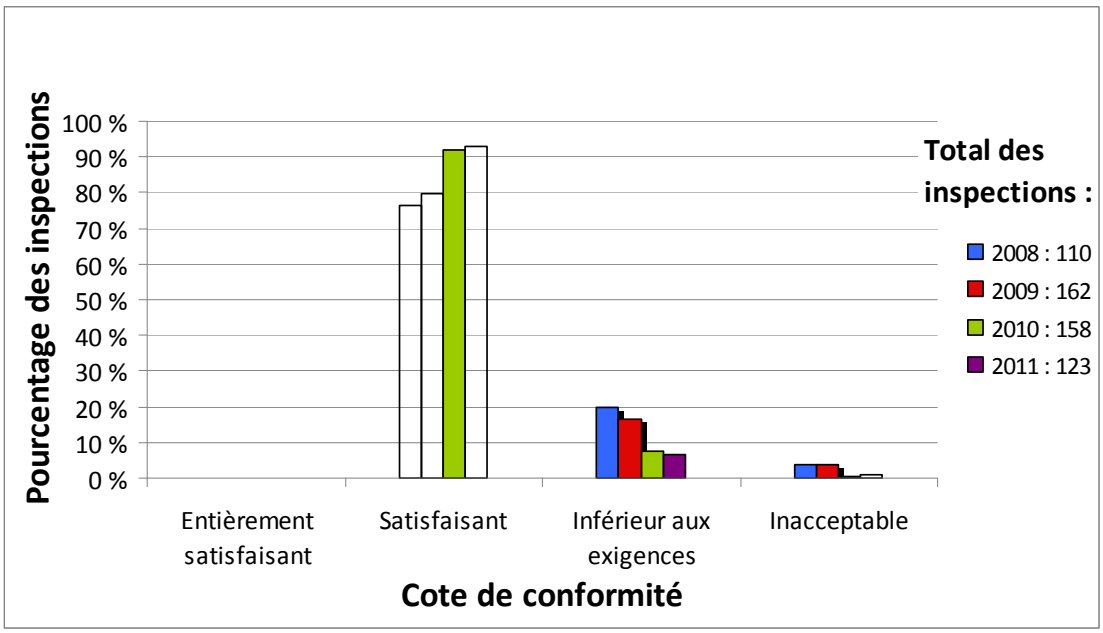
6.4.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION

Les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation du secteur commercial sont illustrés à la figure 77. En 2011, 93 % des titulaires de permis inspectés faisaient preuve de conformité dans ce domaine de sûreté, avec des résultats relativement inchangés par rapport à l'année précédente. Parmi les titulaires de permis inspectés, 7 % ont reçu une cote « inférieur aux exigences » parce qu'ils présentaient des cas de non-conformité sans incidence importante sur la sûreté, tandis que 1 % ont reçu une cote « inacceptable ». Une cote « inacceptable » fait état d'un niveau de rendement nettement inférieur aux exigences, mais sans la prise de mesures correctives, il est fort probable que les lacunes relevées entraînent un risque inacceptable pour la santé et la sécurité des travailleurs et du public, ou pour l'environnement.

Dans ce domaine de sûreté, les cas types de non-conformité comprenaient le défaut de travailleurs de respecter les procédures du titulaire de permis ainsi que le défaut de titulaires de permis de tenir des dossiers de formation appropriés ou d'effectuer des épreuves d'étanchéité à des intervalles prescrits.

En 2011, le taux de conformité des titulaires de permis du secteur commercial dans ce domaine de sûreté est demeuré inchangé par rapport à l'année précédente, suggérant de solides améliorations par rapport à 2007 et 2008. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.3 de l'annexe C.

Figure 77 : Secteur commercial – Résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation



6.4.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION

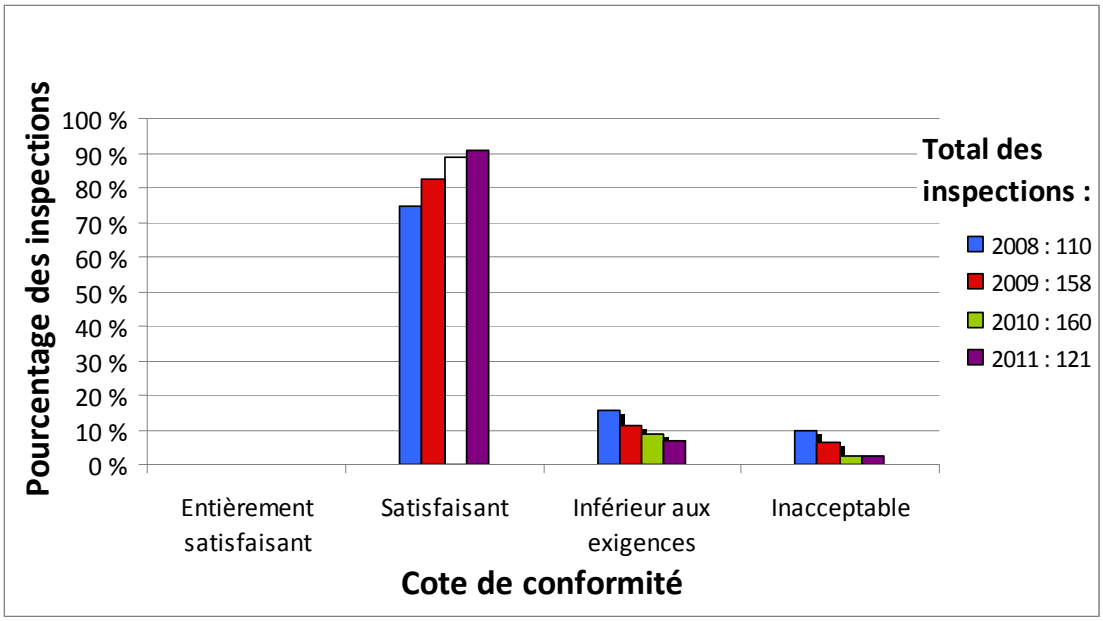
Les résultats d'inspection de la radioprotection du secteur commercial sont illustrés à la figure 78. En 2011, 91 % des titulaires de permis inspectés faisaient preuve de conformité dans ce domaine de sûreté. Parmi les titulaires de permis inspectés, 7 % ont reçu une cote

« inférieur aux exigences » parce qu'ils présentaient des cas de non-conformité sans incidence importante sur la sûreté, tandis que 3 % ont reçu une cote « inacceptable ».

Les cas types de non-conformité dans ce domaine de sûreté comprenaient des appareils étiquetés incorrectement, des substances nucléaires entreposées incorrectement ou l'incapacité d'un titulaire de permis de démontrer que les doses respectent le principe ALARA (niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre).

Le niveau de conformité du secteur commercial en matière de radioprotection s'est légèrement amélioré en 2011, comparativement aux résultats des années précédentes. Le nombre de titulaires de permis faisant preuve de conformité a augmenté, passant de 75 % en 2008 à 91 % en 2011. Le nombre de titulaires de permis inspectés affichant un niveau de conformité « inférieur aux exigences » ou « inacceptable » a diminué, passant de 26 % en 2008 à 10 % en 2011. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.4 de l'annexe C.

Figure 78 : Secteur commercial – Résultats d'inspection de la radioprotection



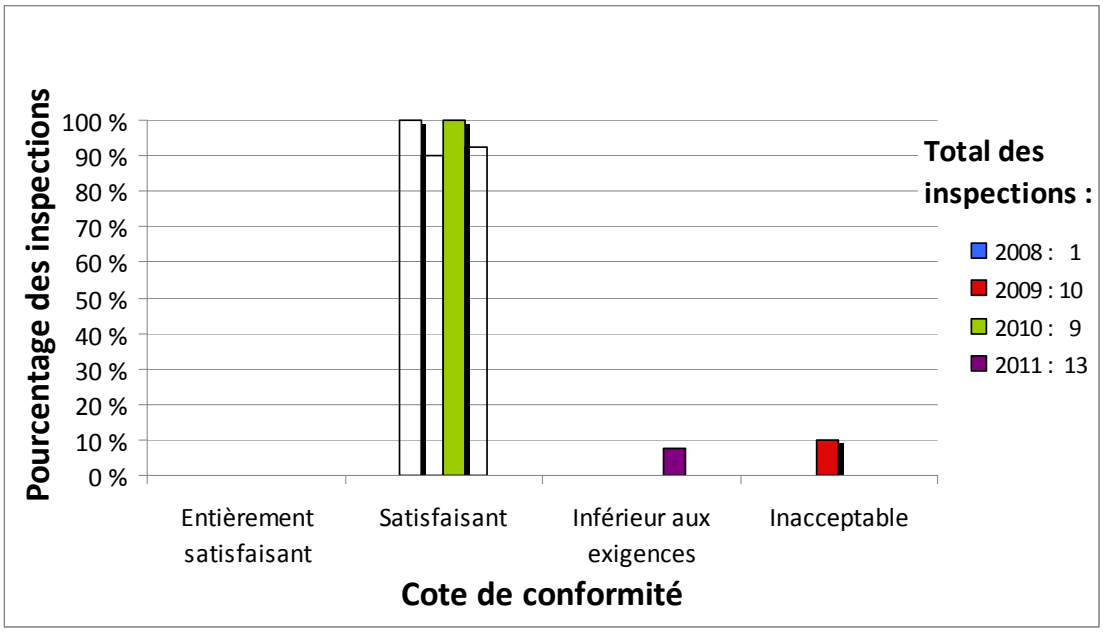
6.4.5 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES

Les résultats d'inspection touchant le suivi des sources scellées pour le secteur commercial de 2008 à 2011 sont illustrés à la figure 79. Tout comme en 2009, le rendement d'un titulaire de permis a reçu une cote « inférieur aux exigences » en 2011. Les documents d'inventaire des sources scellées du titulaire de permis et l'inventaire signalé au Système de suivi des sources scellées ne correspondaient pas aux sources vérifiées physiquement durant l'inspection. Le titulaire de permis a pris des mesures correctives appropriées pour régler ce problème.

Des informations supplémentaires à ce sujet se trouvent dans le *Rapport annuel sur le Registre national des sources scellées et le Système de suivi des sources scellées*,

accessibles sur le site Web de la CCSN[14]. Pour plus de détails sur les résultats d'inspection, voir la section C.5 de l'annexe C.

Figure 79 : Secteur commercial – Résultats d'inspection du suivi des sources scellées



6.4.6 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS

Comme le montre la figure 80, 20 événements ont été signalés dans le secteur commercial en 2011.

De ce nombre, quatre incidents mettaient en cause des appareils défectueux ou endommagés, sans conséquence radiologique ni exposition.

Sept incidents concernaient des déversements ou des cas de contamination dans des installations de production d'isotopes médicaux, et un d'entre eux a été causé par la rupture de cibles de gaz dans un cyclotron. Le rayonnement a pu être confiné à l'intérieur des appareils, n'entraînant aucune conséquence radiologique ni aucune exposition pour les techniciens ou les membres du public.

Les déversements et les cas de contamination étaient principalement attribuables à la manipulation de substances nucléaires sous forme liquide par les techniciens. Dans tous les cas, les titulaires de permis ont mis en œuvre des mesures satisfaisantes pour atténuer les conséquences et limiter l'exposition au rayonnement des travailleurs. Par rapport à 2010, le nombre de déversements et de cas de contamination signalés dans ce secteur a diminué de 68 %, probablement en raison des mesures mises en œuvre par les titulaires de permis.

Huit incidents ont été signalés dans le domaine de l'emballage et du transport parmi lesquels deux cas concernaient des colis endommagés (sans perte de confinement) et deux accidents mettaient en cause des véhicules transportant des substances nucléaires

[14] Peut être consulté en ligne à l'adresse http://nuclearsafety.gc.ca/fr/readingroom/reports/ssts/index.cfm

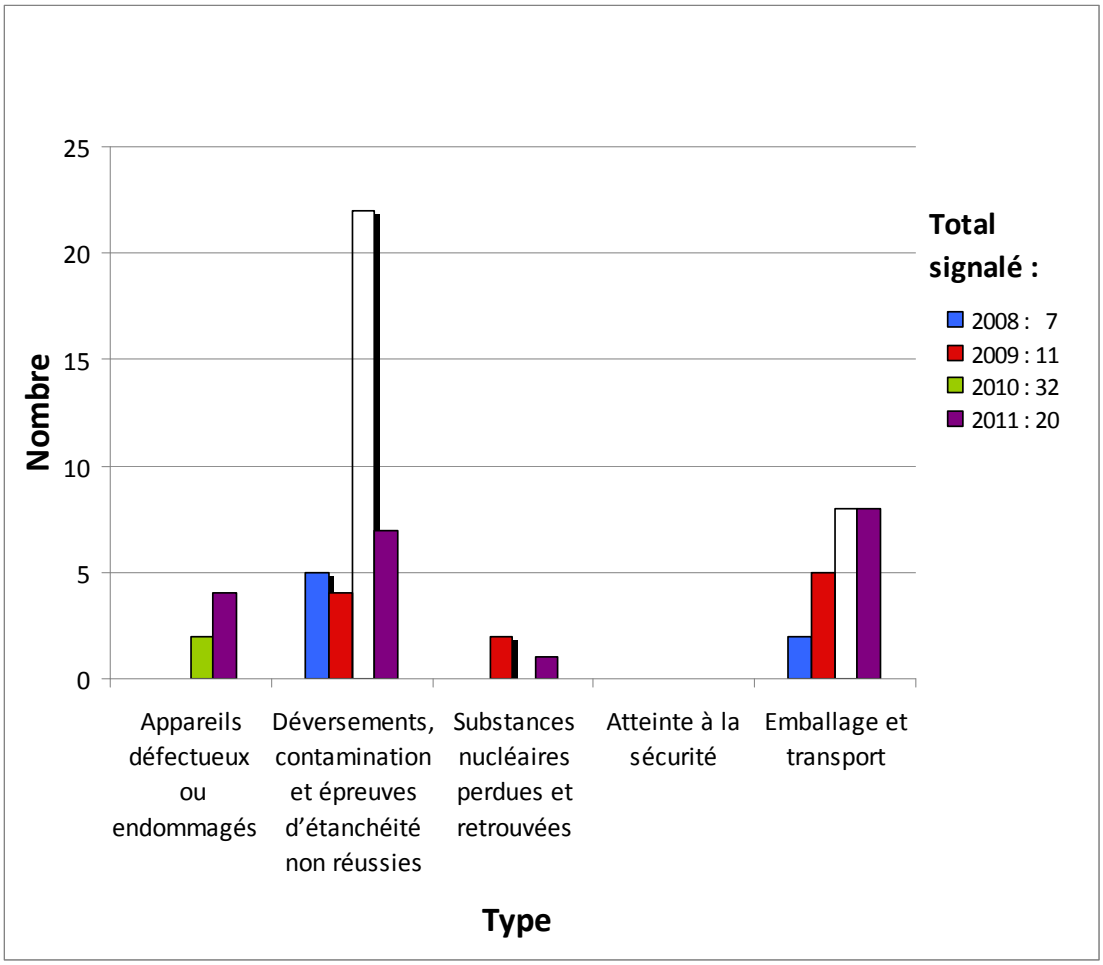
(sans dommage aux colis). On a également signalé quatre expéditions de substances nucléaires qui n'étaient pas entièrement conformes aux exigences réglementaires; ces cas de non-conformité étaient de nature administrative.

Dans tous les cas, les titulaires de permis concernés ont mis en place des procédures pour s'assurer que ces événements ne se reproduisent pas.

Le secteur commercial a également signalé un cas de perte de substance nucléaire durant le transport. Après enquête, on a déterminé que le colis est tombé d'un chariot d'aéroport et a été détruit après avoir été écrasé par un véhicule. L'équipe chargée de l'entretien a balayé les débris et les a jetés aux ordures, sans se rendre compte que le colis et les débris contenaient des matières radioactives. La substance nucléaire transportée était une petite quantité de gallium 67, un isotope médical à courte période ne présentant aucun risque pour la santé, la sécurité ou l'environnement. Le transporteur a depuis lors modifié ses procédures et a donné à tout le personnel une formation appropriée pour s'assurer qu'un tel incident ne se reproduise pas.

Aucun des événements signalés par les titulaires de permis du secteur commercial n'a entraîné des doses aux travailleurs ou aux membres du public supérieures aux limites réglementaires, et on n'a signalé aucune atteinte à la sécurité en 2011.

Figure 80 : Secteur commercial – Événements et incidents signalés



6.4.7 MESURES D'APPLICATION – ORDRES ET MESURES À PRENDRE PAR LES TITULAIRES DE PERMIS

Aucun ordre n'a été délivré à des titulaires de permis du secteur commercial en 2011.

6.4.8 SOUS-SECTEURS DU SECTEUR COMMERCIAL

6.4.8.1 SOUS-SECTEUR DES ACCÉLÉRATEURS POUR LA PRODUCTION D'ISOTOPES

Les 11 accélérateurs pour la production d'isotopes autorisés par la CCSN servent principalement à la production d'isotopes utilisés en imagerie médicale. Le carbone 11 et, plus souvent, le fluor 18 sont incorporés à des produits radiopharmaceutiques utilisés dans la tomographie par émission de positrons. Un cyclotron, le type le plus courant d'accélérateur servant à la production d'isotopes, est illustré à la figure 81. Les cotes relatives à la radioprotection et à la conduite de l'exploitation de ce sous-secteur ne sont pas disponibles pour 2011, mais les résultats d'autres critères de rendement tels que les doses de rayonnement reçues par les travailleurs et les événements signalés sont traités dans les sections précédentes.

Figure 81 : Accélérateur servant à la production d'isotopes (cyclotron). Source : CCSN.

6.4.8.2 SOUS-SECTEUR DU TRAITEMENT DES SUBSTANCES NUCLÉAIRES

Les substances nucléaires créées dans un accélérateur servant à la production d'isotopes ou un réacteur nucléaire et destinées à être utilisées comme isotopes médicaux doivent être traitées pour les préparer aux applications thérapeutiques ou diagnostiques (imagerie). Ces processus radiochimiques sont habituellement réalisés dans des hôpitaux ou des laboratoires privés en vue d'une utilisation locale ou dans les locaux des clients. La figure 82 montre un travailleur traitant un isotope médical dans une salle blanche ultramoderne.

Figure 82 : Travailleur traitant des substances nucléaires. Source : CCSN.

Comme le montre la figure 83, les résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation de ce sous-secteur sont essentiellement identiques à ceux de l'ensemble du secteur, avec un taux de conformité de 92 % en 2011. Dans ce domaine de sûreté, les cas types de non-conformité se rapportent à la signalisation inadéquate ou à des défaillances périodiques en matière de respect des procédures.

De même, la figure 84 montre que les cotes attribuées à la radioprotection dans ce sous-secteur sont semblables à celle du secteur en 2011, ce qui correspond à une amélioration par rapport aux deux années précédentes. Les cas fréquents de non-conformité comprennent l'absence de dispositions adéquates visant à réduire au minimum la contamination (par exemple le contrôle de l'exposition des mains et des pieds).

Figure 83 : Secteur commercial et sous-secteur du traitement des substances nucléaires – Comparaison des résultats d'inspection de la conduite de l'exploitation

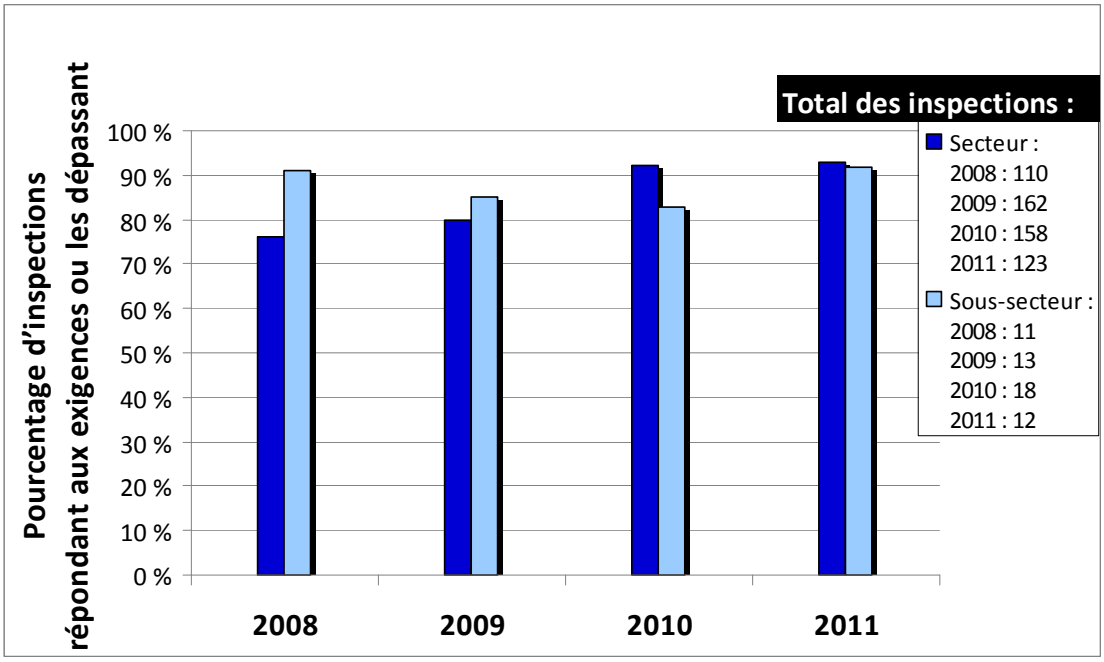
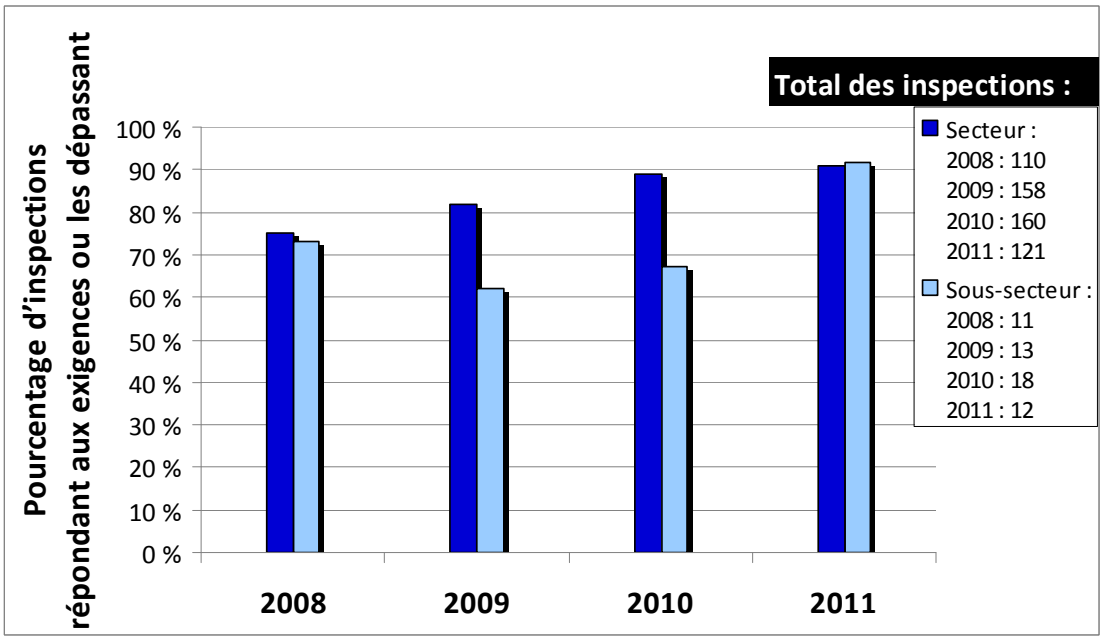


Figure 84 : Secteur commercial et sous-secteur du traitement des substances nucléaires – Comparaison des résultats d'inspection de la radioprotection



6.4.9 SECTEUR COMMERCIAL – RÉSUMÉ

Comparativement aux années précédentes, le secteur commercial a fait preuve d'une légère amélioration de son niveau de conformité dans les domaines de sûreté de la conduite de l'exploitation et de la radioprotection en 2011. Malheureusement, on a noté en 2011 un déclin du niveau de conformité en matière de suivi des sources scellées en raison du non-respect des exigences par un titulaire de permis.

Le nombre total d'événements signalés par les titulaires de permis du secteur commercial a considérablement diminué en 2011. Cette baisse est principalement attribuable à une diminution sensible du nombre de déversements, des cas de contamination et des échecs des épreuves d'étanchéité.

Aucun ordre n'a été délivré à des titulaires de permis de ce secteur en 2011. Le sous-secteur du traitement des substances nucléaires a fait preuve d'un rendement supérieur dans les domaines de la conduite de l'exploitation et de la radioprotection par rapport à l'ensemble du secteur. Les doses au corps entier et aux extrémités pour les travailleurs se trouvaient à un niveau acceptable et n'ont pratiquement pas changé entre 2008 et 2011.

7.0 CONCLUSION

En général, les 2 550 titulaires de permis visés par le présent rapport et faisant parti des quatre secteurs concernés ont obtenu des résultats positifs sur le plan de la conformité en 2011. Les doses aux travailleurs de tous les secteurs sont demeurées bien en-deçà des limites réglementaires. Cependant, les secteurs ont connu une augmentation du nombre d'événements signalés, par comparaison avec 2010.

Les doses de rayonnement reçues par les travailleurs en 2011 sont restées généralement stables par rapport à celles reçues en 2010. Les « travailleurs du secteur nucléaire » œuvrant dans les quatre secteurs visés par le rapport ont reçu des doses bien inférieures aux limites réglementaires de 50 mSv/an et de 100 mSv sur cinq ans, et aucun d'entre eux n'a reçu plus de 20 mSv, quelle que soit l'année considérée.

Au total, 1 622 inspections ont été menées en 2011, comprenant un examen de la conduite de l'exploitation des titulaires de permis. Les titulaires de permis de tous les secteurs ont fait preuve d'une meilleure conformité dans ce domaine de sûreté par comparaison aux trois années précédentes.

En 2011, la CCSN a mené 1 609 inspections en matière de radioprotection. Les tendances rattachées à ce domaine de sûreté étaient en général favorables entre 2008 et 2011. Trois secteurs sur quatre ont amélioré leurs taux de conformité dans ce domaine, le secteur industriel ayant fait preuve de l'augmentation la plus notable. La seule exception était le secteur universitaire et de recherche, qui a montré une très légère diminution. Bien que les taux de conformité du secteur médical se soient améliorés de façon continue depuis 2008, ils se situent toujours derrière les autres secteurs en ce qui concerne les résultats d'inspection de la radioprotection.

En ce qui concerne le suivi des sources scellées, tous les secteurs ont affiché de solides taux de conformité aux exigences de la CCSN en la matière. En général, les taux de conformité correspondaient à ceux des années précédentes et ceux du secteur médical ainsi que du secteur universitaire et de recherche ont atteint 100 %.

Le nombre d'événements à signaler est passé à 129 en 2011 alors qu'il était de 102 en 2010. Cette augmentation était plus sensible dans le secteur industriel, en raison d'une augmentation du nombre d'incidents signalés mettant en cause des jauges portatives. D'autre part, le nombre d'événements et d'incidents signalés dans le secteur commercial a sensiblement diminué en 2011, par comparaison avec 2010.

Aucun événement ou incident signalé à la CCSN en 2011 ne s'est soldé par une dose de rayonnement supérieure aux limites réglementaires. Dans tous les cas, les titulaires de permis ont mis en œuvre les mesures appropriées pour atténuer les conséquences et limiter l'exposition au rayonnement des travailleurs et du public.

Les ordres sont un moyen permettant à la CCSN de faire respecter les exigences réglementaires. Aucun ordre n'a été délivré aux titulaires de permis du secteur commercial ou du secteur médical en 2011. Cependant, un ordre a été délivré au secteur universitaire et de recherche pour la toute première fois en quatre ans. Sur les 13 ordres délivrés aux titulaires de permis du secteur industriel, six concernaient les jauges portatives, six visaient la gammagraphie industrielle et le dernier concernait la diagraphie des puits de pétrole.

GLOSSAIRE

accélérateur linéaire médical
Accélérateur qui produit des photons de haute énergie (rayons X) à des fins thérapeutiques en émettant des doses contrôlées de rayonnement dans un faisceau aux dimensions délimitées. (*medical linear accelerator*)

appareil à rayonnement
Appareil qui contient une substance nucléaire en une quantité supérieure à la quantité d'exemption et qui permet d'utiliser les propriétés de rayonnement de la substance nucléaire à différentes fins (gammagraphie industrielle, exploration pétrolière, construction routière, procédés industriels, etc.). (*radiation device*)

appareil d'exposition
Appareil à rayonnement qui est conçu pour être utilisé en gammagraphie, y compris ses accessoires, notamment l'assemblage de source scellée, le mécanisme de commande, le tube de guidage d'assemblage de source scellée et la tête d'exposition. (*exposure device*)

application
Ensemble des activités qui visent à rétablir la conformité aux exigences réglementaires. (*enforcement*)

avis d'action
Demande écrite qui est adressée au titulaire de permis ou à une personne visée par une mesure d'application pour corriger un état de non-conformité. Il s'agit en pareille occurrence d'un état de non-conformité qui ne contrevient pas directement à la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, aux règlements applicables, aux conditions de permis, aux codes ou normes, mais qui peut compromettre la sûreté, la sécurité ou l'environnement et mener à une non-conformité directe si la situation n'est pas corrigée. (*action notice*)

cyclotron
Accélérateur de particules qui augmente la vitesse des particules les entraînant dans un mouvement circulaire jusqu'à ce qu'elles atteignent une cible située sur le périmètre du cyclotron. Certains cyclotrons sont utilisés pour produire des isotopes médicaux. (*cyclotron*)

équipement réglementé
Équipement réglementé en vertu de l'article 20 du *Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires*. (*prescribed equipment*)

jauge fixe
Appareil à rayonnement qui est attaché à une structure et qui permet d'utiliser les propriétés de rayonnement de la substance nucléaire qu'il contient pour mesurer des paramètres reliés à un procédé (par exemple le débit de liquide, le niveau de liquide). (*fixed gauge*)

jauge portative
Appareil à rayonnement portatif qui permet d'utiliser les propriétés de rayonnement de la substance nucléaire qu'il contient pour mesurer les propriétés des matériaux (épaisseur, densité, teneur en eau, etc.). (*portable gauge*)

produit radiopharmaceutique
Médicament qui contient une substance radioactive utilisée en imagerie médicale ou pour le traitement du cancer. (*radiopharmaceutical*)

radio-oncologue
Médecin, habilité par l'organisme provincial ou territorial chargé de réglementer la profession médicale, qui se spécialise dans le traitement des patients atteints de cancer en utilisant la radiothérapie comme forme principale de traitement. (*radiation oncologist*)

radiothérapeute
Technicien en radiothérapie qui est accrédité par l'Association canadienne des technologues en radiation médicale. Le radiothérapeute travaille dans le domaine de la radiothérapie et exécute différentes fonctions telles que la planification des détails du traitement, le calcul de la dose de rayonnement, le positionnement des patients, le fonctionnement de l'accélérateur linéaire médical et les conseils aux patients concernant les effets secondaires possibles du traitement. (*radiation therapist*)

rayonnement naturel
Rayonnement qui est émis par des matières radioactives présentes à l'état naturel dans le sol ou provenant de rayons cosmiques. (*natural background radiation*)

renseignements réglementés
Renseignements réglementés en vertu de l'article 21 du *Règlement général sur la sûreté et la réglementation nucléaires*. (prescribed information)

seuil d'intervention
S'entend d'une dose de rayonnement déterminée ou de tout autre paramètre qui, lorsqu'il est atteint, peut dénoter une perte de contrôle d'une partie du programme de radioprotection du titulaire de permis et rend nécessaire la prise de mesures particulières. (*action level*)

source scellée
Substance nucléaire radioactive qui est enfermée dans une enveloppe scellée ou munie d'un revêtement auquel elle est liée; cette enveloppe ou ce revêtement présente une résistance suffisante pour empêcher tout contact avec la substance ou la dispersion de celle-ci dans les conditions d'emploi pour lesquelles l'enveloppe ou le revêtement a été conçu. (*sealed source*)

source non scellée
Substance nucléaire radioactive qui n'est pas contenue dans une enveloppe scellée ou munie d'un revêtement. (*open source*)

technologue en médecine nucléaire
Technologue en médecine nucléaire qui est accrédité par l'Association canadienne des technologues en radiation médicale. Le technologue en médecine nucléaire travaille dans le domaine de la médecine nucléaire et exécute différentes fonctions (préparation et administration de produits radiopharmaceutiques, prise d'images de différents organes et structures corporelles, utilisation d'ordinateurs pour traiter les données et améliorer les images, analyse d'échantillons biologiques, etc.) en étroite collaboration avec tous les membres de l'équipe soignante. (*nuclear medicine technologist*)

travailleur du secteur nucléaire
Personne qui, du fait de sa profession ou de son occupation et des conditions dans lesquelles elle exerce ses activités, si celles-ci sont liées à une substance ou une installation nucléaire, risque vraisemblablement de recevoir une dose de rayonnement supérieure à la limite réglementaire fixée pour la population en général. (*nuclear energy worker*)

ANNEXE A – PROCESSUS DE RÉGLEMENTATION DES SUBSTANCES NUCLÉAIRES

La Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) réglemente le développement, la production et l'utilisation de l'énergie nucléaire ainsi que la production, la possession et l'utilisation de substances nucléaires, d'équipement réglementé et de renseignements réglementés au Canada. Dans le cadre de ses processus d'autorisation, d'accréditation, d'homologation et de vérification de la conformité, la CCSN veille à ce que les activités nucléaires soient effectuées en toute sécurité afin de protéger les personnes, leur santé et l'environnement. La CCSN s'efforce également de veiller à ce que les Canadiens et les entreprises canadiennes respectent les engagements internationaux du Canada à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire.

La CCSN utilise un système de réglementation fondé sur la connaissance du risque, lequel est axé sur la transparence, l'intégration des efforts et l'adoption d'une approche globale fondée sur la connaissance du risque en matière d'autorisation et de vérification de la conformité. Les installations et les opérations sont classées selon les risques pour la santé et la sécurité posés par leurs activités autorisées. Ce classement sert à établir l'effort de réglementation demandé sur le plan des activités d'autorisation et de vérification de la conformité.

L'approche fondée sur la connaissance du risque repose sur le principe suivant : les activités autorisées considérées comme présentant un risque élevé ou moyen sont soumises à un contrôle réglementaire plus étroit. Ce contrôle comprend des inspections plus fréquentes et plus approfondies pour vérifier la conformité à la *Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*, à ses règlements d'application et aux conditions de permis.

Afin d'établir une valeur globale du risque, on assigne un facteur de pondération à chaque activité autorisée. Le facteur de pondération correspond à un coefficient qui est assigné à une activité autorisée afin d'en représenter l'importance relative du point de vue du risque. Les éléments considérés pour la pondération comprennent la forme sous laquelle se présente la matière (source scellée, source non scellée, ou appareil à rayonnement), le lieu ou l'emplacement d'utilisation de la matière (installation publique ou contrôlée) et les problèmes antérieurs qui ont marqué l'activité autorisée. Pour déterminer la valeur globale du risque pour un titulaire de permis donné, d'autres facteurs de pondération (par ex. le bilan de conformité) sont pris en compte. Pour chaque activité autorisée, un risque global est calculé à l'aide des valeurs de risque et des facteurs de pondération. En général, les titulaires de permis qui exercent des activités à haut risque font l'objet d'inspections étalées sur un période de cinq ans.

Le programme de réglementation fondé sur la connaissance du risque est conçu pour donner les résultats suivants :

- un classement selon le risque qui tient compte du rendement du titulaire de permis;
- une administration efficace de l'effort de réglementation s'appuyant sur le classement selon le risque associé aux activités autorisées;
- des activités d'autorisation et de vérification de la conformité qui sont efficaces, cohérentes, totalement intégrées, fondées sur la connaissance du risque et communiquées aux parties intéressées.

Le processus d'autorisation de la CCSN débute avec la demande d'un nouveau permis, d'une modification de permis, d'un renouvellement de permis ou d'une révocation de permis. Le personnel de la CCSN évalue la demande en fonction des éléments suivants : l'exhaustivité de la demande, les mesures de radioprotection et les manuels de formation, sans oublier les versions antérieures des rapports d'inspection, des rapports d'événements et des rapports annuels de conformité.

Les permis sont délivrés par la composante tribunal de la CCSN (ci-après « tribunal de la Commission » ou par des fonctionnaires désignés ayant reçu l'autorisation du tribunal de la Commission pour délivrer, renouveler, modifier, révoquer ou remplacer un permis, ainsi que pour accréditer des personnes et homologuer de l'équipement ou pour retirer cette accréditation ou homologation. Si la décision de refuser le permis est prise, le demandeur peut être entendu par le fonctionnaire désigné ou le tribunal de la Commission.

Un élément clé de l'approche de réglementation de la CCSN est son programme de conformité qui assure le suivi de la conformité des titulaires de permis aux exigences réglementaires et aux conditions de permis. Ce programme vise également à maintenir la sûreté du secteur nucléaire et à faire en sorte que le Canada respecte ses obligations internationales à l'égard de l'utilisation pacifique de l'énergie et des matières nucléaires.

Bien qu'une échelle à cinq lettres soit souvent utilisée à des fins opérationnelles lors des inspections de vérification de la conformité, la CCSN a adopté en 2008 une échelle de conformité à quatre paliers dans le but d'établir des rapports. Le tableau suivant montre la correspondance entre les deux systèmes d'évaluation :

Quatre cotes de conformité utilisées pour l'établissement des rapports		**Cinq cotes de conformité utilisées à des fins opérationnelles**	
FS	Entièrement satisfaisant	**A**	Dépasse les exigences
SA	Satisfaisant	**B**	Répond aux exigences
BE	Inférieur aux exigences	**C**	Inférieur aux exigences
UA	Inacceptable	**D**	Très inférieur aux exigences
		E	Inacceptable

Note : Pour garantir la précision des données (collecte, analyse et rapport), nous avons jugé préférable de conserver les mêmes abréviations que celles utilisées dans la version anglaise du rapport. Ces abréviations correspondent à ce qui suit : FS (*fully satisfactory* ou entièrement satisfaisant); SA (*satisfactory* ou satisfaisant); BE (*below requirements* ou inférieur aux exigences); UA (*unacceptable* ou inacceptable).

Enfin, quand le personnel de la CCSN constate des cas de non-conformité, des mesures d'application s'imposent. Ces mesures s'appliquent selon une approche graduelle et peuvent aller d'un simple avis écrit et de l'exigence de mettre en œuvre des mesures correctives jusqu'à la délivrance d'un ordre ou d'une ordonnance, à l'intensification de la surveillance réglementaire, à la révocation du permis ou à la poursuite judiciaire.

Le choix des mesures d'application se fait en considérant les effets ou effets potentiels de chaque cas de non-conformité sur la santé et la sécurité des personnes, sur la sécurité des installations, sur l'environnement et sur les obligations internationales. Sont aussi pris en compte, les circonstances qui ont entraîné et suivi le cas de non-conformité, le dossier du titulaire de permis en matière de conformité et tous les risques ou contraintes opérationnels ou juridiques auxquels fait face la CCSN. Dans tous les cas, la CCSN assure le suivi des mesures d'application jusqu'à leur conclusion.

ANNEXE B – DÉFINITIONS DES DOMAINES DE SÛRETÉ ET DE RÉGLEMENTATION

Au moment des inspections de vérification de la conformité, le personnel de la CCSN centre son attention sur un certain nombre de domaines de sûreté et de réglementation. Le présent rapport traite de deux d'entre eux, à savoir la conduite de l'exploitation et la radioprotection, sauf dans le cas des accélérateurs de particules à haute énergie utilisés à des fins de recherche qui sont examinés à la section 6.3.8.2. Pour cette raison, le tableau suivant définit tous les domaines de sûreté et de réglementation :

Domaine fonctionnel	Domaine de sûreté et de réglementation	Définitions
Gestion	Système de gestion	Ce domaine englobe le cadre qui établit les processus et les programmes requis pour s'assurer qu'une organisation atteint ses objectifs de sûreté et surveille continuellement son rendement par rapport à ces objectifs, tout en favorisant une saine culture de sureté.
	Gestion du rendement humain	Ce domaine englobe les activités qui permettent d'atteindre un rendement humain efficace au moyen de processus. Les titulaires de permis doivent ainsi élaborer et mettre en en œuvre des processus qui garantissent que leurs employés sont présents en nombre suffisant dans tous les secteurs de travail pertinents, qu'ils possèdent les connaissances et les compétences nécessaires et qu'ils ont accès aux procédures et aux outils dont ils ont besoin pour exécuter leurs tâches en toute sécurité.
	Conduite de l'exploitation	Ce domaine comprend un examen global de l'exercice des activités autorisées ainsi que des activités qui favorisent une exploitation efficace.
Installations et équipement	Analyse de la sûreté	Ce domaine vise la tenue à jour de l'analyse de la sûreté qui appuie le dossier général de la sûreté de l'installation. Cette analyse consiste en une évaluation systématique des risques liés au fonctionnement d'une installation proposée ou à l'exercice d'une activité proposée. L'analyse de la sûreté sert à examiner l'efficacité des mesures et des stratégies de prévention qui visent à réduire les effets de ces risques.
	Conception matérielle	Ce domaine est lié aux activités qui ont une incidence sur la capacité des structures, des systèmes et des composants à assurer le respect et le maintien des caractéristiques de conception (critères de référence ou de dimensionnement), compte tenu des nouvelles informations recueillies au fil du temps et des changements dans l'environnement externe.
	Aptitude fonctionnelle	Ce domaine englobe les activités qui ont une incidence sur l'état physique des structures, des systèmes et des composants afin d'assurer l'efficacité de ces activités au fil du temps. Ce domaine comprend les programmes établis pour assurer la disponibilité de l'équipement à remplir au besoin les fonctions pour lesquelles l'équipement a été conçu.

Domaine fonctionnel	Domaine de sûreté et de réglementation	Définitions
Processus de contrôle de base	Radioprotection	Ce domaine englobe la mise en œuvre d'un programme de radioprotection conformément au *Règlement sur la radioprotection*. Ce programme doit comporter des éléments pour assurer la surveillance et le contrôle de la contamination et des doses de rayonnement reçues.
	Santé et sécurité classiques	Ce domaine englobe la mise en œuvre d'un programme pour assurer la gestion des risques en milieu de travail et pour protéger le personnel et l'équipement.
	Protection de l'environnement	Ce domaine englobe les programmes qui assurent le recensement, le contrôle et la surveillance de tous les rejets de substances radioactives et de substances dangereuses, y compris leurs effets sur l'environnement. Ces rejets peuvent provenir d'une installation ou être attribuables à une activité autorisée.
	Gestion des urgences et protection-incendie	Ce domaine englobe les plans de mesures d'urgence et les programmes de préparation en cas d'urgence et de conditions inhabituelles. Il comprend également les résultats de toute participation aux exercices.
	Gestion des déchets	Ce domaine englobe les programmes internes relatifs aux déchets qui découlent des activités de l'installation jusqu'à ce que les déchets soient retirés de l'installation et transportés vers une installation distincte de gestion des déchets. Il comprend également la planification du déclassement.
	Sécurité	Ce domaine englobe les programmes requis pour appliquer et soutenir les exigences de sécurité stipulées dans les règlements, le permis, les ordres ou ordonnances, et les attentes visant l'installation ou l'activité.
	Garanties et non-prolifération	Ce domaine englobe les programmes requis pour remplir les obligations découlant des accords relatifs aux garanties conclus entre le Canada et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) ainsi que de toutes les mesures dérivées du *Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires*.
	Emballage et transport	Ce domaine englobe les programmes qui visent l'emballage et le transport sécuritaires des substances nucléaires et des appareils à rayonnement à destination et en provenance de l'installation autorisée.

ANNEXE C – DONNÉES REGROUPÉES : COMPARAISON ENTRE LES SECTEURS

C.1 NOMBRE DE PERMIS PAR SECTEUR

Secteur	Nombre de permis au 31 décembre 2008	Nombre de permis au 31 décembre 2009	Nombre de permis au 31 décembre 2010	Nombre de permis au 31 décembre 2011
Médical	635	602	593	568
Industriel	1 703	1 540	1 482	1 456
Universitaire et de recherche	325	293	290	276
Commercial	303	278	257	250
Total	2 966	2 713	2 622	2 550

C.2 DOSES AUX TRAVAILLEURS

C.2.1 DOSES ANNUELLES AU CORPS ENTIER POUR LES TRAVAILLEURS EN 2011

Secteur	Nombre de travailleurs d'après l'échantillon de rapports annuels de conformité	Pourcentage des travailleurs par plage de doses (en mSv)				
		< 0,5	0,5 à 1	1 à 5	5 à 20	> 20
Médical	3 589	89,2 %	3,3 %	7,3 %	0,2 %	0,0 %
Industriel * (à l'exception des jauges portatives)	7 764	86,9 %	7,1 %	4,5 %	1,5 %	0,0 %
Sous-secteur des jauges portatives	413	80,9 %		17,9 %	1,2 %	0,0 %
Universitaire et de recherche	2 663	94,7 %	2,1 %	3,1 %	0,0 %	0,0 %
Commercial	1 099	71,5 %	9,0 %	18,5 %	1,0 %	0,0 %

C.2.2 DOSES ANNUELLES AU CORPS ENTIER POUR LES TRAVAILLEURS EN 2010

Secteur	Nombre de travailleurs d'après l'échantillon de rapports annuels de conformité	Pourcentage des travailleurs par plage de doses (en mSv)				
		< 0,5	0,5 à 1	1 à 5	5 à 20	> 20
Médical	4 971	89,3 %	3,5 %	6,8 %	0,3 %	0,0 %
Industriel * (à l'exception des jauges portatives)	5 744	92,3 %	3,8 %	3,6 %	0,3 %	0,0 %
Sous-secteur des jauges portatives	641	80,3 %		19,0 %	0,6 %	0,0 %
Universitaire et de recherche	1 855	94,9 %	1,2 %	3,3 %	0,6 %	0,0 %
Commercial	1 059	72,5 %	10,6 %	15,8 %	1,1 %	0,0 %

* Étant donné que les titulaires de permis de jauges portatives utilisent une plage différente pour faire état des doses dans leur rapport annuel de conformité, leurs données de dosimétrie sont rapportées séparément des données fournies par les autres titulaires de permis du secteur industriel.

Remarque : Il se peut que la somme des pourcentages ne soit pas égale à 100 % en raison de l'arrondissement.

C.2.3 DOSES ANNUELLES AU CORPS ENTIER POUR LES TRAVAILLEURS EN 2009

Secteur	Nombre de travailleurs d'après l'échantillon de rapports annuels de conformité	Pourcentage des travailleurs par plage de doses (en mSv)				
		< 0,5	0,5 à 1	1 à 5	5 à 20	> 20
Médical	4 775	92,2 %	2,7 %	4,9 %	0,1 %	0,0 %
Industriel * (à l'exception des jauges portatives)	10 083	90,3 %	4,2 %	5,0 %	0,4 %	0,0 %
Sous-secteur des jauges portatives	1 270	85,6 %		14,1 %	0,3 %	0,0 %
Universitaire et de recherche	1 894	95,1 %	1,4 %	3,0 %	0,4 %	0,0 %
Commercial	838	66,6 %	10,6 %	21,2 %	1,6 %	0,0 %

C.2.4 DOSES ANNUELLES AU CORPS ENTIER POUR LES TRAVAILLEURS EN 2008

Secteur	Nombre de travailleurs d'après l'échantillon de rapports annuels de conformité	Pourcentage des travailleurs par plage de doses (en mSv)				
		< 0,5	0,5 à 1	1 à 5	5 à 20	> 20
Médical	4 230	90,6 %	3,3 %	6,0 %	0,1 %	0,0 %
Industriel * (à l'exception des jauges portatives)	7 245	85,9 %	5,2 %	7,3 %	1,6 %	0,0 %
Sous-secteur des jauges portatives	1 717	91,1 %		8,6 %	0,3 %	0,0 %
Universitaire et de recherche	1 968	93,6 %	2,3 %	3,4 %	0,7 %	0,0 %
Commercial	730	69,6 %	11,1 %	18,2 %	1,1 %	0,0 %

***** Étant donné que les titulaires de permis de jauges portatives utilisent une plage différente pour faire état des doses dans leur rapport annuel de conformité, leurs données de dosimétrie sont rapportées séparément des données fournies par les autres titulaires de permis du secteur industriel.

Remarque : Il se peut que la somme des pourcentages ne soit pas égale à 100 % en raison de l'arrondissement.

C.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION

C.3.1 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION EN 2011

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	264	0 %	86 %	12 %	2 %
Industriel	932	0 %	86 %	10 %	4 %
Universitaire et de recherche	303	0 %	84 %	14 %	2 %
Commercial	123	0 %	93 %	7 %	1 %

C.3.2 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION EN 2010

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	258	0 %	83 %	14 %	3 %
Industriel	771	0 %	81 %	14 %	5 %
Universitaire et de recherche	400	0 %	85 %	15 %	1 %
Commercial	158	0 %	92 %	8 %	1 %

C.3.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION EN 2009

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	290	0 %	78 %	18 %	4 %
Industriel	769	0 %	81 %	13 %	5 %
Universitaire et de recherche	242	0 %	74 %	22 %	4 %
Commercial	162	0 %	80 %	17 %	4 %

C.3.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA CONDUITE DE L'EXPLOITATION EN 2008

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	242	2 %	83 %	12 %	3 %
Industriel	838	0 %	76 %	16 %	8 %
Universitaire et de recherche	291	0 %	78 %	16 %	6 %
Commercial	110	0 %	76 %	20 %	4 %

Remarque : Il se peut que la somme des pourcentages ne soit pas égale à 100 % en raison de l'arrondissement.

C.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION

C.4.1 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION EN 2011

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	264	0 %	72 %	24 %	4 %
Industriel	928	0 %	87 %	9 %	4 %
Universitaire et de recherche	296	0 %	78 %	20 %	2 %
Commercial	121	0 %	91 %	7 %	2 %

C.4.2 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION EN 2010

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	254	0 %	69 %	24 %	8 %
Industriel	771	0 %	78 %	15 %	7 %
Universitaire et de recherche	393	0 %	80 %	18 %	2 %
Commercial	160	0 %	89 %	9 %	3 %

C.4.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION EN 2009

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	291	2 %	63 %	17 %	19 %
Industriel	772	0 %	73 %	12 %	16 %
Universitaire et de recherche	241	0 %	67 %	23 %	10 %
Commercial	158	0 %	82 %	11 %	6 %

C.4.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DE LA RADIOPROTECTION EN 2008

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	242	3 %	54 %	24 %	19 %
Industriel	837	0 %	72 %	14 %	14 %
Universitaire et de recherche	287	0 %	63 %	24 %	12 %
Commercial	110	0 %	75 %	15 %	10 %

Remarque : Il se peut que la somme des pourcentages ne soit pas égale à 100 % en raison de l'arrondissement.

C.5 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES

C.5.1 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES EN 2011

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	5	0 %	100 %	0 %	0 %
Industriel	173	0 %	97 %	3 %	0 %
Universitaire et de recherche	36	0 %	100 %	0 %	0 %
Commercial	13	0 %	92 %	8 %	0 %

C.5.2 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES EN 2010

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	7	0 %	100 %	0 %	0 %
Industriel	208	0 %	88 %	8 %	4 %
Universitaire et de recherche	55	0 %	96 %	4 %	0 %
Commercial	9	0 %	100 %	0 %	0 %

C.5.3 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES EN 2009

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	16	0 %	94 %	6 %	0 %
Industriel	117	0 %	91 %	4 %	5 %
Universitaire et de recherche	46	0 %	96 %	2 %	2 %
Commercial	10	0 %	90 %	0 %	10 %

C.5.4 RÉSULTATS D'INSPECTION DU SUIVI DES SOURCES SCELLÉES EN 2008

Secteur	Total des inspections	Entièrement satisfaisant	Satisfaisant	Inférieur aux exigences	Inacceptable
Médical	2	0 %	50 %	0 %	50 %
Industriel	37	0 %	87 %	5 %	8 %
Universitaire et de recherche	12	0 %	100 %	0 %	0 %
Commercial	1	0 %	100 %	0 %	0 %

C.6 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS

C.6.1 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS EN 2011

Secteur	Total	Appareils défectueux ou endommagés	Déversements, contamination et épreuves d'étanchéité non réussies	Substances nucléaires perdues et retrouvées	Atteinte à la sécurité	Emballage et transport
Médical	19	2	13	3	1	0
Industriel	83	51	0	13	4	15
Universitaire et de recherche	7	3	4	0	0	0
Commercial	20	4	7	1	0	8
Total	129	60	24	17	5	23

C.6.2 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS EN 2010

Secteur	Total	Appareils défectueux ou endommagés	Déversements, contamination et épreuves d'étanchéité non réussies	Substances nucléaires perdues et retrouvées	Atteinte à la sécurité	Emballage et transport
Médical	12	2	10	0	0	0
Industriel	52	32	1	10	4	5
Universitaire et de recherche	6	3	3	0	0	0
Commercial	32	2	22	0	0	8
Total	102	39	36	10	4	13

C.6.3 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS EN 2009

Secteur	Total	Appareils défectueux ou endommagés	Déversements, contamination et épreuves d'étanchéité non réussies	Substances nucléaires perdues et retrouvées	Atteinte à la sécurité	Emballage et transport
Médical	6	0	5	0	0	1
Industriel	27	14	0	4	0	9
Universitaire et de recherche	4	0	0	3	1	0
Commercial	11	0	4	2	0	5
Total	48	14	9	9	1	15

C.6.4 ÉVÉNEMENTS ET INCIDENTS SIGNALÉS EN 2008

Secteur	Total	Appareils défectueux ou endommagés	Déversements, contamination et épreuves d'étanchéité non réussies	Substances nucléaires perdues et retrouvées	Atteinte à la sécurité	Emballage et transport
Médical	27	3	14	5	0	5
Industriel	55	37	0	7	2	9
Universitaire et de recherche	3	2	0	0	1	0
Commercial	7	0	5	0	0	2
Total	92	42	19	12	3	16

C.7 MESURES D'APPLICATION

C.7.1 ORDRES

Secteur	2008	2009	2010	2011
Médical	0	0	1	0
Industriel	2	7	7	13
Universitaire et de recherche	0	0	0	1
Commercial	1	1	1	0
Total	3	8	9	14

C.7.2 RETRAIT DE L'ACCRÉDITATION À DES OPÉRATEURS D'APPAREIL D'EXPOSITION

Secteur	2008	2009	2010	2011
Industriel ***	0	1	2	0

*** Tous les opérateurs d'appareil d'exposition accrédités travaillent dans le secteur industriel, plus particulièrement dans le domaine de la gammagraphie industrielle.

ANNEXE D – ABRÉVIATIONS

La liste qui suit présente les abréviations utilisées dans le texte.

ALARA	Tiré de l'anglais *as low as reasonably achievable*. Signifie le « niveau le plus faible qu'il soit raisonnablement possible d'atteindre », compte tenu des facteurs socio-économiques; un principe fondamental en radioprotection.
CCRS	Centre canadien de rayonnement synchrotron
CCSN	Commission canadienne de sûreté nucléaire
mSv	millisievert
LSRN	*Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaires*
TEP	Tomographie par émission de positrons