

SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EXPOSITIONS DES TRAVAILLEURS

LIVRE BLANC

UNE DÉMARCHE COLLECTIVE MULTIDISCIPLINAIRE POUR UNE VISION PARTAGÉE

SOUS LE PILOTAGE

DE PIERRE BARBEY (UNIVERSITÉ DE CAEN NORMANDIE)

ET DU DR CHRISTINE GAURON (INRS – RETRAITÉE)

SUR SAISINE DE LA DGT

AVEC LA COLLABORATION DE L'ASN ET DE L'IRSN

Direction Générale du Travail

Autorité de Sureté Nucléaire

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

JUIN 2015

L’ensemble des textes : version courte (synthèse et recommandations), et version complète (avec contribution des ateliers et données de la surveillance en France et à l’échelle internationale) est téléchargeable sur les sites de la DGT, ASN et IRSN.

- Direction Générale du Travail : *travailler-mieux.gouv.fr/*
- Autorité de Sureté Nucléaire : *www.asn.fr/*
- Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire : *www.irsn.fr/*

SOMMAIRE

PARTIE I – Synthèse et recommandations

RÉSUMÉ

1. **SAISINE ET DÉMARCHE**
2. **RECOMMANDATIONS**
3. **ANALYSE DES RÉFLEXIONS**
   - 3.1. Articulation du code du travail et du code de la santé publique
   - 3.2. Champ d'application de la surveillance radiologique des expositions
   - 3.3. Approche globale des risques et leur traçabilité
   - 3.4. Propositions sur les modalités de surveillance des expositions
   - 3.5. Situations de travail particulières
   - 3.6. Importance de la formation, de l'information et du partage de la culture
   - 3.7. Accès aux résultats dosimétriques individuels
   - 3.8. Traçabilité des expositions et intégration des doses dans SISERI
   - 3.9. Radon et NORM
4. **COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL**
5. **SIGLES UTILISÉS**

PARTIE II – Annexes

I. CONTRIBUTIONS DES ATELIERS

- Rapport de l'atelier 1 : doctrine et stratégie
- Rapport de l'atelier 2 : dosimétrie externe
- Rapport de l'atelier 3 : dosimétrie interne
- Rapport de l'atelier 4 : statut des données dosimétriques

II. SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE EN FRANCE : HISTORIQUE ET ACTUALITÉS

III SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE

IV. RÉFÉRENCES

RÉSUMÉ

En amont des évolutions réglementaires visant à transposer la directive 2013/59/EURATOM, l'objectif de ce livre blanc est de reposer les fondements de la surveillance radiologique des travailleurs et d'en redéfinir l'organisation en proposant de nouvelles démarches.

Le Groupe constate une hétérogénéité dans la mise en œuvre de la prévention selon les secteurs d'activité et les entreprises, conduisant à une inégalité dans la protection des travailleurs vis à vis du risque lié aux rayonnements ionisants (RI). Cette hétérogénéité découle, pour partie, de la construction réglementaire fondée sur la spécificité historique accordée aux rayonnements ionisants, issue d'un traité européen distinct de celui portant le droit commun applicable en matière de prévention des risques professionnels.

Partageant les orientations portées par le considérant 8 de la directive précitée qui appelle à transposer cette dernière en cohérence avec les principes généraux de prévention, le Groupe affirme la nécessité d'une meilleure articulation des dispositions réglementaires liées à la radioprotection avec celles concernant les autres risques. Ceci constitue le socle des recommandations du Groupe, en vue d'une protection des travailleurs mieux harmonisée et plus équitable, quel que soit le risque.

Sur le fondement d'un socle réglementaire commun à la protection des travailleurs, le Groupe recommande une déclinaison par secteur d'activité de façon à permettre une adaptation graduée des moyens de prévention, adaptée à la nature et à l'ampleur du risque. Dans cette approche qui met plus l'accent sur les objectifs que sur les moyens, le Groupe souligne le rôle accru des instances de dialogue social et de l'inspection pour garantir la mise en œuvre de la règlementation.

Dans ce contexte d'approche globale des risques, le Groupe recommande :

- L'évolution de la notion actuelle trop restrictive de travailleur « exposé » au profit de « travailleur soumis à un risque RI » dans le souci de ne pas écarter certains travailleurs du dispositif gradué de radioprotection ; au sein de ce dispositif, le concept de valeur d'exposition déclenchant une action de prévention renforcée (VDA) est un élément déterminant d'une approche graduée.
- L'élargissement de l'accès aux informations dosimétriques aux personnes compétentes en radioprotection (PCR) pour favoriser leur réactivité et renforcer leur rôle en matière de prévention ; ceci implique pour la PCR une redéfinition de son statut conduisant à une responsabilité accrue.
- Une ouverture vers des modalités de surveillance des expositions, plus pertinentes, adaptées et garantissant leur caractère opérationnel, applicable et contrôlable.
- La mise en œuvre de guides sectoriels – élaborés par les acteurs de la radioprotection et approuvés par les autorités – définissant les moyens permettant d'atteindre les objectifs généraux.

Cette approche graduée s'inscrit dans la démarche de simplification conduite par le gouvernement. Sa déclinaison réglementaire doit permettre aux acteurs de terrain de définir les moyens à mettre en œuvre, sans pour autant remettre en cause la responsabilité première de l'employeur en matière de prévention des risques professionnels.

ABSTRACT

Prior to regulatory changes aiming to transpose the 2013/59/EURATOM Directive, the objective of this White Paper is to rethink the bases of the radiological surveillance of workers and to redefine the organization by proposing new approaches.

The Group notes heterogeneity in the implementation of prevention across sectors and companies, leading to inequality in the protection of workers against the risk of ionizing radiation (IR).
This heterogeneity derives in part of the regulatory structure based on the historical specificity given to ionizing radiation following a European treaty separate from that carrying the common law relating to occupational risk prevention.

Sharing guidelines brought by the recital 8 of that previous Directive, calling for a transposition in accordance with the general principles of prevention, the Group emphasizes the need for better coordination of regulations relating to radiation protection with those for other risks. This is the foundation of the Group's recommendations for a more harmonized and fair protection of workers, regardless of the risk.

On the basis of a common regulatory base for the protection of workers, the Group recommends a variation by business sector to allow a gradual adjustment of the means of prevention, with the nature and scale of the risk. In this approach that puts more emphasis on the goals than on the means, the Group underlines the increasing role of social dialogue and inspection bodies to ensure the implementation of the regulations.

In this context of global risk management, the Group recommends :
- the evolution of the current overly restrictive concept of "exposed" worker in favor of "worker subject to an IR risk" in order not to exclude certain workers of the gradual radiation protection system ; the introduction of exposition Values Triggering enhanced prevention Action (VTA) is a key element of this graduated approach.
- The enlargement of the personal dosimetry information access to qualified people in radiation protection (PCR), in order to promote their reactivity and enhance their role in risk prevention ; this involves redefining its legal status leading to increased responsibility ;
- An opening toward more relevant, appropriate radiological exposure monitoring methods, ensuring their operational, applicable and manageable nature ;
- The implementation of sector guides - developed by the relevant radiation protection stakeholders and approved by the Authorities - defining the means of achieving the general objectives.

This graduated approach is part of the general simplification process led by the French Government. Its regulatory declination must enable stakeholders to identify implementation ways that do not call into question the employer's primary responsibility in the occupational risk prevention.














SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EXPOSITIONS DES TRAVAILLEURS

LIVRE BLANC

PARTIE I : SYNTHÈSE ET RECOMMANDATIONS

SAISINE ET DÉMARCHE

RECOMMANDATIONS

ANALYSE DES RÉFLEXIONS

LISTE DES PARTICIPANTS

SIGLES UTILISÉS

JUIN 2015

PARTIE I : SCHÉMAS

SCHÉMA 1 Système d'évaluation des risques et de traçabilité des risques professionnels

SCHÉMA 2 Méthode alternative pour l'estimation de la dose au cristallin

SCHÉMA 3 Modalités de surveillance radiologique des expositions externes : logigramme

SCHÉMA 4 Modalités de surveillance radiologique des expositions externes : tableau

SCHÉMA 5 Modalités de surveillance radiologique des expositions internes

SCHÉMA 6 Statut des données individuelles

SCHÉMA 7 Le radon sur les lieux de travail

1. SAISINE ET DÉMARCHE

Le lancement de ce travail s'est effectué par lettre de mission du 30 mai 2013 de la DGT.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère du travail, de l'emploi, de la formation professionnelle et du dialogue social

Direction générale du travail
DGT

Service des relations et des conditions du travail
SRCT

Sous-direction des conditions de travail, de la santé et de la sécurité au travail
CT

Bureau des risques chimiques, physiques et biologiques
CT2

39-43, quai André Citroën
75902 Paris Cedex 15

Téléphone : 01 44 38 26 73
01 44 38 24 69

Télécopie : 01 44 38 26 48
Services d'informations du public :
Internet :www.travail.gouv.fr

Le directeur général du travail

à

Destinataire in fine

Paris, 30 MAI 2013

Affaire suivie par : Thierry LAHAYE / Peggy MATHIEU
Tél : 01 44 38 29 79 : 27 79
Mél : thierry.lahaye@travail.gouv.fr / peggy.mathieu@travail.gouv.fr

Objet : **Mise en place d'un GT « dosimétrie des travailleurs »**

Dans la perspective des travaux de transposition de la prochaine directive Euratom fixant les normes de base de radioprotection, la DGT, en concertation avec l'ASN, a engagé depuis 2010 un vaste chantier visant à identifier les points forts et faiblesses du dispositif réglementaire actuel de radioprotection des travailleurs et à définir les axes d'amélioration.

Ce travail est conduit sur la base des retours d'expérience issus des actions de contrôle des inspections (inspecteurs du travail et inspecteurs de la radioprotection), des échanges avec les professionnels concernés et de l'analyse des pratiques observées à l'étranger.

Les aspects relatifs à la délimitation des zones réglementées et ceux concernant le rôle, les missions et les modalités de formation de la personne compétente en radioprotection ont déjà été examinés dans ce contexte.

Dans la continuité de ces deux premières actions désormais achevées, la DGT engage, en concertation avec l'ASN et l'IRSN, une réflexion de fond sur l'organisation du suivi radiologique des travailleurs.

Objectifs de cette réflexion

Le déploiement de nouvelles pratiques mettant en œuvre les rayonnements ionisants, notamment dans le secteur médical (chirurgie interventionnelle, tomographie par émission de positons,…), l'approfondissement des connaissances scientifiques relatives à l'effet des rayonnements ionisant sur l'homme (cristallin,…), l'évolution des techniques de mesurage ainsi que celle des conditions d'emploi (CDD multi-employeurs, travail temporaire, CDI de chantier, auto-entrepreneur,…) sont autant d'éléments qui conduisent la direction générale du travail à s'interroger sur l'organisation du suivi radiologique des travailleurs. En effet, les fondements de cette organisation, datant d'une cinquantaine d'années, étaient liés essentiellement à la création de l'industrie électronucléaire française, et à l'usage quasi exclusif des rayonnements ionisants à la radiologie diagnostique.



A l'instar des deux réflexions précédemment menées sur la question de la PCR et du zonage radiologique, le travail à entreprendre vise, sur la base des retours d'expérience national et international, à analyser les atouts et lacunes de l'organisation du suivi radiologique des travailleurs, à identifier les axes d'amélioration en la matière et enfin à établir de nouveaux fondements législatifs quant au suivi radiologique des travailleurs.

Ces travaux, qui seront menés dans le cadre d'un groupe de travail pluraliste, associant les parties prenantes telles que les professionnels, les experts des domaines impactés, les partenaires sociaux et les institutionnels et les autorités compétentes, ont vocation à être formalisées sous la forme d'un livre blanc de la dosimétrie des travailleurs qui constituera le socle du dispositif réglementaire redéfini lors de transposition de la nouvelle directive Euratom.

Compte tenu du calendrier européen, il sera demandé à ce groupe de travail de rendre ses conclusions pour la fin de l'année 2014.

Au vu de l'étendue et de la complexité des questions traitées, ces travaux seront répartis dans quatre ateliers selon les thématiques suivantes :

1. Objectif du suivi radiologique des travailleurs :
   a. quel rôle et quelle finalité ? (évaluation de la dose et/ou alerte du travailleur en cas de dépassement de seuil,…) ;
   b. pour qui ? (travailleurs classés et/ou tout travailleur entrant en zone,…) ;
   c. comment ? (prise en compte des EPI ou non,…).
2. Dosimétrie externe de référence et opérationnelle des travailleurs :
   a. quel rôle et quelle finalité ? (dose efficace, doses équivalentes) ;
   b. comment mieux prendre en compte l'évolution des techniques ? (dosimétrie électronique, passive, combinée,…) ;
   c. comment gérer les situations d'exposition particulière ? (radon, personnel naviguant, femme enceinte,…).
3. Dosimétrie interne des travailleurs :
   a. quel rôle et quelle finalité ? (type de radionucléides, seuil,…) ;
   b. quels protocoles de surveillance ? (notamment pour les radionucléides de courte période,…) ;
   c. quels acteurs ? (médecin du travail, radio-physicien, PCR,,..).
4. Données dosimétriques externe et interne :
   a. quel statut ? (données à caractère médical ou non,…) ;
   b. quels acteurs concernés ? (employeur, médecin du travail, PCR, inspections, organismes agréés de dosimétrie,…) ;
   c. quelles données conserver dans SISERI ? (nature des grandeurs dosimétriques,…) ;
   d. quel(le)s droits et modalités d'accès ? (via SISERI et/ou les organismes agréés de dosimétrie,…).



Enclenchement des travaux

Afin de préciser les contours du champ d'investigation du groupe de travail « dosimétrie des travailleurs », de mesurer les enjeux associés aux thématiques précitées et enfin, de fixer le programme de travail dudit groupe, un séminaire préalable de « brainstorming » sera organisé le 26 septembre 2013. Les informations concernant la préparation et l'organisation de ce séminaire vous seront communiquées ultérieurement.

Je vous remercie de bien vouloir communiquer à mes services les noms des personnes qui pourront vous représenter au sein de ce groupe de travail.

Dans l'attente, nous vous prions d'agréer, Monsieur le directeur général, l'expression de notre considération distinguée.

Le directeur général du travail,

Jean-Denis COMBREXELLE

OBJET DE LA SAISINE

La Directive Euratom 2013/59 du 5 décembre 2013 doit être transposée dans la réglementation française avant le 6 février 2018. Elle présente une mise à jour des normes européennes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants. Cette Directive abroge les Directives européennes 96/29 (concernant les travailleurs), 97/43 (concernant les patients), 89/618 (concernant les situations d'urgence), 90/641 (concernant les travailleurs extérieurs), et 2003/122 (concernant les sources scellées de hautes activités et les sources orphelines).

Dans le cadre de cette transposition, la Direction Générale du Travail (DGT) en concertation avec l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) et l'Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN) a engagé une réflexion pluraliste visant à identifier les points forts et les faiblesses du dispositif réglementaire actuel de surveillance radiologique des expositions des travailleurs et à définir des axes d'amélioration.

L'objectif de cette réflexion est la rédaction d'un livre blanc pour proposer à l'Administration de nouvelles bases pour l'organisation de la surveillance radiologique des expositions des travailleurs.



DÉMARCHE

Dans la présente synthèse, le comité de pilotage du groupe de travail constitué (comité de pilotage et quatre ateliers) formule des recommandations aux administrations compétentes, en prenant en compte la recherche de cohérence nécessaire dans les propositions des quatre ateliers, les éléments de contexte, les premiers résultats d'études d'impacts et le caractère opérationnel des recommandations.

De ce point de vue, le comité de pilotage invite le lecteur à se reporter aux rapports des ateliers pour prendre connaissance de l'ensemble de leurs réflexions.

Les missions des 4 ateliers étaient :

- **Atelier 1** : doctrine et stratégie de la surveillance radiologique des expositions des travailleurs.
- **Atelier 2** : nouvelle approche et amélioration méthodologique de la surveillance radiologique des expositions externes.
- **Atelier 3** : nouvelle approche et amélioration méthodologique de la surveillance radiologique des expositions internes.
- **Atelier 4** : statut des données dosimétriques externe et interne.

En parallèle, trois séminaires de partage ont été organisés :

- le premier en amont de la réflexion,
- le deuxième à mi-parcours,
- le troisième à l'issue des réflexions des ateliers.

Enfin, l'ensemble des réflexions a fait l'objet de présentations diverses à l'occasion des réunions d'associations professionnelles.

Les séminaires et les présentations ont permis de rappeler le contexte, d'expliquer les recommandations issues des ateliers, et de recueillir, outre les avis positifs, les interrogations, voire les appréhensions de certains.

COMPOSITION DU COMITÉ DE PILOTAGE

Co-présidents :	**Pierre BARBEY** (Université de Caen Normandie) **– Christine GAURON** (INRS - retraitée)
Institutions :	Thierry LAHAYE et Viviane LE-SOURD-THEBAUD (DGT) Jean-Luc GODET et Chantal BARDELAY (ASN) Sylvain PETIT et Éric VIAL (IRSN), Jérémie VALLET et Nicolas MICHEL DIT LABOELLE (MSNR).
Pilotes des ateliers :	atelier 1 : Jean-Paul SAMAIN (Président du GP RADE), atelier 2 : Catherine ROY (ALARA RISK), atelier 3 : Michèle GONIN (EDF), atelier 4 : Michel LALLIER (HCTISN).



2. RECOMMANDATIONS

L'encadrement de la surveillance dosimétrique a été mis en place en 1966 dans la perspective du développement du programme électro nucléaire français. Fort de l'efficacité de ce système qui a permis de réduire très significativement les doses des travailleurs en installations nucléaires de base (INB), cet encadrement a été par la suite élargi à l'ensemble des secteurs hors INB, pour lesquels les techniques et les applications utilisant les rayonnements ionisants se sont développées et ont évolué.

Les bilans dosimétriques annuels établis par l'IRSN montrent les évolutions sur les dix dernières années : en 2004, 240 000 travailleurs exposés aux rayonnements ionisants comptabilisés. En 2014, ce nombre s'élève à 380 000 travailleurs, dont 78% ont des résultats dosimétriques inférieurs au seuil d'enregistrement (déterminé par les limites de la technique).

Par ailleurs, la prise en compte des expositions à des sources de rayonnement naturel (radon, …) élargit le champ d'application du dispositif aux entreprises non considérées jusqu'alors comme utilisatrices de sources de rayonnements ionisants.

En 2003, une première étape a été franchie en codifiant la réglementation spécifique dans le code du travail. L'intégration visée n'a pas été pleinement atteinte, la mise en œuvre des dispositions restant complexe, en particulier pour les petites structures (TPE, PME).

Par ailleurs, les constats d'inspection soulignent, dans certains secteurs, l'insuffisance des moyens alloués par l'employeur à la prévention des risques professionnels, notamment en matière de radioprotection des travailleurs.

L'objectif de ce livre blanc est de s'interroger sur la pertinence du dispositif et son intégration dans un système global de prévention des risques, adapté aux enjeux sanitaires, pour l'ensemble des secteurs concernés (INB et hors INB), y compris pour les activités professionnelles exposant à la radioactivité naturelle (radon, rayonnements cosmiques, NORM [1]).

Le Groupe constate que, si les trois principes de justification, optimisation et limitation, inscrits dans le code de la santé publique en 2001, s'articulent juridiquement avec les principes généraux de prévention des risques professionnels fixés dans le code du travail, l'intégration dans la démarche essentielle d'évaluation des risques professionnels n'est que partiellement appliquée sur le terrain.

En effet, depuis cinquante ans, la démarche de prévention des rayonnements ionisants, qui trouve sa genèse dans les recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) et dans les directives européennes, a connu une évolution progressive sans remise en cause du socle réglementaire initial.

[1] *NORM, acronyme internationalement utilisé pour "Naturally Occurring Radioactive Materials" ou matière riche en radionucléides naturels.*



Il s'agit donc de reposer ici les fondements de la surveillance des travailleurs exposés au risque « rayonnements ionisants » dans un souci d'une part, d'amélioration de la protection des travailleurs et de détection des situations à risque et d'autre part, de leur intégration dans les principes généraux de prévention concernant la gestion globale des risques inscrits dans le code du travail.
La démarche essentielle du code du travail reste celle de l'évaluation des risques, c'est-à-dire l'identification et l'analyse des risques permettant la gradation de la surveillance des expositions et des lieux de travail.

SUPPRESSION DE LA RÉFÉRENCE À LA LIMITE D'EXPOSITION POUR LE PUBLIC COMME CRITÈRE D'ENTRÉE DANS LE SYSTÈME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EXPOSITIONS DES TRAVAILLEURS

Se fondant sur les principes généraux de prévention des risques, le Groupe propose d'introduire une continuité de gestion du risque radiologique en supprimant la référence à la limite d'exposition pour le public comme critère d'entrée dans le système de surveillance radiologique des expositions des travailleurs.
En effet, le Groupe rappelle que l'ensemble du droit commun s'applique à tout travailleur soumis à un risque et ce, quel que soit son niveau d'exposition.
Un travailleur est considéré comme « soumis à un risque lié aux rayonnements ionisants (RI) » dès lors qu'il entre en zone réglementée *(doses efficace ou équivalente)* ou, en dehors des zones réglementées, lorsque l'évaluation des risques a fait apparaître un risque qui ne peut être estimé négligeable du point de vue de la radioprotection.

Dans le cadre d'une approche graduée de prévention des risques, le Groupe propose d'introduire le concept de « Valeur d'exposition Déclenchant une Action de prévention renforcée » (VDA).

Pour le travailleur « soumis au risque rayonnements ionisants » :
- en dessous de la VDA, l'ensemble des dispositions générales de prévention des risques lui est applicable,
- au-dessus de la VDA, le travailleur est classé en catégorie A ou B, au sens de la directive EURATOM, et des dispositions spécifiques à la radioprotection complètent les dispositions générales.

Cette nouvelle approche aurait pour impact sur l'organisation actuelle :
- de prendre en compte les travailleurs répondant à la définition précitée, actuellement considérés comme non exposés par l'employeur et donc non classés. Ils bénéficieraient dès lors de mesures de prévention adaptées au niveau de risque lié aux rayonnements ionisants et de la traçabilité associée ;
- *a contrario*, de ne plus systématiquement classer des travailleurs répondant à la définition précitée, car leur identification et la surveillance de leur exposition en tant que travailleurs « soumis au risque rayonnements ionisants » resteraient assurées.

Dans le contexte de cette approche globale de la prévention des risques, le Groupe souligne la nécessité d'une **meilleure synergie entre toutes les parties prenantes** : service de radioprotection / Personne Compétente en Radioprotection (PCR), service de prévention des risques / préventeurs, et service de santé au travail. A l'instar de la présence des préventeurs, la PCR devrait être membre consultatif du Comité d'Hygiène et Sécurité des Conditions de Travail (CHSCT).



COMMUNICATION DES DONNÉES DOSIMÉTRIQUES.

Un travail de réflexion approfondi a concerné la communication des données dosimétriques.

Les doses individuelles nominatives externes sont des données sensibles de santé à caractère personnel et sont donc soumises à un régime de protection renforcée.

Les résultats du suivi individuel de l'exposition interne d'origine professionnelle sont des données médicales.

Actuellement, compte tenu de ces caractéristiques, la réglementation ne permet qu'un accès restreint aux différents acteurs de la radioprotection dont l'employeur.

Dans un objectif d'amélioration de la prévention des risques et en particulier pour la mise en pratique du principe d'optimisation, le Groupe propose des ajustements concernant les accès et les modalités de consultation du Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants (SISERI). Notamment, il recommande que la PCR ait accès, sur une période limitée, à l'ensemble des résultats dosimétriques nominatifs individuels des travailleurs. Cette recommandation nécessiterait des modifications législatives et réglementaires.

APPROCHE MÉTHODOLOGIQUE GRADUÉE POUR LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION EXTERNE ET INTERNE

En s'appropriant les recommandations présentées précédemment, et notamment le concept de VDA, le Groupe a développé une **approche méthodologique graduée tant pour l'exposition externe qu'interne** permettant de décliner les notions de **surveillance radiologique** (ambiance, collective ou individuelle) et de **suivi dosimétrique** (individuel) définies dans la directive EURATOM.

Cette approche, proposée sous forme de logigrammes et de tableaux, nécessitera d'être déclinée dans des **guides techniques sectoriels**.



3. ANALYSE DES RÉFLEXIONS DES ATELIERS

Les ateliers 1 et 4 ont conduit une réflexion sur la doctrine et la stratégie de la surveillance radiologique des expositions des travailleurs, mais aussi, tant sur le plan réglementaire que sociétal, sur le statut des données dosimétriques ainsi que sur la situation de certaines catégories de travailleurs pouvant être moins bien encadrée par la réglementation actuelle.

Les ateliers 2 et 3 ont conduit une réflexion sur les pratiques actuelles pour réaliser la surveillance des expositions, conduisant à des applications très diverses selon les secteurs. Ils ont proposé de nouvelles approches méthodologiques intégrant la prise en compte d'une meilleure gradation des risques et anticipant d'éventuelles évolutions technologiques dans ces domaines.

Les aspects relatifs à l'exposition au radon font l'objet d'un chapitre spécifique en 3.9.1. Ils ne sont donc pas inclus dans les réflexions des chapitres 3.1 à 3.8.

3.1 ARTICULATION DU CODE DU TRAVAIL ET DU CODE DE LA SANTÉ PUBLIQUE

Le droit européen en matière de radioprotection tient compte des recommandations internationales émanant de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) et est cohérent avec les exigences de sûreté publiées par l'AIEA, en collaboration notamment avec l'OMS et l'OIT.
Le droit européen en matière de radioprotection, issu de recommandations internationales et élaboré d'une manière spécifique et autonome dans le cadre du traité EURATOM**,** présente un côté atypique. La réflexion a porté sur l'articulation entre le principe de justification et les principes de substitution et limitation issus du droit du travail.

Le Groupe conclut que, compte tenu de l'articulation juridique du code de travail avec le code de la santé publique, la mise en œuvre du principe de justification des activités nucléaires prenait en compte l'exposition des travailleurs, cette dernière restant par ailleurs subordonnée à la mise en œuvre des principes généraux de prévention prévus par le code du travail. Ainsi, les trois principes de justification, optimisation et limitation s'articulent pleinement avec les principes généraux de prévention sans pour autant s'y substituer.

L'évaluation et la prévention des risques sont prévues et organisées par le code du travail, mais une meilleure articulation de la règlementation relative aux rayonnements ionisants avec celles concernant les autres risques est nécessaire pour une bonne appropriation par les entreprises de l'approche globale des risques et une meilleure intégration des risques dans le document unique.

> En effet, la construction de la radioprotection a été réalisée de manière autonome et présente de ce fait des difficultés à s'intégrer dans la prévention globale des risques. Pourtant, les principes généraux de prévention (L. 4121-2) doivent guider la prévention du risque lié aux rayonnements ionisants comme celle de chacun des autres risques (chimiques, biologiques, physiques…).

Le Groupe conclut qu'une amélioration possible consisterait à rédiger ce chapitre consacré aux rayonnements ionisants dans une forme (aussi) similaire (que possible) à celle des chapitres consacrés aux autres risques, sans omettre les points forts actuels et les spécificités de ce risque.



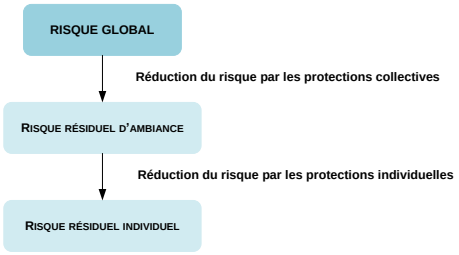
3.2 CHAMP D'APPLICATION DE LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EXPOSITIONS

La démarche essentielle pour définir les critères d'entrée dans le système de surveillance radiologique des expositions est basée sur l'évaluation de risque lié aux rayonnements ionisants conduisant :

- à la mise en place d'une délimitation pertinente des zones réglementées,
- à l'estimation du niveau du risque d'exposition des travailleurs,
- ainsi qu'à la définition des moyens de prévention et de surveillance de ce risque.

L'estimation du niveau de risque d'exposition des travailleurs repose sur :

- l'estimation du risque résiduel d'ambiance tenant compte des équipements de protection collective,
- l'estimation du risque résiduel individuel tenant compte des équipements de protection individuelle,
- une analyse des activités au poste de travail.



Le système actuel du classement des travailleurs en catégories A et B prévu par le code du travail satisfait globalement les acteurs de la radioprotection, mais laisse néanmoins apparaître des faiblesses vis-à-vis de certaines situations de travail, notamment lors d'interventions occasionnelles en zones réglementées.

Il s'avère que certains travailleurs sont considérés « personnel non exposé » par l'employeur alors qu'ils sont soumis à un risque d'exposition aux rayonnements ionisants, mais sans bénéficier de mesures de surveillance particulière du fait qu'ils sont estimés être exposés annuellement à une dose inférieure à 1 mSv.
Au contraire, d'autres travailleurs sont aujourd'hui classés bien que l'analyse de poste ait montré que leur exposition annuelle n'est pas susceptible de dépasser la valeur de 1 mSv, même en cas d'événements radiologiques significatifs susceptibles de se produire.

Dans ces cas, le Groupe considère que ces travailleurs pourraient ne pas être classés compte tenu que les principes généraux de prévention s'appliquent et, qu'à ce titre, les mesures de prévention appropriées, arrêtées sous la responsabilité de l'employeur, s'appliquent.

L'ORIENTATION STRATÉGIQUE MAJEURE DU GROUPE CONSISTE À PROPOSER DEUX CONCEPTS COMPLÉMENTAIRES :

1 Le concept de « travailleur soumis à un risque lié aux rayonnements ionisants »

Au regard des constats liés à la notion d'un seuil de 1 mSv en dessous duquel les dispositions liées à la radioprotection ne trouvent pas à s'appliquer, le Groupe rappelle que l'ensemble du droit commun s'applique à tout travailleur soumis à un risque quel que soit son niveau d'exposition.

Un travailleur est considéré comme « soumis à un risque lié aux rayonnements ionisants » dès lors qu'il entre en zone réglementée *(doses efficace ou équivalente)* ou, en dehors des zones réglementées, lorsque l'évaluation des risques a fait apparaître un risque qui ne peut être estimé négligeable du point de vue de la radioprotection.



Pour exemples, le Groupe liste certaines situations d'intervention d'un travailleur en zones non réglementées pour lesquelles celui-ci peut être considéré comme « travailleur soumis à un risque lié aux rayonnements ionisants » :

- mise en œuvre d'une source de rayonnements ionisants (au-delà des critères d'exemption) ou opération à proximité de cette source ;
- mise en œuvre, ou opération à proximité de sources naturelles (y compris le radon) non utilisées pour leurs propriétés radioactives dans le cadre des activités ou situations de travail définies par voie réglementaire ;
- intervention dans des situations d'urgence radiologique et dans des situations d'exposition durable telles que définies par le code de la santé publique ;
- exposition à des rayonnements cosmiques à bord d'aéronefs et engins spatiaux dans le cadre de ses activités professionnelles.

2 Le concept de VDA, « Valeur d'exposition Déclenchant une Action de prévention renforcée », défini comme un critère de gradation du système de surveillance radiologique des expositions.

Cette VDA correspond à une valeur d'exposition annuelle d'origine professionnelle.

Le Groupe suggère de lui attribuer les valeurs suivantes, issues de la Directive Européenne :

- 1 mSv pour la dose efficace, 50 mSv pour la dose équivalente pour la peau (sur le cm^2 le plus exposé) et les extrémités, et 15 mSv pour le cristallin. ;
- et 6 mSv pour le radon.

A partir de ces nouveaux concepts, le Groupe recommande la déclinaison du dispositif réglementaire de droit commun pour tout travailleur dès lors qu'il est soumis à un risque lié aux rayonnements ionisants quel que soit son niveau d'exposition :

- en dessous de la VDA, l'ensemble des dispositions générales de prévention des risques lui sont applicables, telles que l'information et la formation spécifique et la traçabilité des expositions au sein de l'entreprise.
- au-dessus de la VDA, le travailleur est classé en catégorie A ou B, au sens de la directive EURATOM, et les dispositions spécifiques à la radioprotection complètent les dispositions générales ci-dessus, telles que la surveillance médicale renforcée et le suivi dosimétrique individuel.

Le Groupe estime que cette démarche graduée en fonction de la VDA assure la traçabilité des expositions des travailleurs soumis au risque lié aux rayonnements ionisants, qu'ils soient classés ou non.

Néanmoins le Groupe souligne l'impact psycho-social potentiel de la mise en œuvre de ces concepts, considérant que pour certains travailleurs, le suivi dosimétrique individuel est perçu comme sécurisant.

De plus, le Groupe attire l'attention de l'administration sur l'impact potentiel en matière de suivi post professionnel et de reconnaissance des maladies professionnelles.

Dans cette perspective, le Groupe invite l'administration à préparer la mise en œuvre de ces évolutions organisationnelles en y associant toutes les parties prenantes.



3.3 APPROCHE GLOBALE DES RISQUES ET LEUR TRAÇABILITÉ

De nombreux travailleurs exposés aux rayonnements ionisants sont également soumis à d'autres risques professionnels (chimiques, biologiques, horaires atypiques…).

Le Groupe rappelle la nécessité d'une approche intégrée pour l'ensemble de ces risques auxquels les travailleurs sont exposés tout au long de leur carrière professionnelle pour prendre en compte les effets synergiques des expositions multiples indépendamment de leur niveau. Ceci constitue l'objectif des outils documentaires sous la responsabilité de l'employeur à commencer par le document unique d'évaluation des risques professionnels (DUERP).

En revanche, le Groupe relève le manque de cohérence et la complexité de la traçabilité individuelle (fiche de poste, fiche d'exposition, fiche de prévention des expositions) à partir du DUERP.

En effet, actuellement, l'obligation d'établir une fiche d'exposition ne persiste que pour les risques liés à l'amiante, aux rayonnements optiques artificiels et aux rayonnements ionisants. Pour les autres risques, la fiche de prévention des expositions aux facteurs de pénibilité (fiche dite de « pénibilité ») s'est substituée aux fiches d'exposition alors qu'elle ne répond pas aux mêmes objectifs (rédigée uniquement au-delà de seuils).

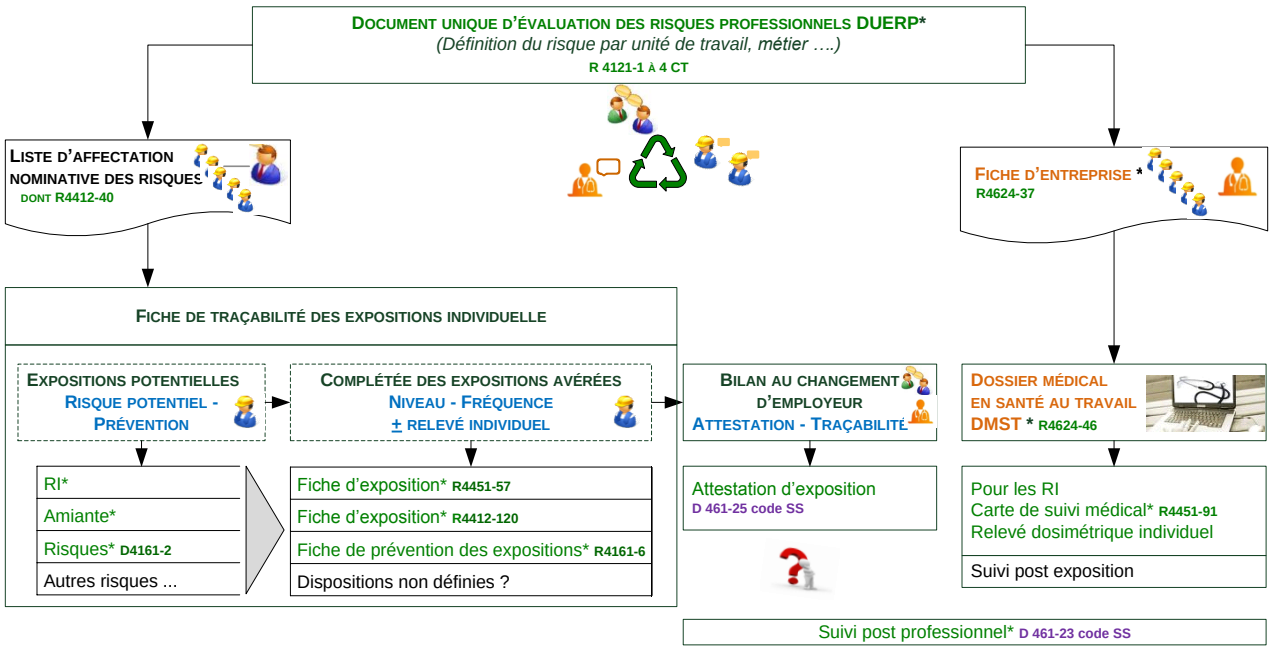
Le Groupe recommande la mise en place d'une **« fiche de traçabilité »**, individuelle, établie à partir du DUERP, permettant de lister l'ensemble des expositions, laquelle serait complétée, selon la nature et l'importance de chaque risque, par les fiches spécifiques de prévention des expositions aux facteurs de pénibilité, d'exposition, et d'attestation d'exposition (cf schéma 1).

L'objectif de cette « fiche de traçabilité » est de permettre, outre l'information du médecin du travail :

- La traçabilité de l'ensemble des expositions prévisionnelles,
- La traçabilité des expositions avérées,
- Le recueil des informations nécessaires à l'établissement de l'attestation d'exposition.

SCHÉMA N°1 – SYSTÈME D'ÉVALUATION DES RISQUES ET DE TRAÇABILITÉ DES RISQUES PROFESSIONNELS

* dispositif réglementaire en rapport avec la traçabilité



Cette approche globale de prévention des risques nécessite une implication forte et multidisciplinaire de toutes les parties prenantes de l'entreprise : employeur, préventeurs (PCR, service de prévention…), service de santé au travail avec un lien étroit avec le CHSCT ou, à défaut, les délégués du personnel.
C'est par cette culture partagée de prévention des risques professionnels, et par conséquent de radioprotection mise en œuvre par des acteurs différents, que la protection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants sera renforcée.

3.4 PROPOSITIONS SUR LES MODALITÉS DE SURVEILLANCE DES EXPOSITIONS

Le Groupe constate que l'organisation du système de radioprotection des travailleurs ne s'inscrit pas dans la démarche générale de prévention des risques professionnels qui est fondée prioritairement sur des mesures collectives. En effet, la pratique montre une déviance qui a conduit ce système à reposer largement sur des valeurs de mesures individuelles, en particulier du suivi dosimétrique individuel.
Le Groupe rappelle qu'il convient de privilégier en premier lieu la dimension collective de la radioprotection par :

- une meilleure conception des locaux prenant en compte le risque lié aux rayonnements ionisants ;
- la mise en place de mesures d'ambiance radiologique adaptées ;
- la mise en œuvre de moyens de protection collective complétés au besoin par des mesures individuelles.

Cette approche est développée dans les recommandations du Groupe pour l'exposition externe et interne.

Elles préconisent **d'introduire et de différencier les deux méthodes mises en œuvre pour le suivi des expositions** :

- La **surveillance radiologique** permet l'évaluation de l'exposition aux RI selon diverses méthodes appropriées intégrant une traçabilité locale sous la responsabilité de l'employeur.
- Le **suivi dosimétrique individuel** est une mesure normée de l'exposition individuelle dont la traçabilité est effectuée via SISERI, intégrant une consolidation et un enregistrement national des résultats dosimétriques.

Ces deux modalités de surveillance permettent d'asseoir un dispositif complémentaire et gradué pour l'ensemble des professionnels soumis à un risque d'exposition aux rayonnements ionisants.
Les modalités de surveillance radiologique et de suivi individuel doivent être pertinentes et adaptées, tout en veillant à leur caractère opérationnel, réellement applicable, appliqué et contrôlé.

Pour le travailleur « soumis au risque rayonnements ionisants » :

- en dessous de la VDA, une surveillance radiologique par toute méthode d'évaluation permettant de garantir que l'exposition demeure inférieure aux valeurs de VDA proposées doit être mise en place et sa robustesse doit être vérifiable et faire l'objet d'une traçabilité.
- au-dessus de la VDA, un suivi dosimétrique individuel pour les travailleurs classés en catégories A et B renforce le dispositif.

L'élaboration de guides sectoriels, établis en partenariat avec les professionnels est recommandée par le Groupe de façon à guider les préventeurs et les employeurs dans cette démarche novatrice.
Ces guides seraient utilement développés avec les instances concernées et mériteraient d'être reconnus, voire validés, par les institutions compétentes de façon à favoriser l'homogénéisation de la prévention des risques, simplifier sa mise en œuvre pour les professionnels et les contrôles par les inspecteurs**.**



3.4.1 SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION EXTERNE

La finalité attendue de la surveillance de l'exposition externe est de vérifier le respect des limites d'exposition, de contribuer aux démarches d'optimisation et en cas d'exposition de permettre une alerte en temps réel.

Les modalités de mise en œuvre de la surveillance de l'exposition externe :

- s'appuient sur une évaluation préalable des risques permettant la délimitation des zones réglementées,
- sont complétées par une évaluation prévisionnelle de la dose au poste de travail qui tient compte de la diversité des activités à réaliser, des hétérogénéités des pratiques des travailleurs, des caractéristiques des rayonnements ionisants (nature, complexité, hétérogénéité ou homogénéité du champ) et de l'ensemble des contraintes associées.

La différenciation entre les concepts de surveillance radiologique et du suivi dosimétrique individuel permettrait d'optimiser et d'actualiser les méthodologies et les protocoles de surveillance de l'exposition externe :

- La surveillance radiologique collective s'appuie sur :
  - Des contrôles techniques d'ambiance radiologique des postes et lieux de travail avec une localisation (arceau radiologique, etc.) et une périodicité adaptées au niveau de risque ;
  - Et la définition de critères d'alerte et des actions associées.
- La surveillance radiologique individuelle s'appuie, selon le cas, sur :
  - Un appareil de mesure à lecture immédiate et alerte intégrée porté par chaque travailleur (sur l'équipement de protection individuel s'il existe) ;
  - Ou un appareil de mesure à lecture immédiate et alerte intégrée pour un groupe d'exposition homogène, porté par un seul travailleur.
- Le suivi dosimétrique individuel s'appuie sur :
  - la dosimétrie de référence (dosimétrie passive exploitée par un organisme agréé) pour le respect des limites d'exposition et le rôle d'alerte *a posteriori*.

Les modalités de surveillance radiologique et de suivi dosimétrique proposés sont de nature différente, selon la délimitation des zones réglementées et non réglementées, et selon la VDA.

> La délimitation des zones réglementées est liée à des valeurs annuelles qui seraient utilement complétées avec des valeurs sectorielles opérationnelles déterminées selon les critères, méthodologies et protocoles de surveillance radiologique d'ambiance retenus et justifiés.
>
> Le Groupe propose de supprimer l'obligation réglementaire de redondance du suivi dosimétrique individuel en zone contrôlée par deux dosimètres : le dosimètre de référence et le dosimètre opérationnel. Seule la dosimétrie de référence constitue le suivi dosimétrique individuel.
> Néanmoins, dans une optique d'optimisation et de prévention, le Groupe souligne la nécessité de disposer, en zone contrôlée, d'un système d'alerte pour les travailleurs fondé sur un appareil de mesure, à lecture immédiate et alerte intégrée, adapté aux situations d'exposition et à la nature des rayonnements.
> Lorsque l'enjeu radiologique ou les circonstances d'exposition le justifient, ce système d'alerte doit permettre en outre un suivi de l'exposition au quotidien.



Expositions localisées :

Les expositions localisées (cristallin et extrémités) devant faire l'objet d'un suivi dosimétrique adapté, n'ont pas à entrainer une obligation de port de dosimètre poitrine en l'absence d'exposition corps entier.

Le Groupe recommande d'ouvrir la possibilité d'un classement différencié des travailleurs pour l'exposition corps entier et les expositions localisées, avec des obligations de périodicité d'exploitation des dosimètres dissociées.

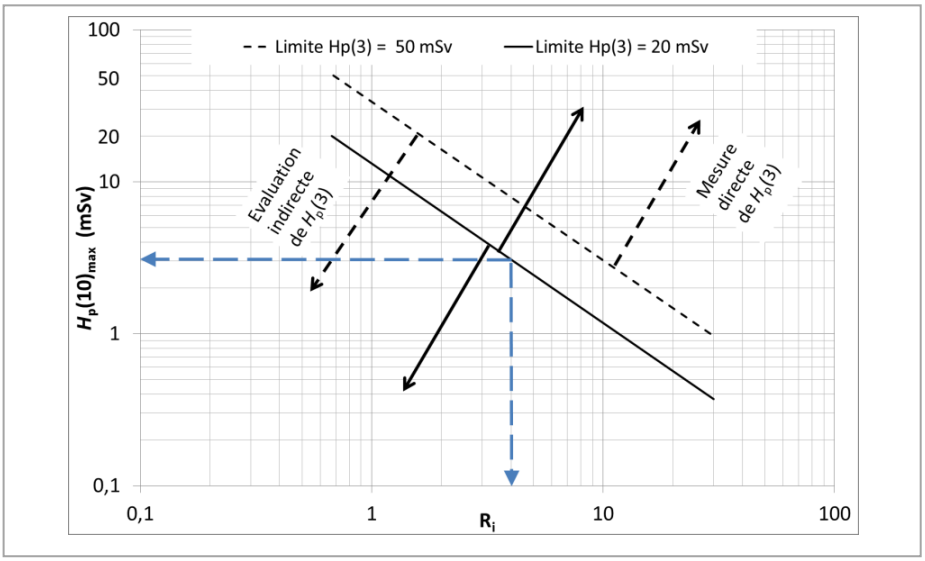
Méthodes alternatives pour les expositions localisées :

Le recours à des évaluations indirectes peut être nécessaire afin de pouvoir évaluer une dose à un organe spécifique à partir d'un dosimètre déporté (par exemple : dosimètre poignet pour la mesure de l'exposition aux doigts), soit parce que la mesure est difficilement exploitable, soit du fait de la contrainte introduite par le port du dosimètre.

Une méthode alternative n'est envisageable que si certaines conditions sont respectées (exemple : champ homogène, …) et si elle est dûment justifiée.

A noter, pour le cristallin, le Groupe propose qu'on puisse définir la valeur maximale de l'équivalent de dose individuel à 10 mm « pour le corps entier » (*Hp(*10*)*) au-delà de laquelle une mesure directe de l'équivalent de dose individuel à 3 mm de profondeur « pour le cristallin » (*Hp(*3*)*) s'avérerait nécessaire (cf schéma N°2).

SCHÉMA N°2 – MÉTHODE ALTERNATIVE POUR L'ESTIMATION DE LA DOSE AU CRISTALLIN



Le logigramme (schéma N°3) et le tableau (schéma N°4) présentés ci-dessous explicitent la démarche graduée et les modalités de surveillance associées.



SCHÉMA N° 3 – MODALITÉS DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EXPOSITIONS EXTERNES : LOGIGRAMME

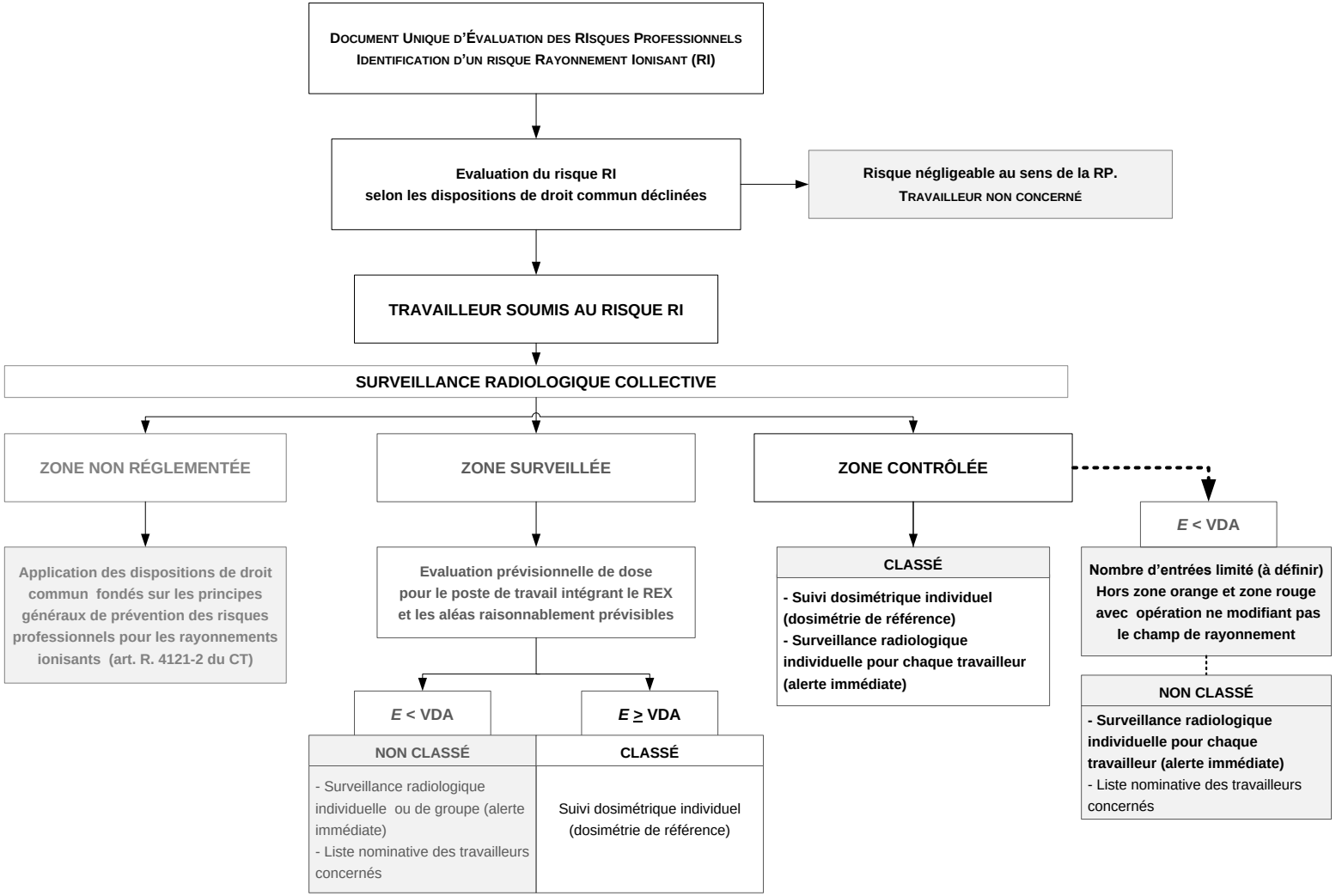


SCHÉMA N° 4 – MODALITÉS DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EXPOSITIONS EXTERNES : TABLEAU

SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION EXTERNE EN FONCTION DU ZONAGE ET DE LA VDA	TRAVAILLEUR SOUMIS AU RISQUE RI				
	Zone non réglementée	Zone surveillée		Zone contrôlée	
		E < VDA	*E* ≥ VDA	Sous conditions et si *E* < VDA	Quelle que soit la valeur de *E*
Traçabilité	Employeur au niveau de l'établissement (DUERP et fiche d'exposition) Bilan annuel de la surveillance radiologique des expositions				
	Aucun enregistrement (IRSN)	Liste nominative transmise à l'IRSN	Enregistrement dosimétrique de référence à l'IRSN	Liste nominative transmise à l'IRSN	Enregistrement dosimétrique de référence à l'IRSN
Surveillance radiologique collective *(Contrôles techniques d'ambiance radiologique avec critères d'alerte)*	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Surveillance radiologique individuelle *(lecture immédiate et alerte intégrée)*	NON	OUI pour chaque travailleur ou pour un individu d'un groupe homogène d'exposition	pas d'obligation réglementaire	OUI pour chaque travailleur	
Suivi dosimétrique individuel *(dosimétrie de référence)*	NON	pas d'obligation réglementaire	OUI	pas d'obligation réglementaire	OUI



3.4.2 SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INTERNE

La finalité attendue de la surveillance de l'exposition interne est de vérifier l'absence d'incorporation de radionucléides ou au contraire de la mettre en évidence, et chaque fois que nécessaire, d'en évaluer la dose efficace engagée en exposition interne.

Les modalités de mise en œuvre de la surveillance de l'exposition interne :

- reposent sur une évaluation préalable des risques permettant un repérage des situations à risque particulier d'exposition interne,
- et complétée par une évaluation prévisionnelle du risque d'exposition interne, exprimée en dose individuelle efficace engagée, sur la base des situations « normales » de travail les plus pénalisantes, mais aussi les plus plausibles et intégrant les aléas raisonnablement prévisibles.

La différenciation entre les concepts de surveillance radiologique et de suivi dosimétrique individuel permet d'optimiser et d'actualiser les méthodologies et les protocoles de surveillance de l'exposition interne :

- La surveillance radiologique collective s'appuie sur :
  - des contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail, dont notamment des contrôles atmosphériques et surfaciques ;
  - et une surveillance de la contamination corporelle externe avec contaminamètre, contrôleur mains pieds ou portique de détection, … ;
  - et la définition de critères d'alerte et des actions associées.
- La surveillance radiologique individuelle s'appuie sur :
  - des examens de surveillance de contrôle de l'exposition interne, par échantillonnage sur un groupe d'exposition homogène ou pour chaque travailleur selon le niveau potentiel d'exposition ;
  - des examens de surveillance spéciale déclenchés suite à alerte d'un contrôle technique d'ambiance radiologique.
- Le suivi dosimétrique individuel s'appuie sur :
  - des examens de surveillance de routine respectant les intervalles de surveillance,
  - et des examens de surveillance de chantier,
  - et des examens de surveillance spéciale déclenchés suite à un évènement identifié.

Les protocoles de surveillance radiologique et de suivi dosimétrique proposés répondent à une logique sensiblement différente de celle retenue pour l'exposition externe, compte tenu de l'absence de dispositif d'alerte individuelle en continu.

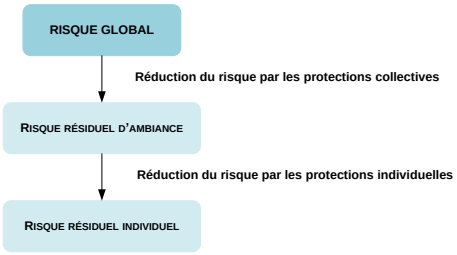
En effet, les mesures de l'exposition interne sont fondées sur des contrôles *a posteriori* (donc différés). Elles ne permettent que de constater l'existence d'une incorporation et son niveau, et ceci à condition que la mesure soit réalisée dans des délais compatibles avec la période radioactive des radionucléides mis en jeu.

Compte tenu de ce constat, le Groupe considère qu'une situation d'exposition supérieure à la VDA n'est pas acceptable de façon durable.



Le niveau prévisionnel en exposition interne est évalué à partir :

- du niveau de risque résiduel d'ambiance;
- **ET** du niveau de risque résiduel individuel prenant en compte le port d'EPI. Pour retenir ce critère, des garanties doivent être apportées sur le port effectif des protections et leur efficacité



Des protocoles de surveillance de l'exposition interne « de référence » sont à définir, en coopération entre les services de prévention des risques et/ou PCR et les médecins du travail, pour chaque type de situation de travail ou de chantier exposant comparables, au sein des établissements concernés.

En effet, de nombreuses situations d'exposition interne correspondent à des expositions suffisamment fréquentes pour faire l'objet de prévisions quantifiables.

Les protocoles de référence déclineraient :

- les contrôles techniques d'ambiance radiologique avec l'ensemble des dispositifs de prévention, utilisés pour éviter la contamination interne ou pour alerter de toute situation anormale. Ils seront déclinés dans tous les cas et devront être adaptés aux situations de travail :
  - contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail, contrôles atmosphériques, surfaciques, et les critères d'alerte,
  - surveillance de la contamination corporelle externe avec contaminamètre, contrôleur mains pieds ou portique de détection, et les critères d'alerte,
  - mise en place d'équipements de protections collectives et port d'équipements de protections individuelles,
- les protocoles de surveillance radiologique et de suivi dosimétrique : routine, contrôle, chantier, spéciale.

Le Groupe attire l'attention sur la nécessité du respect par les travailleurs concernés des prescriptions de mesure individuelle (examens anthroporadiométriques et analyses radiotoxicologiques) qui leur sont prescrites.

En zones réglementées, la valeur de 0,1 mSv a été retenue comme la valeur d'exposition considérée comme pouvant être estimée négligeable du point de vue de la radioprotection (publications et guides internationaux).



SCHÉMA N° 5 – MODALITÉS DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EXPOSITIONS INTERNES

<table>
<tr><td rowspan="3">SURVEILLANCE
DE L'EXPOSITION INTERNE</td><td colspan="3">TRAVAILLEUR SOUMIS AU RISQUE RI</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zones réglementées
Travailleurs non classés*</td><td>Travailleurs classés</td></tr>
<tr><td>E < VDA
$E_{interne}$ < 0.1 mSv</td><td>$E_{interne}$ ≥ 0.1 mSv</td><td>$E \geq$ VDA</td></tr>
<tr><td>Traçabilité</td><td colspan="3">Employeur au niveau de l'établissement (DUERP et fiche d'exposition)
Bilan annuel de la surveillance radiologique des expositions</td></tr>
<tr><td></td><td>Liste nominative transmise à l'IRSN</td><td colspan="2">Enregistrement dosimétrique dans SISERI</td></tr>
<tr><td>Surveillance radiologique collective
(Contrôles techniques d'ambiance radiologique avec critères d'alerte ET Contrôles de contamination corporelle externe)</td><td>OUI</td><td>OUI</td><td>OUI
Avec en sus des balises mobiles</td></tr>
<tr><td>Surveillance radiologique individuelle
(surveillance de contrôle)</td><td>NON</td><td>OUI a minima annuel pour chaque travailleur ou pour un individu d'un groupe homogène d'exposition</td><td>NON</td></tr>
<tr><td colspan="4">Suivi dosimétrique individuel</td></tr>
<tr><td>Contrôle de l'acquisition des bonnes pratiques ou de validation de nouveaux protocoles</td><td colspan="2">Suivi au plus près des activités exposantes</td><td></td></tr>
<tr><td>Surveillance de chantier</td><td colspan="2">NON</td><td>OUI</td></tr>
<tr><td>Surveillance de routine</td><td>NON</td><td>échantillonnage</td><td>OUI</td></tr>
<tr><td>Surveillance spéciale</td><td colspan="3">Suivi suite à évènement radiologique
si atteinte des critères d'alerte ou si évènements « visibles »
selon protocoles de surveillance spéciale définis entre PCR et médecin</td></tr>
</table>

* les travailleurs non classés pour l'exposition interne peuvent néanmoins être classés au titre de l'exposition externe

D'après la norme NF ISO 20553 et la publication 78 de la CIPR :

- *Surveillance de contrôle : surveillance individuelle ou collective (échantillonnage). Ce programme peut être utilisé par exemple pour vérifier le bien-fondé de la décision de ne pas mettre en place de surveillance de routine. De par sa définition, ce programme n'a pas pour objectif de réaliser des évaluations dosimétriques car il n'y a pas d'intervalles maximaux de surveillance recommandés, mais elle est a minima annuelle.*
  La surveillance radiologique individuelle pourra être réalisée juste après les manipulations ou être échelonnée tout au long de l'année.
  La surveillance du poste de travail ou de l'activité sera ainsi renforcée par la connaissance des résultats statistiques de cette surveillance échelonnée au long de l'année.
- *Surveillance de chantier : programme particulier de la surveillance de routine, limité à un chantier à risque particulier, adaptée à la nature et durée du chantier, et spécifique des radionucléides concernés*
- *Surveillance de routine : surveillance systématique pour laquelle la périodicité des examens respecte les intervalles de surveillance.*
- *Surveillance spéciale : surveillance individuelle mise en œuvre suite à incident ou suite à un résultat positif dans le cadre de la surveillance de routine.*



En dehors des zones réglementées, l'exposition interne est impossible *a priori*. Néanmoins, il existe des cas particuliers où ne peuvent être mis en œuvre des moyens de contrôle et de protection collective ou individuelle systématique et continue (exemple : cas de la médecine ambulatoire).
Ces situations doivent toutefois faire l'objet d'une identification par l'employeur (DUERP), d'une estimation de l'exposition et de la mise en œuvre de moyens de protection pour les situations accidentelles (exemple : vomissements accidentel d'un patient dans un taxi ambulance).

Tout résultat positif, détecté lors d'un contrôle technique d'ambiance radiologique ou lors d'une surveillance radiologique individuelle, justifie :

- une alerte du binôme PCR/médecin du travail pour la prévention du chantier ou du poste de travail,
- une réflexion sur la nécessité de prescription immédiate de mesures de suivi dosimétrique,
- une ré interrogation sur le protocole de surveillance radiologique et de suivi dosimétrique.

Le Groupe a noté que dans certains services de médecine nucléaire, les PCR utilisent les gamma-caméra et les sondes thyroïdiennes pour effectuer des contrôles en cas de suspicion d'incident ; cette approche existe également dans certains pays étrangers pour les examens de routine.
Une évaluation de cette nouvelle approche a été entamée par le Groupe et devrait être poursuivie, y compris dans d'autres secteurs vu son réel intérêt (notamment en regard de l'emploi de radio-isotopes de courte période) et son caractère opérationnel, même si l'encadrement de cette pratique, le système de qualité et la traçabilité devront être précisés.
La perspective d'élaboration de guides par secteur pourrait être l'occasion de mieux encadrer de telles pratiques. Ce travail sera d'autant plus intéressant qu'une norme ISO en projet, qui doit paraître en 2015, propose la possibilité d'une surveillance « in situ » pour le personnel travaillant dans les services de médecine nucléaire.

La réflexion a également porté sur l'expression des résultats de expositions internes.
Le Groupe considère inadaptée l'expression de résultats dosimétriques individuels dits « nuls » lorsqu'ils sont inférieurs à 1 mSv. Les résultats exprimés en Bq doivent être considérés comme positifs dès lors qu'ils sont supérieurs à la limite d'interprétation opérationnelle définie au préalable avec le prescripteur, ou, à défaut, un seuil au-delà duquel le résultat peut être considéré comme interprétable (seuil de décision, limite de quantification …).

Les résultats des mesures et des estimations de dose sont transmis à SISERI. Les modalités d'enregistrement dans SISERI sont explicitées au chapitre 3 .8.1.2.

Une fiche de traçabilité contenant l'ensemble des résultats de mesures et les hypothèses ayant conduit à l'estimation de dose interne est conservée dans le dossier médical de santé au travail (DMST).



3.5 SITUATIONS DE TRAVAIL PARTICULIÈRES

Le Groupe rappelle l'importance d'éviter :

- toute tentation, pour l'employeur, de gérer l'emploi et les parcours professionnels par la dose,
- tout risque, pour le travailleur, de favoriser l'emploi au détriment de sa santé.

Il souhaite également attirer l'attention sur la difficulté de mise en œuvre des dispositions réglementaires pour certaines catégories de personnes, comme les étudiants, et dans certaines situations de travail comme les contrats à durée indéterminée de chantier (évoluant progressivement vers des durées très courtes), les travailleurs indépendants,…. Cette difficulté a été soulignée dans les quatre ateliers.

3.5.1 SELON LE TYPE DE « CONTRATS »

Le Groupe attire l'attention de l'administration sur les difficultés de surveillance médicale et de suivi dosimétrique des situations contractuelles atypiques et l'invite à élaborer un guide prenant en compte ces différentes situations qui ne peuvent obéir à une règle unique.

Co-activité avec les interventions d'entreprises extérieures (EE) dans des entreprises utilisatrices (EU)

Le Groupe souligne la nécessité de faciliter les liens entre les différents services de santé au travail assurant la surveillance des travailleurs ainsi qu'entre les PCR et les préventeurs. Il est également important que les intervenants hors du domaine de l'industrie nucléaire bénéficient, au même titre que ceux intervenant dans ce domaine, de mesures incitatives au contrôle de contamination corporelle externe.

Contrats de courte durée

La notion de VDA définie pour une année d'exposition, trouve ses limites lorsqu'elle est appliquée à des contrats de courte durée. Le Groupe considère qu'introduire réglementairement un principe de proratisation de la VDA, telle que prévue pour les Valeurs Limites d'Exposition Professionnelle (VLEP), apparaît trop complexe et invite l'Administration à inciter les employeurs à définir des valeurs guides (contrainte de dose).

Certains contrats à durée indéterminée de chantier (CDIC) sont à durée courte ou très courte (inférieure à un mois)

Cette qualification ouvre la possibilité d'exposer les salariés concernés à l'ensemble des risques figurant sur la liste des « travaux interdits » aux contrats CDD et intérim, ce qui constitue un écart à l'esprit de la réglementation. Il apparait donc nécessaire d'étendre aux CDIC les contraintes qui leurs sont applicables : interdiction d'accès aux zones orange et rouge, prorata-temporis, modalités SMR.

Les étudiants (hors contrat et convention), ne sont pas, dans l'état de la réglementation actuelle, couverts par les dispositions relatives à la santé et à la sécurité au travail (livre IV du code du travail).

La Directive EURATOM 2013/59 prévoit que leur soient appliquées des valeurs limites correspondant à celles fixées pour les personnes du public. Dans ce cas, l'articulation de cette exigence, avec les recommandations de la circulaire interministérielle n°11 du 23 octobre 2013 relative à la mise en œuvre des dérogations aux travaux réglementés pour les jeunes âgés de quinze au moins et de moins de dix huit ans, peut poser un problème. Le suivi de leur exposition et leur suivi médical par la médecine scolaire devraient être explicités.



En revanche, le Groupe constate un vide juridique concernant les étudiants de plus de 18 ans susceptibles d'être exposés aux rayonnements ionisants dans la mesure où ils ne sont pas pris en compte dans la circulaire.

Conséquences d'un examen ou traitement par source radioactive

Le Groupe propose, en cas de transfert du patient dans un service autre que le service prescripteur (médecine nucléaire, radiothérapie, …), de confier la responsabilité de l'organisation de la radioprotection au service prescripteur compétent, sans préjudice des responsabilités de l'employeur.

Pour les étudiants sous contrat et convention

Le Groupe propose que le suivi de l'exposition aux rayonnements ionisants de ces étudiants par le médecin de prévention/travail de l'entreprise d'accueil constitue un point de vigilance dans l'établissement des conventions.

3.5.2 SELON LES SITUATIONS DE TRAVAIL ET LES ENTREPRISES

Trop grande complexité de l'organisation du suivi médical des intérimaires et particulièrement des intérimaires des sous-traitants d'une Entreprise utilisatrice (EU).

Des dispositions existent permettant, par dérogation aux principes généraux, que ces catégories de personnels soient suivies par le service de santé au travail (SST) de l'EU. Néanmoins la traçabilité complète doit être assurée par le SST de l'entreprise de travail temporaire (ETT). Le Groupe attire toutefois l'attention de l'Administration sur le manque de médecins dans les SST, ce qui peut entrainer des délais importants pour obtenir une visite médicale et éventuellement être à l'origine d'un défaut d'employabilité. Le Groupe constate que les ETT ne délivrent que très peu d'attestations d'exposition. La raison avancée est qu'elles ne reçoivent pas les informations nécessaires de la part des EU. Dans ces situations, le Groupe recommande de préciser la notion « d'employeur » portée par l'ETT et l'EU. Le Groupe s'interroge également sur la notion d'EU quand il y a cascade de sous-traitance et sa pertinence. Le Groupe ne s'estime pas missionné sur les solutions à apporter qui touchent principalement à l'organisation du travail tous secteurs d'activité confondus.

Élargir l'obligation de certification des entreprises extérieures, à tous les secteurs

Cette obligation couvre aujourd'hui seulement les INB.

Cette obligation devra toutefois être modulée en fonction des enjeux radiologiques.

Cas des travailleurs à employeurs multiples,

Ces travailleurs bénéficient d'une surveillance médicale et dosimétrique par chaque employeur. Il convient de s'interroger sur le respect de la valeur limite réglementaire (pour les rayonnements ionisants) et la traçabilité de l'ensemble des expositions quelles que soient leurs natures. Concernant l'exposition liée aux rayonnements ionisants, une proratisation par employeur, en fonction des durées contractuelles de travail, pourrait constituer une piste de réflexion.



Concernant les travailleurs indépendants

Le Groupe a relevé une contradiction réglementaire entre l'obligation de suivi et le champ de compétence des services de santé au travail restreint aux seuls salariés.

De manière plus globale, le groupe s'interroge sur l'extension de ces réflexions aux autres risques.

3.6 IMPORTANCE DE LA FORMATION, DE L'INFORMATION ET DU PARTAGE DE LA CULTURE

Le Groupe recommande le renforcement des formations :

- des PCR sur les risques autres que rayonnements ionisants,
- des services de santé au travail sur les risques liés aux rayonnements ionisants,
- et plus généralement de renforcer la formation aux risques liés aux rayonnements ionisants de l'ensemble des travailleurs salariés ou non.

Il insiste sur l'importance du partage de culture de prévention des risques entre les différents acteurs concernés de l'entreprise.

BESOINS DES DIFFÉRENTS ACTEURS DANS UN OBJECTIF DE PRÉVENTION

LE SALARIÉ

Dans le but de protéger sa santé et de permettre la reconnaissance de pathologies induites éventuelles, le salarié a besoin d'avoir accès à l'ensemble de ses doses et à sa dose carrière ainsi qu'à ses attestations d'exposition (suivi médical post-professionnel).

Mais une attention particulière doit être portée pour que cette traçabilité ne puisse pas conduire à une gestion des emplois ou des parcours professionnels discriminatoire en termes de santé ou d'emploi, ceci afin d'éviter toute tentation de négligence par le travailleur de sa santé au profit de son emploi et d'informer le travailleur des risques sanitaires liés à ses expositions.

A ce titre, le Groupe rappelle que les systèmes de contrôle et d'alerte (contrôle de contamination externe corporelle) demeurent exclusivement des moyens de surveillance radiologique et de détection d'événements de contamination. Les informations que ces systèmes délivrent (alarmes, dépassement de seuil...) doivent conduire à en analyser les causes à des fins de prévention. A ce titre, le Groupe rappelle que l'efficacité de ce système de surveillance repose sur une nécessaire confiance entre tous les acteurs concernés. Tout détournement de leur usage à d'autres fins serait contre-productif.

L'EMPLOYEUR

L'employeur est l'acteur qui, via les délégations de pouvoirs, est responsable de l'activité nucléaire, des contrats de travail et de la santé au travail.

Aussi, dans le cadre de son obligation d'évaluation et de prévention des risques, l'employeur doit avoir accès à la dose collective et aux doses individuelles passives non nominatives.



Toutefois, en cas de dépassement des limites réglementaires, le Groupe estime que l'employeur doit avoir accès aux doses individuelles nominatives de référence (doses efficaces et doses équivalentes) relevant de leur champ de responsabilité selon des modalités à définir.

De même, **la personne en charge de l'encadrement de proximité (chargé de travaux…)** devrait avoir accès à la dosimétrie opérationnelle individuelle relevant des activités de chantier placées sous sa responsabilité, ceci afin de mieux pouvoir coordonner les activités et la radioprotection des travailleurs avec la PCR.

LA PCR

La PCR, qui a pour mission la mise en œuvre de la radioprotection dans l'entreprise, a besoin de travailler en multidisciplinarité afin de hiérarchiser les mesures de prévention relatives à l'ensemble des risques.

Le Groupe recommande que les formations spécialisées insistent sur l'importance de l'analyse préalable des risques et la notion d'interactivité entre les différents risques.

Le Groupe propose l'intégration de la PCR au CHSCT des entreprises en tant que membre consultatif, ce qui lui permettrait de tenir son rôle de préventeur avec plus d'efficacité.

Par ailleurs en ce qui concerne le risque lié aux rayonnements ionisants, la PCR s'appuie essentiellement sur les résultats de la dosimétrie individuelle afin de dimensionner la prévention collective. Afin d'améliorer cette approche, le Groupe estime que la PCR a besoin d'avoir accès en sus de la dose efficace, aux doses équivalentes externes aux tissus et parties du corps sur 12 mois glissants.

De même, le Groupe considère que la connaissance de l'exposition interne au travers de la nature des radionucléides et des niveaux d'activité (mesurés en Bq) constitue pour la PCR un élément de prévention des risques indispensable afin de revoir si besoin, de façon réactive, les protections collective et individuelle dans la démarche d'optimisation.

LE MÉDECIN DU TRAVAIL

Le médecin du travail a pour objectif la préservation de la santé du travailleur.

Il a la responsabilité de la tenue du dossier médical en santé au travail. La transmission des dossiers médicaux quand un travailleur change d'employeur garantit le suivi dans le temps de l'évolution de son état de santé et de ses expositions professionnelles.

Or, le travailleur, dont l'information est obligatoire, garde la liberté de s'opposer à cette transmission, même si cette position lui est préjudiciable.

De ce fait, le Groupe recommande de réintégrer dans le code du travail l'obligation, pour l'employeur, de délivrer l'attestation d'exposition aux rayonnements ionisants à tout travailleur quittant son employeur.



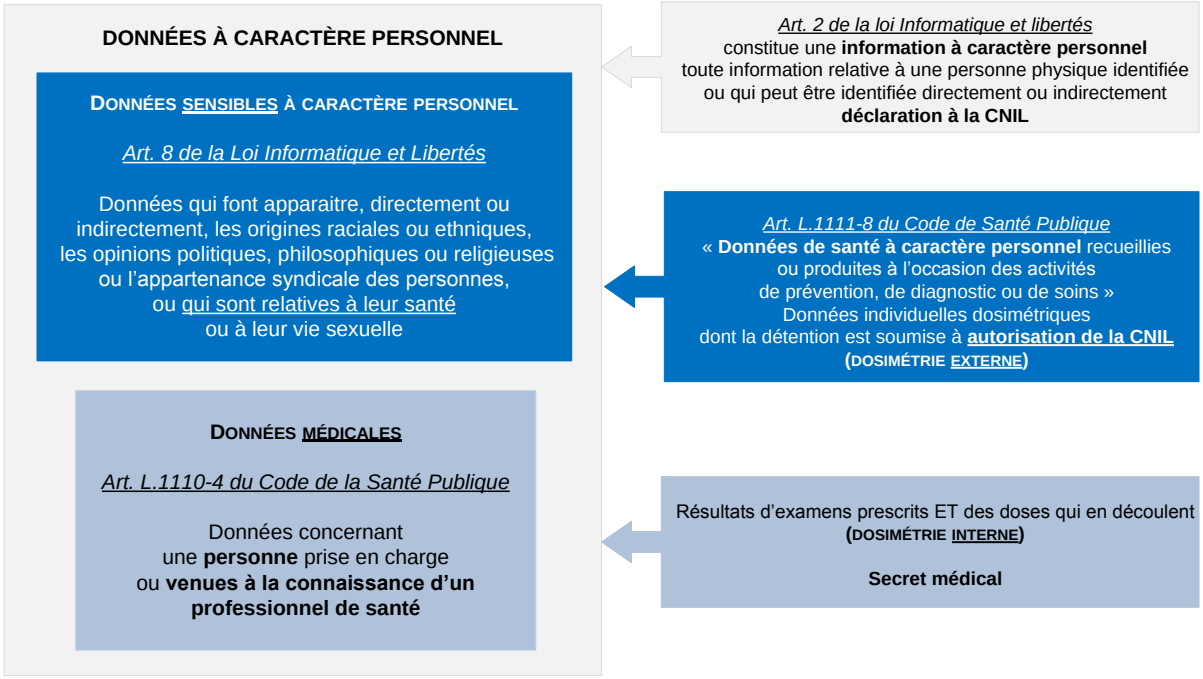
3.7 ACCÈS AUX RÉSULTATS DOSIMÉTRIQUES INDIVIDUELS

3.7.1 DISPOSITIONS RÉGLEMENTAIRES

La loi informatique et liberté définit les données à caractère personnel et les obligations qui en découlent. Ces données à caractère personnel font l'objet d'un encadrement par divers textes réglementaires qui, selon leur statut, instituent un niveau de confidentialité croissant que l'on peut résumer ainsi (cf. schéma N°6) :

- Toute donnée relative à une personne physique et qui permet son identification doit faire l'objet d'une **déclaration** à la CNIL (Commission Nationale Informatique et Libertés).
- Les données concernant les origines, les opinions, la santé sont des données « sensibles » à caractère personnel dont la détention doit faire l'objet d'une **autorisation** de la CNIL
- Enfin, les données concernant une personne prise en charge par un professionnel de santé (exemple d'examens ayant fait l'objet d'une prescription médicale) sont couverts par le secret médical.

SCHÉMA N°6 – STATUT DES DONNÉES INDIVIDUELLES



En conséquence, le Groupe s'est rapproché de la Direction des Affaires Juridiques (DAJ) du secrétariat général des ministères chargés des affaires sociales pour étudier les conséquences pour la PCR des modifications concernant les modalités d'accès aux données dosimétriques qu'elles soient externes ou internes.

La DAJ dans sa réponse estime que :

- « *Les résultats de dosimétrie externe doivent être considérés comme constituant des données de santé au sens de l'article 8 de la loi n° 78-17 et sont soumis à ce titre à un régime de protection renforcée* ».



- « *La PCR ne pourrait avoir communication des données de la dosimétrie interne que si des dispositions intervenaient pour :*
    - *soumettre la PCR au secret professionnel (disposition législative ou réglementaire) ;*
    - *prévoir une dérogation législative au secret médical afin de permettre à la PCR d'accéder aux données nominatives de dosimétrie interne ;*
    - *compléter l'article R. 4451-112 relatifs aux missions de la PCR*. »
- « *Cependant, dès lors que la PCR serait soumise au secret professionnel, c'est l'ensemble du dispositif de la « circulation des données de dosimétrie » qu'il faudrait reconsidérer en conséquence.* »
- « *Le secret professionnel imposerait à la PCR de conserver la confidentialité des informations venues à sa connaissance dans le cadre de ses fonctions, sauf dérogation expresse qui l'autoriserait à transmettre ou partager ces données avec d'autres personnes à condition que ces personnes aient besoin d'accéder à ces données dans le cadre de leurs missions*. »

3.7.2 ÉTUDE D'IMPACT

PCR

L'analyse des avis réglementaires montre qu'il existe deux types de données, celles relevant de la confidentialité qui nécessitent une autorisation de la CNIL et celles relevant du secret qui nécessitent une modification de la loi pour que les PCR puissent avoir accès aux données dosimétriques individuels.

L'élargissement de l'accès à l'ensemble des données dosimétriques individuelles notamment celles couvertes par le secret médical nécessite une modification du statut de la PCR entrainant des évolutions en termes de responsabilités disciplinaire, pénale et civile sans impacter sa mission au sein de l'entreprise.

L'accès aux données couvertes par le secret médical ne concernerait que les PCR exerçant dans les entreprises où le risque d'exposition interne est identifié.

PCR EMPLOYEUR

Le Groupe se questionne sur la possibilité pour un employeur d'être PCR et considère que :

- Dès lors que dans une petite entreprise, l'employeur est entouré d'un ou plusieurs salariés ayant un niveau de formation suffisant, il est souhaitable que les missions de PCR soient assurées par un de ses salariés du point de vue même de l'organisation de la prévention des risques au sein de l'entreprise.
- Pour autant, si le soutien d'une PCR interne distincte de l'employeur est impossible, une analyse des avantages et inconvénients devra être faite entre l'employeur-PCR et le recours à une PCR externe qui n'est possible que dans le système déclaratif. Le Groupe pense que cette possibilité, entre l'employeur-PCR et le recours à une PCR externe, devrait être étudiée en fonction de l'effectif et des compétences des salariés de l'entreprise.

PASSEPORT DOSIMÉTRIQUE EUROPÉEN

Le passeport dosimétrique européen, prévu à l'article 51 de la directive 2013-59 Euratom du 5 décembre 2013, a pour objectif de permettre l'échange de données dosimétriques individuelles au niveau européen, à des fins de prévention pour les travailleurs exerçant dans différents états membres.



Le Groupe, tout en approuvant l'objectif :

- s'interroge sur la nature des données dosimétriques contenues dans le passeport, car pour certaines, la notion de confidentialité, prévue dans la réglementation française actuelle, pourrait ne plus être assurée.
- identifie le risque de dérive si le dispositif était utilisé à des fins d'employabilité plutôt que de traçabilité et suivi des expositions.

3.8 TRAÇABILITÉ DES EXPOSITIONS ET INTÉGRATION DES DOSES DANS SISERI

3.8.1 TRAÇABILITÉ DES EXPOSITIONS

Le Groupe recommande de développer à l'échelon national un outil global de traçabilité des expositions individuelles, couvrant les risques professionnels présents dans les cas de multi expositions.

Par ailleurs, en ce qui concerne le risque spécifique lié aux rayonnements ionisants, le Groupe propose de clarifier le contenu de la fiche d'exposition existante au travers de deux volets :

1. un volet prévisionnel, couvrant l'ensemble des risques auxquels le travailleur est potentiellement exposé et en spécifiant pour les RI si le travailleur est soumis au risque rayonnement ionisant, et selon les cas, s'il est classé en catégorie A ou B.
2. un volet sur les expositions avérées, avec 2 parties :
   - une partie individuelle nominative pour les RI :
     - soit le bilan du suivi dosimétrique individuel en cohérence avec les informations contenues dans SISERI et le dossier médical en santé au travail,
     - soit le bilan de la surveillance radiologique de l'unité de travail pour chaque travailleur concerné,
   - une partie employeur signalant :
     - le dépassement des valeurs réglementaires,
     - la notion d'expositions exceptionnelles liées aux autorisations spéciales (articles R. 4451-93 et suivants),
     - la période d'exposition : annuelle / ponctuelle.

3.8.1.1 Pour les expositions externes

Compte-tenu que les résultats dosimétriques individuels sont soumis à des procédures normées et issues de laboratoires agréés, le suivi dosimétrique de référence bénéficie d'une traçabilité assurée via SISERI avec une consolidation et un enregistrement sécurisé au niveau national.

La surveillance radiologique bénéficie d'une traçabilité locale, sous responsabilité de l'employeur qui devra définir la démarche de qualité associée dans le cadre d'une harmonisation souhaitée sur le plan national.
Cependant, une traçabilité complémentaire sera assurée par l'IRSN qui devra enregistrer annuellement la déclaration transmise par l'employeur de la liste des travailleurs soumis à un risque lié aux rayonnements ionisants, mais non classés.



3.8.1.2 Pour les expositions internes

Un bilan annuel des expositions internes est réalisé pour chaque travailleur par les médecins du travail et tenu à la disposition des autorités compétentes, notamment en vue d'exploitation statistique globale.

- Lorsque l'estimation de dose aboutit à une dose inférieure à 0,1 mSv, par comparaison des résultats en Bq à la limite d'interprétation opérationnelle (LIO), la dose devra être enregistrée comme inférieure à 0,1 mSv
- Lorsque l'estimation de dose est égale ou dépasse la valeur de 0,1 mSv, une estimation plus approfondie peut être réalisée. Néanmoins, le niveau d'investigation pour l'estimation doit rester en cohérence avec le niveau de dose évaluée.

La dose doit être enregistrée dans SISERI lorsqu'elle est égale ou supérieure à 1 mSv et en tout état de cause dès lors qu'elle est estimée et donc tracée dans le dossier médical de santé au travail (DMST).

3.8.1.3 Expression des résultats nuls

Ainsi que cela a été rappelé précédemment, l'expression d'un résultat comme étant « nul » apparaît tout à fait inadaptée.

> Un résultat nul ne correspond pas à un zéro métrologique, mais à une limite de détection (LD) ou à un seuil raisonnable de rendu d'un résultat, compte-tenu des performances des techniques de mesure, celles-ci étant toujours de plus en plus performantes et donc évolutives.

Pour le suivi des travailleurs, si l'enregistrement des « 0 » (en lieu et place de ≤ LD) apparaît incontournable pour cumuler et tracer le suivi de l'exposition du travailleur, le zéro enregistré doit donc toujours être conservé avec les éléments permettant d'en apprécier la signification à l'époque où il a été enregistré.

3.8.2 INTÉGRATION DES DOSES DANS SISERI

Le Groupe a bien noté les évolutions récentes de SISERI. Ses missions diverses sont les suivantes :

- constituer le registre national des données du suivi de l'exposition des travailleurs en centralisant et conservant les données ;
- vérifier le respect des valeurs limites d'exposition annuelle ;
- reconstituer l'exposition sur l'ensemble de la carrière ;
- produire des statistiques d'exposition ;
- alimenter les études épidémiologiques ;
- mettre à disposition des acteurs de la radioprotection les résultats du suivi dosimétrique : PCR et médecins du travail peuvent accéder aux résultats en ligne.

Le retour d'expérience actuel montre quelques axes d'amélioration :

- consultation, par le médecin des données sur des périodes supérieures à 12 mois compte tenu de la réforme de la médecine du travail ;
- possibilité de téléchargement des données à des fins d'optimisation et de traçabilité par les différents acteurs ;
- meilleure information des salariés de leur droit d'accès à leurs données dosimétriques dans SISERI
- étude de la possibilité de traitement statistique des données à des fins de pilotage des inspections.



Le Groupe considère qu'il faut mettre en place des mesures qui facilitent l'accès aux données dosimétriques aux médecins du travail d'entreprises de travail temporaire, et au-delà déclarer pour un travailleur les deux médecins du travail en charge du suivi de son état de santé : le médecin du travail du travailleur et le médecin en charge du suivi de la SMR RI (ou des SMR dans le cas des ETT).

Le Groupe souligne les difficultés rencontrées par les employeurs pour accéder aux coordonnées personnelles des médecins du travail (requises par SISERI) et invite la DGT à sensibiliser ces médecins sur la nécessité de communiquer ces données. Une alternative constituerait à prévoir dans SISERI la déclaration par l'employeur des services de santé au travail en lieu et place des médecins du travail.

3.9 RADON ET NORM

Pour rappel, la directive 2013/59/EURATOM considère que l'exposition :

- au radon, doit être abordée, selon les cas, comme une situation d'exposition existante ou comme une situation d'exposition planifiée ;
- aux NORM lorsqu'elles sont utilisées ou générées dans des activités humaines, doit être abordée dans tous les cas comme une situation d'exposition planifiée.

Ces sources de rayonnements d'origine naturelle ne sont pas encore assez prises en compte dans l'évaluation des risques réalisée par les entreprises concernées. Une sensibilisation et un accompagnement particulier doivent être mis en place.

NORM, acronyme internationalement utilisé pour "Naturally Occurring Radioactive Materials" ou matière riche en radionucléides naturels.

3.9.1 LE RADON

La prise en compte du risque radon concerne potentiellement l'ensemble du territoire national. La priorité doit être apportée aux activités professionnelles en milieu souterrain, de même qu'aux autres situations de travail dans les zones à fort potentiel d'exhalation du radon identifiées par l'IRSN, ou à partir d'autres investigations comme dans le cadre des activités utilisant ou générant des NORM.

Le Groupe attire l'attention de l'Administration sur :

- la difficulté de l'estimation de la dose liée aux mesures d'activité volumique et au temps d'exposition au radon ;
- la prise en compte de paramètres techniques complexes ;
- l'étendue des secteurs d'activité potentiellement concernés et non nécessairement sensibilisés à ce type de risque.

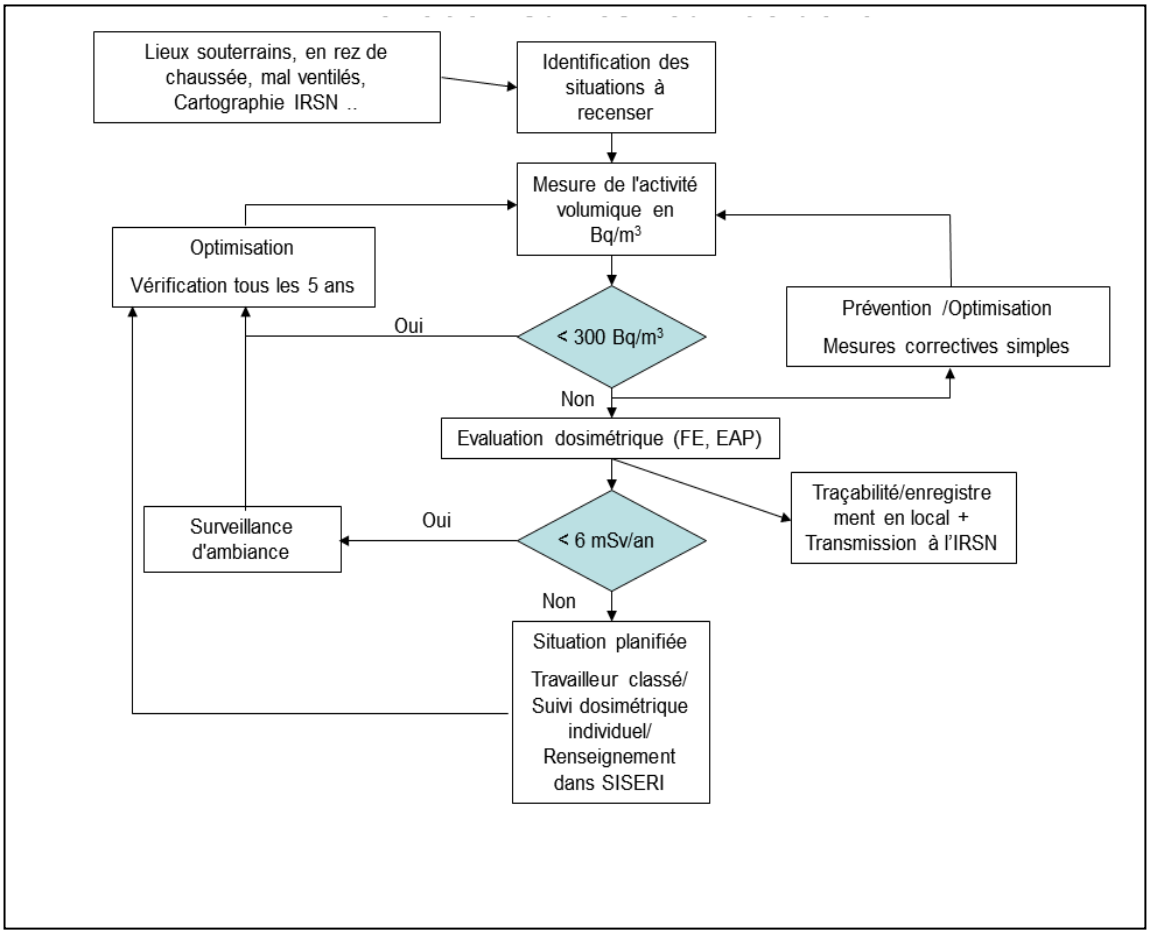
Des réflexions sont actuellement en cours dans le cadre des travaux de transposition de la directive européenne.



Dans l'attente des conclusions, le Groupe explicite, sous forme du logigramme suivant, les principes d'évaluation de l'exposition au radon et descendants en milieu professionnel déclinés dans cette directive :

1. basée sur des mesures d'ambiance en activité volumique (Bq/m^3), à comparer au niveau de référence ;
2. si le maintien en dessous du niveau de référence est impossible, une évaluation prévisionnelle de la dose individuelle (mSv/an) est nécessaire ;
3. si l'évaluation prévisionnelle est susceptible de dépasser 6 mSv/an pour le travailleur, un suivi dosimétrique individuel doit être mis en place avec une dosimétrie adaptée à la mesure de l'énergie alpha potentiel.

SCHÉMA N°7 – LE RADON SUR LES LIEUX DE TRAVAIL



3.9.2 LES NORM

La mise en œuvre ou la gestion de matières ou déchets riches en radionucléides naturels non utilisées pour leurs propriétés radioactives (NORM) au-delà des critères d'exemption peut soumettre des travailleurs à un risque d'exposition selon trois voies possibles :

- l'exposition externe ;
- l'exposition interne liée aux poussières (émetteurs alpha) ;
- l'exposition interne liée au radon et descendants à vie courte, générés par les NORM.

L'élargissement des secteurs concernés par les dispositions de la directive relative aux activités utilisant ou générant des NORM (industrie extractive notamment…), ainsi que le retour d'expérience de la mise en œuvre difficile des dispositions actuelles, amènent à se questionner sur sa déclinaison opérationnelle dans les entreprises concernées.

Le Groupe appelle particulièrement l'attention sur la vigilance à apporter sur la mesure, la prévention, le suivi de l'exposition interne liés aux poussières. Cela nécessitera un accompagnement spécifique et un investissement important de l'ensemble des acteurs concernés, notamment avec des actions de sensibilisation et la réalisation de guides techniques.



4. COMPOSITION DU GROUPE DE TRAVAIL

Comité de pilotage

Co-présidents : **Pierre BARBEY** : Université de Caen Normandie – Maître de conférences

Christine GAURON : INRS - médecin du travail et conseiller médical à l'INRS - retraitée

Institutions :

DGT Thierry LAHAYE : Chef du Pôle « Risques physiques »

Viviane LE-SOURD-THEBAUD : Chargée d'études

ASN Jean-Luc GODET : Directeur des rayonnements ionisants et de la santé (DIS)

Chantal BARDELAY : Chargée de mission

Bureau « Exposition des travailleurs et de la population » - DIS

IRSN Sylvain PETIT : Responsable de missions stratégie et partenariats

Direction de la stratégie, du développement et des partenariats

Éric VIAL : Adjoint à la directrice de la Radioprotection de l'homme

DGPR Jérémie VALLET : MSNR – Adjoint au chef de la MSNR

Nicolas MICHEL DIT LABOELLE : MSNR – Chargé de mission

Pilotes des ateliers :

atelier 1 : Jean-Paul SAMAIN : Président du GP RADE

atelier 2 : Catherine ROY : ALARA RISK – Vétérinaire – Expert en radioprotection

atelier 3 : Michèle GONIN : EDF Division Production Nucléaire – Médecin – Expert en santé au travail

atelier 4 : Michel LALLIER : HCTISN – Représentant syndical

Atelier 1	**Jean-Paul SAMAIN**	
G. ABADIA-BENOIST	INRS	Médecin du travail, responsable du département Études et assistance médicales
S. BALDUYCK	CoRPAR	PCR – CHU Toulouse
S. BERNHARD	ALGADE	Directeur
P. DEVIN	AREVA	Coordonnateur Radioprotection du Groupe
H. DUCOU LE POINTE	APHP	Radiologue. Responsable du groupe Radioprotection de la Société Française de Radiologie
P. FRACAS	CEA	Adjoint au Directeur de la Protection et de la Sûreté nucléaire
L. FUSIL	CEA	Adjoint au chef de service de Protection de l'Homme et de l'environnement - Expert en radioprotection
B. HAJJI	CoRPAR	PCR – CAC Lille
B. LE GUEN	EDF	Directeur délégué Radioprotection Sécurité – Division Production Nucléaire
JM. MANGEOT	COCT	Représentant syndical
S. MORA	CoRPAR	PCR CHU Bordeaux
P. MOUREAUX	INRS	Ingénieur Expert et assistance conseil aux entreprises et SST
P. PERRAN	Prism'Emploi	Juriste en droit social
A. RANNOU	IRSN	Adjoint à la directrice de la Protection de l'homme
Ph. ROCHER	ADF	Chirurgien dentiste – Faculté de Lille
J C. VARIN	AREVA	Directeur Qualité Sureté Sécurité Environnement La Hague
Institutions		
ML. PERRIN	ASN	Chef de bureau « Exposition des travailleurs et de la population » - DIS
C. BARDELAY	ASN	
T. LAHAYE	DGT	
J. VALLET	MSNR	



Atelier 2	**Catherine ROY**	
JM. BORDY	CEA	Expert international - Instrumentation, métrologie, contrôle
JF. BOTTOLLIER	IRSN	Chef du Service de dosimétrie externe
I. CLAIRAND	IRSN	Chef du Laboratoire de dosimétrie des rayonnements ionisants
G. DESMULLIEZ	CoRPAR	PCR – CHRU Lille
G. FERRY	EDF	Conseiller en radioprotection
L. FUSIL	CEA	Adjoint au chef de service de Protection de l'Homme et de l'environnement - Expert en radioprotection
J. GUERSEN	CoRPAR	PCR – CHU Clermont Ferrand
T. LE GOUEFFLEC	APAVE	Responsable du domaine Rayonnements
M. MILLION	LANDAUER	Directeur Scientifique
P. MOUGNARD	AREVA	La Hague - Adjoint Directeur Qualité Sûreté Sécurité Environnement - PCR
I. PENNACINO	SPRA	Responsable du Laboratoire de dosimétrie externe
P. ROINE	INSTN	Responsable pédagogique Expert CEA en réglementation radioprotection
T. VIAL	CEFRI	Président de la commission technique
Institutions		
J. CASABIELHE	DGT	Chargé d'études, pôle juridique et administratif Bureau des risques chimiques, physiques et biologiques (CT2)
C. BARDELAY	ASN	
N. MICHEL DIT-LABOELLE	MSNR	

Atelier 3	**Michèle GONIN**	
R. AGUILERA	AREVA	Coordonnateur HSE et PCR suppléant AMALIS
L. BATMALLE	AREVA	Responsable SSE – PCR / MSIS ASSISTANCE
Ph. BERARD	CEA	Expert senior en dosimétrie interne
S. BOHAND	AREVA	Pharmacien - Responsable Radioprotection AREVA Mines
C. GUERIN	CoRPAR	PCR - APHP
N. JOLY	HEGP	Médecin du travail
P. LAROCHE	AREVA	Directeur santé – Médecin du travail
S. PREVOT	CoRPAR	PCR – CLRCC Dijon
B. QUESNE	CEA - Retraité	Médecin du travail
V. RENAUD-SALIS	IRSN	Pharmacien radiochimiste. Service de dosimétrie interne
C. CHALLETON DE VATHAIRE	IRSN	Médecin - chercheuse en dosimétrie interne
Institutions		
P. MATHIEU	DGT	Ingénieure en charge de la prévention des risques physiques
T. KIFFEL	ASN	Chargé de mission – Direction des rayonnements ionisants et de la santé
N. MICHEL DIT-LABOELLE	MSNR	

Atelier 4	**Michel LALLIER**	
G. ABADIA-BENOIST	INRS	Médecin du travail, responsable du département Études et assistance médicales
A. ACKER	AREVA	Directeur médical - Médecin du travail
C. BARRET	CoRPAR	PCR
JP. CHARLET	GE Health Care	Ingénieur Qualité, Sécurité et Radioprotection
G. CORDIER	EDF - Retraité	Ingénieur conseil en radioprotection
E. DEBONDANT	CoRPAR	Chef du SCR
A. DEVITA	AREVA	PCR, Chef de service Radioprotection
C. LEFAURE	CoRPAR	Expert en optimisation de la radioprotection
P. MOUREAUX	INRS	Ingénieur Expert et assistance conseil aux entreprises et SST
C. OMNES	ETT	PCR – Chargée de mission nucléaire
P. PERRAN	Prism'Emploi	Juriste en droit social
F. PIC	CEA	Médecin coordonnateur - Médecin du travail
A. ROUSSELET	ACMS	Médecin du travail
P. SCANFF	IRSN	Chef de l'Unité de Suivi et d'analyses des Expositions Professionnelles (USEP) en charge de la gestion de SISERI
M. VARESCON	EDF	Juriste – Chef du Pôle Droit Nucléaire – Direction Juridique
Institutions		
C. BARDELAY	ASN	
V. LE-SOURD-THEBAUD	DGT	
N. MICHEL DIT-LABOELLE	MSNR	



5. SIGLES UTILISÉS

ACMS	Association interprofessionnelle des centres médicaux et sociaux de santé au travail
ADF	Association dentaire française
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
APHP	Assistance publique – Hôpitaux de Paris
ASN	Autorité de sûreté nucléaire
CEFRI	Comité français de certification des entreprises pour la formation et le suivi du personnel travaillant sous rayonnements ionisants
CHSCT	Comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail
CIESCT	Commission inter entreprises sur la sécurité et les conditions de travail
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
CLRCC	Centre de lutte contre le cancer
COCT	Conseil d'orientation sur les conditions de travail
CoRPAR	Coordination nationale des réseaux régionaux de PCR et d'acteurs de la radioprotection
CSP	Code de la Santé Publique
CT	Code du travail
DGPR	Direction générale de la prévention des risques
DMST	Dossier médical en santé au travail
EPC	Équipements de protection collective
EPI	Équipements de protection individuelle
EE	Entreprise extérieure
ETT	Entreprise de travail temporaire
EU	Entreprise utilisatrice
GP RADE	Groupe d'experts au niveau de l'ASN pour les questions de radioprotection hors domaine médical
HCTISN	Haut comité pour la transparence et l'information sur la sureté nucléaire
HeGP	Hôpital européen Georges Pompidou
INB	Installations nucléaires de base
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
INSTN	Institut national des sciences et techniques nucléaires
LBM	Laboratoire de biologie médicale
LD	Limite de détection
LDCA	Limite dérivée de concentration atmosphérique
LIO	Limite d'interprétation opérationnelle
LPCL	Limites pratiques de contamination labile
LPCF	Limites pratiques de contamination fixée
MSNR	Mission de la sûreté nucléaire et de la radioprotection de la DGPR
PCR	Personne compétente en radioprotection
PME	Petites et moyennes entreprises
RCA	Valeur repère de concentration atmosphérique
REX	Retour d'expériences
RI	Rayonnement ionisant
RIA	Radio immuno assay
RP	Radioprotection
SISERI	Système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants
SPRA	Service de protection radiologique des armées
SST	Service de santé au travail
TPE	Très petites entreprises





SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES EXPOSITIONS DES TRAVAILLEURS

LIVRE BLANC

PARTIE II - ANNEXES

CONTRIBUTIONS DES ATELIERS

SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE EN FRANCE : HISTORIQUE ET ACTUALITÉS

SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE

RÉFÉRENCES

JUIN 2015

RAPPORT DE L'ATELIER 1

DOCTRINE ET STRATÉGIE

Atelier 1

JP SAMAIN

G. ABADIA-BENOIST	INRS
S. BALDUYCK	CoRPAR
S. BERNHARD	ALGADE
P. DEVIN	AREVA
H. DUCOU LE POINTE	APHP
P. FRACAS	CEA
L. FUSIL	CEA
B. HAJJI	CoRPAR
B. LE GUEN	EDF
JM. MANGEOT	COCT
S. MORA	CORPAR
P. MOUREAUX	INRS
P. PERRAN	Prism'Emploi
A. RANNOU	IRSN
Ph. ROCHER	ADF
J C. VARIN	AREVA

Administration	
C. BARDELAY	ASN
T. LAHAYE	DGT
ML. PERRIN	ASN
J. VALLET	MSNR



SOMMAIRE

SYNTHÈSE

RECOMMANDATIONS

1 ARTICULATION ENTRE LE PRINCIPE DE « JUSTIFICATION PORTÉ PAR LE CODE DE LA SANTÉ PUBLIQUE ET CELUI DE « SUBSTITUTION » PORTÉ PAR LE CODE DU TRAVAIL

Les principes de la radioprotection (justification, optimisation et limitation) dans le Code de Santé Publique

Le principe de justification au niveau international

Le principe de justification dans le droit français

L'articulation des principes de radioprotection et des principes généraux de prévention du code du travail

2 DÉFINITION DE LA DOSE

3 CARACTÈRE HOMOGÈNE DU SUIVI

La surveillance radiologique comprend deux aspects

Objectifs des différents types de dosimétrie

Intérêt de la dosimétrie

Périodicité du suivi

Cas des travailleurs à employeurs multiples

Aspects psycho-sociaux

4 LES CRITÈRES D'ENTRÉE DANS LE SYSTÈME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE

Évolution proposée

Définitions

Modalités d'organisation du suivi radiologique

Mise en œuvre

Quelques exemples illustrant la doctrine

5 SITUATIONS D'EXPOSITION À LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE

Les NORM

Le radon sur les lieux de travail

Les personnels navigants

Conclusion sur ce chapitre

6 COMMENT MIEUX ARTICULER LES RAYONNEMENTS IONISANTS DANS LE SYSTÈME GÉNÉRAL DE GESTION DES RISQUES ?

SCHÉMAS

SCHÉMA 1 Organisation du suivi radiologique et traçabilité

SCHÉMA 2 Le radon sur les lieux de travail



SYNTHÈSE

Dans le cadre de la révision des exigences européennes en matière de radioprotection, notamment dans la perspective de la transposition de la directive 2013/59/EURATOM et, à cette occasion, d'une mise à jour du code du travail, des travaux ont été initiés par la DGT, l'ASN et l'IRSN. Ces travaux ont permis, à la fois de définir un nouveau cadre pour la formation des PCR en adaptant les contraintes de formation aux risques radiologiques des activités, et de proposer des évolutions aux règles de délimitation et d'accès aux zones réglementées.

Une deuxième thématique a été confiée à l'atelier 1, avec pour objectif de mettre à jour et simplifier la réglementation concernant le suivi radiologique des travailleurs.

L'atelier 1 est l'atelier « stratégie » ; ses objectifs ont été définis comme suit, au cours du séminaire initial du 26 septembre 2013 :

1. Reposer l'articulation entre le principe de justification et ceux du droit du travail (substitution et limitation)

2. Réfléchir sur la définition de la dose (comment prendre en compte les avancées théoriques de la CIPR – dose à l'organe et le gap entre grandeurs opérationnelles mesurées en grandeurs RP reportées).

3. S'interroger sur l'impératif de maintenir le caractère homogène du suivi actuel.

4. Analyser les critères d'entrée dans le système de surveillance radiologique (maintien du seul critère de la catégorie A ou B pour la mise en œuvre de l'approche graduée, pertinence de la notion de suivi individuel pour les travailleurs B susceptibles d'être exposés).

5. Prendre en compte la gestion des situations d'exposition particulières : radon, NORM, personnel navigant, « frequent flyers »

6. Intégrer une démarche de gestion globale des risques : faire une comparaison avec les risques autres (Les rayonnements ionisants doivent-ils être inclus dans les agents cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques ?).



RECOMMANDATIONS

1. La règlementation en vigueur relative à la surveillance dosimétrique des travailleurs donne globalement satisfaction aux acteurs de terrain et sa stabilité est considérée comme un facteur indiscutable de succès.

L'atelier 1 réaffirme que :

- le zonage radiologique des lieux de travail constitue l'un des éléments essentiels de la démarche de prévention. Le zonage est le socle d'identification et de gradation du risque d'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants et représente une des premières actions de radioprotection ;
- dans le cadre de l'évaluation des risques, l'analyse de poste qui vise à estimer la dose à laquelle le travailleur est susceptible d'être exposé est fondamentale ;
- le classement des travailleurs entraîne d'office la mise en œuvre de mesures de protection renforcée prescrites par la règlementation ;
- l'évaluation du risque d'exposition aux rayonnements ionisants doit prendre en compte l'ensemble des situations de travail, quelles que soient la nature et l'origine de la source.

2. Néanmoins, quelques adaptations, tenant compte notamment du prescrit de la directive 2013/59/Euratom apparaissent souhaitables. Il s'avère que certains travailleurs sont soumis à un risque d'exposition aux rayonnements ionisants, sans bénéficier de mesure de surveillance particulière, du fait qu'ils sont exposés annuellement à moins de 1 mSv. Au contraire, d'autres travailleurs sont aujourd'hui classés bien que l'analyse de poste ait montré qu'ils n'étaient pas susceptibles de dépasser le seuil de 1 mSv. Dans ce dernier cas, l'atelier n° 1 considère qu'ils pourraient ne pas être classés, mais recommande qu'ils bénéficient de mesures appropriées, arrêtées sous la responsabilité de l'employeur.
Pour une prise en compte graduée du risque, l'atelier 1 recommande de compléter le dispositif règlementaire par la définition ci-dessous.

Un travailleur est considéré comme « soumis à un risque dû aux rayonnements ionisants » dès lors qu'il :

- entre en zone réglementée du fait de son activité ;

ou

- met en œuvre une source de rayonnements ionisants ;

ou

- intervient dans des situations d'urgence radiologique ou post-accidentelle telles que définies par le code de la santé publique ;

ou

- est exposé à une concentration de radon supérieure au niveau de référence ;

ou

- est exposé à des rayonnements cosmiques à bord d'aéronefs.



Des guides professionnels, déclinés selon les besoins en secteurs d'activités, devront apporter les précisions utiles à la mise en œuvre des mesures à prendre pour la protection des travailleurs non classés, mais néanmoins soumis à un risque d'exposition aux rayonnements ionisants.
Les travailleurs classés A et B, au sens de la directive comme à celui de la règlementation actuelle, sont de facto inclus dans l'ensemble des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants ainsi défini.

3. La surveillance dosimétrique de référence, fondée sur la mesure individuelle, a fait la preuve de son efficacité. L'atelier 1 recommande d'en maintenir le principe pour les travailleurs classés A et B.

4. Pour les travailleurs non classés, mais soumis à un risque d'exposition aux rayonnements ionisants, toute autre méthode d'évaluation permettant de garantir que l'exposition demeure inférieure à 1 mSv/an (i.e. calcul, dosimétrie d'ambiance, dosimétrie active, voire dosimétrie collective) pourrait être envisagée, mais devrait reposer sur des bases solides et faire l'objet d'une traçabilité.

5. Dans le prolongement de la démarche engagée (décret 2003-296) et pour une bonne appropriation par les entreprises, l'atelier 1 recommande une meilleure articulation de la règlementation relative aux rayonnements ionisants avec celles concernant les autres risques. Cette démarche permettrait de promouvoir l'approche globale des risques en fournissant une grille de lecture et une structure commune à tous les risques. Une manière pratique serait de mettre ce chapitre rayonnements ionisants dans une forme (aussi) similaire (que possible) à la structure des autres chapitres, sans en perdre les points forts et spécificités.
L'atelier 1 estime indispensable que l'analyse des risques radiologiques soit conduite en cohérence avec celles des autres risques, pour une meilleure intégration dans le document unique.

6. Le rôle de la PCR serait renforcé de façon concomitante par :

- une meilleure synergie avec le service interne de prévention des risques ;
- une plus grande synergie avec les services de santé au travail et particulièrement avec le médecin du travail ;
- un lien étroit avec le CHSCT ou, à défaut, les délégués du personnel.

L'atelier 1 recommande en conséquence qu'une réflexion soit menée sur le statut de la PCR, son positionnement au sein de l'entreprise et le dimensionnement des moyens et du temps nécessaires à la bonne exécution de ses missions en cohérence avec les nouvelles dispositions introduites par la directive Euratom.



7. L'atelier 1 prend acte de l'adaptation voulue par la directive quant à la démarche à appliquer en cas d'exposition des travailleurs au radon, aux NORM et au rayonnement cosmique. La directive 2013/59/Euratom considère que l'exposition aux NORM doit être abordée dans tous les cas comme une situation d'exposition planifiée alors que le radon, émanant du sol, doit être traité comme une situation d'exposition existante en-dessous du seuil de 6 mSv/an et comme une situation d'exposition planifiée au-delà de ce seuil.

En conséquence pour le radon :
La prise en compte du risque radon concerne potentiellement l'ensemble du territoire national. La priorité doit être apportée aux activités professionnelles en milieu souterrain de même qu'aux autres situations de travail dans les zones à potentiel d'exhalation du radon par les sols identifiées par l'IRSN.

L'atelier considère que la mise en œuvre des nouvelles dispositions prévues par la directive 2013/59/Euratom pour le radon, constituerait un net progrès :

- lorsque la dose prévisionnelle est supérieure à 6 mSv/an, les travailleurs doivent être classés et bénéficient d'un suivi dosimétrique individuel ;
- dans le cas contraire, le suivi individuel n'est pas obligatoire ;

Toutes les mesures de référence (individuelles ou individualisées) seront transmises à SISERI, les autres mesures ou évaluation seront tracées en interne par l'employeur.
L'atelier insiste sur l'importance de la mise en œuvre du principe ALARA quel que soit le niveau d'exposition.

8. Concernant les industries NORM, l'atelier considère que la mise en œuvre du suivi dosimétrique externe ne devrait pas soulever de difficulté ; *a contrario,* le suivi des expositions internes nécessitera un accompagnement de l'ensemble des acteurs concernés. En outre, le groupe de travail recommande que les entreprises de ce secteur disposent d'une PCR de niveau 2.

9. L'atelier 1 recommande de veiller à l'application intégrale de la règlementation par tous les acteurs concernés, en ce qui concerne l'exposition aux rayonnements naturels comme dans l'ensemble des applications industrielles et médicales des rayonnements ionisants. Il souligne le rôle crucial des inspections pour une mise en œuvre de la règlementation, par tous les acteurs de terrain, qui soit équitable, uniforme, mais respectueuse de la gradation des risques.



1 ARTICULATION ENTRE LE PRINCIPE DE « JUSTIFICATION » PORTÉ PAR LE CODE DE LA SANTÉ PUBLIQUE ET CELUI DE « SUBSTITUTION » PORTÉ PAR LE CODE DU TRAVAIL

De par sa genèse, le droit européen en matière de radioprotection est atypique, car il est issu de recommandations internationales (CIPR[2]) et élaboré d'une manière spécifique et autonome dans le cadre du traité EURATOM. Il s'organise autour de trois principes fondamentaux de gestion des risques liés aux rayonnements ionisants, dits principes de radioprotection qui sont, en France, portés par le code de la santé publique (Art. L. 1333-1).

1.1 LES PRINCIPES DE LA RADIOPROTECTION (JUSTIFICATION, OPTIMISATION ET LIMITATION) DANS LE CODE DE LA SANTÉ PUBLIQUE

L'article L. 1333-1 du code de la santé publique dispose :

« Les activités comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants et ci-après dénommées activités nucléaires, […], doivent satisfaire aux principes suivants :

1° Une activité nucléaire ou une intervention ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels elle est susceptible de soumettre les personnes ;

2° L'exposition des personnes aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ou interventions doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché ;

3° L'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou de recherche biomédicale. »

Concernant les travailleurs, il convient dès lors de s'interroger sur l'articulation de ces principes de radioprotection avec les principes généraux de prévention portés par le code du travail (Art. L. 4121-2), que l'employeur doit mettre en œuvre pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs.

Les principes de radioprotection dits de justification, d'optimisation et de limitation sont-ils plus protecteurs pour les travailleurs que les principes généraux de prévention déployés par l'employeur pour tous les autres risques, se substituent-ils à ces principes généraux ou les complètent-ils ?

Il faut rappeler que le concept d'employeur utilisé dans le droit français correspond logiquement à celui d'entreprise repris dans la directive. C'est ce qui ressort de la lecture du considérant n° 8 de la directive 2013/59/Euratom qui précise la notion « d'entreprise » retenue dans la directive au regard du droit commun : *« La définition du terme "entreprise" aux fins de la présente directive et son utilisation dans le cadre de la protection sanitaire des travailleurs contre les rayonnements ionisants sont sans préjudice des systèmes juridiques et de*

2 Commission internationale de protection radiologique



l'attribution de responsabilités à l'employeur en vertu de la législation nationale transposant la directive 89/391/CEE du Conseil [3]*)* ».

1.2 LE PRINCIPE DE JUSTIFICATION AU NIVEAU INTERNATIONAL

La CIPR définit le principe de justification comme un processus qui consiste à déterminer si une activité planifiée impliquant des rayonnements ionisants est généralement bénéfique, à savoir si les bénéfices pour les individus et la société en rapport avec l'introduction ou la continuation de l'activité dépassent le préjudice issu de l'activité (comprenant le détriment causé par les rayonnements ionisants).

Les conséquences à considérer ne se restreignent pas à celles associées aux rayonnements ionisants. Elles incluent d'autres risques ainsi que les coûts et avantages de l'activité. La justification va donc au-delà du champ de la protection radiologique. C'est pour ces raisons que la CIPR recommande de faire en sorte que la justification repose sur un bénéfice net positif. Pour exemple, la production d'énergie nucléaire a été jugée comme une activité justifiée par l'État au regard de l'indépendance énergétique qu'elle procure à la France, de son coût de production inférieur aux énergies fossiles et de l'impact modéré qu'elle a sur l'homme et l'environnement.

Au sens de la CIPR, qui fonde le droit international et européen, le principe de justification d'une pratique a vocation à s'appliquer au niveau collectif.

1.3 LE PRINCIPE DE JUSTIFICATION DANS LE DROIT FRANÇAIS

L'article L. 1333-1 du code de la santé publique dispose qu'une activité comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants (activité nucléaire), ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels elle est susceptible de soumettre les personnes.

Au nom de ce principe, le code de la santé publique prévoit que certaines activités ainsi que certains procédés, dispositifs ou substances exposant des personnes à des rayonnements ionisants peuvent être interdits, en raison du peu d'avantages qu'ils procurent ou de l'importance de leur effet nocif (Art. L. 1333-11 interdiction d'utiliser les rayonnements ionisants sur le corps humain à d'autres fins que diagnostique, de traitement ou de recherches biomédicales).

Cette appréciation des pouvoirs publics peut être révisée dans le temps au regard d'informations issues du retour d'expérience ou lorsque de nouvelles technologies deviennent disponibles. Ainsi, l'usage de sources radioactives dans les détecteurs ioniques de fumée (DFCI) étant désormais jugé comme n'étant plus justifié, les pouvoirs publics en ont organisé le retrait progressif par l'arrêté du 18 novembre 2011.

3 Directive 89/391/CEE du Conseil, du 12 juin 1989, concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail (JO L 183 du 29.6.1989, p. 1).



Il peut être retenu qu'en application du principe de justification, l'État définit les activités nucléaires pouvant ou non être entreprises ou exercées en France puis le régime administratif auquel elles seront assujetties (L. 1333-4 – exemption, déclaration ou autorisation).

Dès lors qu'une activité nucléaire a été jugée par l'État comme justifiée, il appartient à la personne morale ou physique qui veut la mettre en œuvre de déployer tous les moyens nécessaires pour assurer la santé et la sécurité des personnes. Dans le cas où l'activité nucléaire est assujettie au régime d'autorisation, l'ASN évaluera la pertinence de ces moyens dans le cadre de l'instruction du dossier.

Cette procédure d'autorisation administrative auprès de l'ASN constitue une démarche individuelle de la personne morale ou physique pour mettre en œuvre une activité nucléaire justifiée au niveau collectif, sans préjudice des actions que cette personne devra conduire au titre du code du travail pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs.

1.4 L'ARTICULATION DES PRINCIPES DE RADIOPROTECTION ET DES PRINCIPES GÉNÉRAUX DE PRÉVENTION DU CODE DU TRAVAIL.

1.4.1 DÉCLINAISON DU PRINCIPE DE JUSTIFICATION DANS LE CODE DU TRAVAIL

Au-delà de cette dimension collective du principe de justification portée par le code de la santé publique, le code du travail élargit la portée de ce principe à l'exposition des travailleurs par l'article L. 4451-1 qui précise que *« Les règles de prévention des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, y compris les travailleurs indépendants et les employeurs, exposés aux rayonnements ionisants sont fixées dans le respect des principes généraux de radioprotection des personnes énoncés à l'article L. 1333-1 du code de la santé publique et des obligations prévues à l'article L. 1333-10 du même code.* »

Cette démarche de justification de l'activité nucléaire s'articule avec la mise en œuvre des principes généraux de prévention déclinés par l'employeur vis-à-vis des autres risques professionnels, qui vise à *« Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux »*.

L'article L. 4121-2 du code du travail décline :
L'employeur met en œuvre les mesures prévues à l'article L. 4121-1 sur le fondement des principes généraux de prévention suivants :
1° Éviter les risques ;
2° Évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités ;
3° Combattre les risques à la source ;
4° Adapter le travail à l'homme, en particulier en ce qui concerne la conception des postes de travail ainsi que le choix des équipements de travail et des méthodes de travail et de production, en vue notamment de limiter le travail monotone et le travail cadencé et de réduire les effets de ceux-ci sur la santé ;
5° Tenir compte de l'état d'évolution de la technique ;
6° Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux ;



7° Planifier la prévention en y intégrant, dans un ensemble cohérent, la technique, l'organisation du travail, les conditions de travail, les relations sociales et l'influence des facteurs ambiants, notamment les risques liés au harcèlement moral et au harcèlement sexuel, tels qu'ils sont définis aux articles L. 1152-1 et L. 1153-1 ;
8° Prendre des mesures de protection collective en leur donnant la priorité sur les mesures de protection individuelle ;
9° Donner les instructions appropriées aux travailleurs.

En conclusion, l'atelier retient que, compte tenu de l'articulation juridique du code du travail avec le code de la santé publique (L. 4451-1 et L. 1333-1), la mise en œuvre du principe de justification des activités nucléaires prend en compte l'exposition des travailleurs.
L'exposition du travailleur dans le cadre d'une activité nucléaire justifiée est subordonnée à la mise en œuvre des principes généraux du Code de Travail.

1.4.2 DÉCLINAISON DES PRINCIPES D'OPTIMISATION ET DE LIMITATION DANS LE CODE DU TRAVAIL.

Le groupe de travail constate qu'il n'y a pas de difficulté d'articulation entre le code de la santé publique et le code du travail pour ce qui concerne le principe de justification des activités nucléaires, il observe que les principes de limitation et d'optimisation sont respectivement déclinés aux articles R. 4451-10 et R. 4451-11 du code du travail. Le groupe constate que l'appropriation par les employeurs de ces principes ne semble pas soulever de difficultés et qu'ils s'articulent pleinement avec les principes généraux de prévention, sans pour autant s'y substituer. Les deux codes sont complémentaires.

2 DÉFINITION DE LA DOSE.

Les questions initialement posées lors du séminaire du 26 septembre 2013 (cf. objectif 2) ont été redéfinies par l'atelier 1 et déclinées en deux sous-questions :

- La dose efficace est-elle un indicateur suffisant dans toutes les situations ?
- Faut-il introduire d'autres valeurs comme la dose équivalente à l'organe ?

Dans la mesure où l'exposition du travailleur se situe dans le domaine des faibles doses - ce que confirment les enregistrements repris dans SISERI – il faut retenir que la dose efficace reste, en général, un indicateur de risque suffisant. Dans ce cas-là, la surveillance adaptée consiste en une dosimétrie « corps entier » à l'aide d'un dosimètre porté à la poitrine. Néanmoins, la dose efficace n'est pas un indicateur de risque suffisant dans tous les cas.
En effet, en fonction de la configuration de l'exposition le travailleur peut avoir certaines parties du corps davantage exposées, du fait d'une plus grande proximité à la source et/ou de l'énergie des rayonnements. Dans ces cas, l'évaluation de la dose efficace - qui représente le risque à l'organisme entier - peut ne pas être suffisante et doit être complétée par une évaluation de la dose reçue à ces parties du corps davantage exposées.



En pratique, la réglementation a retenu trois parties du corps : la peau, le cristallin (compte tenu que ce sont des tissus localisés en surface du corps) et les « extrémités » (mains/pieds), mais ceci uniquement pour ce qui concerne les risques déterministes [4].

A noter que le travailleur ne doit pas être systématiquement doté d'un dosimètre « corps entier », en cas par exemple d'exposition localisée ou de rayonnements de faible énergie. Également, en cas d'exposition interne à certains radionucléides, le meilleur indicateur n'est pas la dose efficace, mais la dose équivalente à l'organe (exemple : la thyroïde pour l'iode 131).

La nécessité de mettre en place une dosimétrie adaptée à la situation d'exposition doit être évaluée lors de l'analyse de risque au poste de travail (« étude de poste »). Certains critères peuvent être considérés utilement dans ce cadre :

- Le caractère pénétrant ou non des rayonnements ;
- le port d'équipements de protection individuelle (tablier de plomb, cache-thyroïde…) ;
- la proximité de telle ou telle partie du corps par rapport à la source de rayonnements.

3 CARACTÈRE HOMOGÈNE DU SUIVI

3.1 LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE COMPREND DEUX ASPECTS

1. Le suivi dosimétrique de référence (dosimétrie passive pour la dosimétrie externe, anthroporadiométrie et radiotoxicologie pour la dosimétrie interne, dosimètre spécifique pour le radon), en relation avec la délimitation des zones réglementées, est actuellement mis en œuvre de manière uniforme pour les travailleurs classés en catégorie A et B. La seule différence entre ces deux catégories réside dans la période de port du dosimètre passif (mensuel en catégorie A, et *a minima* trimestriel en catégorie B). Pour ces deux catégories, le choix et la mise en place du suivi de l'exposition ne posent pas de problème.
2. La surveillance radiologique des locaux et les contrôles de contamination des travailleurs.

Si la surveillance radiologique des travailleurs en catégorie A ou B ne soulève pas de difficulté, celle des travailleurs soumis à un risque d'exposition, mais dont les doses sont en-dessous des seuils d'enregistrement, interroge. Une surveillance individuelle basée sur des mesures d'ambiance au poste de travail ou une dosimétrie opérationnelle (électronique) peut-elle être envisagée en lieu et place de la dosimétrie passive ? Il est constaté que, dans certains établissements, la surveillance de ces travailleurs non classés A ou B est basée sur la dosimétrie d'ambiance (étudiants de l'école dentaire, brancardiers, …).

Cependant, les mesures d'ambiance sont-elles toujours représentatives de l'exposition individuelle ? Suffisent-elles à démontrer qu'un travailleur n'a pas été exposé ?

Par ailleurs, les membres de l'atelier 1 se posent la question de la complexification dans la mise en œuvre de la réglementation qui pourrait résulter d'une telle évolution.

4 Pour le cristallin, l'approche antérieure de la CIPR visait exclusivement les effets déterministes, c'est-à-dire des effets à seuil. L'existence de ce seuil est actuellement rediscutée.



3.2. OBJECTIFS DES DIFFÉRENTS TYPES DE DOSIMÉTRIE

Il est rappelé que dans le cadre des travaux de transposition de la directive 96/29/Euratom, un précédent groupe de travail s'était déjà posé les questions suivantes : comment s'assurer du respect des valeurs limites réglementaires, comment mettre en œuvre l'optimisation, enfin comment gérer les situations accidentelles ?
Les réflexions avaient abouti à favoriser la dosimétrie individuelle.
A cette occasion, les différents acteurs intéressés par la connaissance de l'exposition avaient été identifiés (autorités, employeurs, médecins du travail, PCR épidémiologistes, travailleurs…). Les conclusions de ce groupe avaient fait l'objet d'un rapport au ministère chargé de la santé, dont le sujet a été repris dans un numéro de la revue Radioprotection (1998 volume 33, n°4 pp 405-433).

- La dosimétrie passive a pour première fonction de vérifier le respect des limites d'exposition. Elle permet de quantifier de manière indépendante de l'employeur la dose reçue par le travailleur et joue un rôle d'alerte a posteriori. En cas de besoin, elle peut apporter un complément d'information sur l'exposition par le biais de l'analyse du dosimètre. De plus, ses performances ne sont pas affectées par le débit de dose. C'est la dosimétrie de référence et les dosimètres passifs sont, en général, réputés plus fiables que les autres dosimètres.

- La dosimétrie opérationnelle a deux fonctions : l'alerte et le suivi de la démarche d'optimisation grâce à la connaissance de la dose en temps réel et son enregistrement en continu. Contrairement au dosimètre passif, la mesure par le dosimètre opérationnel peut être affectée par le débit de dose ou des perturbations électromagnétiques. Un des avantages de la dosimétrie opérationnelle est que le travailleur maitrise en temps réel le suivi de son exposition et en conséquence il devient acteur de sa radioprotection.

- La surveillance dosimétrique interne a pour objectifs de rechercher une contamination et le cas échéant, si les conditions le permettent, d'évaluer la dose engagée. Les mesures de référence sont l'anthroporadiométrie et la radiotoxicologie. En complément, dans certains secteurs on utilise des techniques simples comme celle du drapeau [5] qui a un rôle d'alerte qualitative. Le rôle d'alerte est également rempli par les mesures d'ambiance et les contrôles de sortie de zone (contrôleurs de contamination mains-pieds).

- Le suivi dosimétrique des personnels navigants est assuré par des calculs et non des mesures (système SIEVERT). L'acceptation de cette méthode par les travailleurs a nécessité la mise en place d'une politique d'explication au sein des entreprises concernées.

- Les modalités de suivi pour le radon sont déclinées dans l'arrêté du 17 juillet 2013. Elles n'appellent pas pour l'heure de remarque particulière.

5 Technique du drapeau : comptage de prélèvement nasal sur mouchoir ou coton-tige



3.3 INTÉRÊT DE LA DOSIMÉTRIE

Grâce aux efforts passés, les doses ont régulièrement diminué dans tous les secteurs d'activité et le nombre de dépassements des limites a été fortement réduit. La dosimétrie est alors devenue un moyen de vérifier qu'en situation normale de travail tous les moyens de protection collective sont efficaces.

Des questions peuvent se poser selon l'enjeu radiologique:

- Pour les activités à faible enjeu radiologique, quel est l'intérêt de suivre des doses « nulles » ? Dans ce cas la dosimétrie garde un rôle de surveillance et d'alerte, mais n'a pas de rôle dans l'optimisation.
- Pour les activités à enjeu radiologique, le suivi radiologique doit-il être différencié suivant les catégories de travailleurs ? L'accès à des zones réglementées est-il le seul critère valable ?

Après réflexion, le critère d'accès en zone réglementée ne semble pas toujours suffisant.

Il est mis l'accent sur le fait que le code du travail fixe des objectifs. L'employeur a la responsabilité de mettre en place tout moyen adapté pour les atteindre, en s'appuyant sur les différents acteurs de l'entreprise (travailleur, SST [6], PCR, CHSCT ou délégués du personnel, chargés de prévention).
Faut-il maintenir la coexistence des deux dosimétries pour un même travailleur (passive et opérationnelle) ? L'atelier 1 rappelle que la dosimétrie opérationnelle est un outil indispensable à l'optimisation et permet une connaissance de la dose en temps réel et qu'il est favorable au maintien des deux dosimétries dans les zones à enjeu radiologique (zones contrôlées).

On peut envisager que suivant l'enjeu une dosimétrie individuelle ou d'ambiance soit utilisée.

3.4 PÉRIODICITÉ DU SUIVI

Actuellement le suivi dosimétrique passif externe est, soit mensuel, soit trimestriel. Doit-on changer la périodicité du suivi ? Lorsque l'étude de poste met en évidence une faible exposition potentielle (< 1 mSv), Il a été évoqué le port annuel du dosimètre comme aux USA. L'attention est attirée sur le fait que des expériences antérieures montrent qu'une augmentation de la durée de port des dosimètres peut augmenter les pertes de dosimètre (notamment au-delà de 3 mois).

Une autre proposition est de permettre des périodicités différentes pour les dosimètres (corps entier/extrémité/…) dans le cas d'exposition inhomogène. Pour illustration, des travailleurs classés en catégorie B pourront être reclassés en catégorie A du fait de l'abaissement de la limite pour le cristallin ; le maintien d'une périodicité trimestrielle pour la dosimétrie corps entier apparait pertinente.

En ce qui concerne la dosimétrie interne, l'atelier 1 ne voit aucune raison de modifier les dispositions actuelles. Le type de suivi et la périodicité restent à l'appréciation du médecin du travail, s'appuyant sur l'évaluation des risques réalisée en collaboration avec la PCR et le préventeur.

6 Service de santé au travail



3.5 CAS DES TRAVAILLEURS À EMPLOYEURS MULTIPLES

Chaque employeur ayant la responsabilité de la dosimétrie passive des travailleurs, cela conduit à doter le travailleur d'autant de dosimètres passifs qu'il a d'employeurs, ce qui réduit *in fine* la sensibilité de détection de la dose cumulée. Dans ce cas, l'atelier 1 propose que le travailleur soit muni d'un dosimètre qui permet l'intégration de toutes les doses reçues chez les différents employeurs.

Par exemple, le port d'un seul dosimètre passif (assurant la sensibilité de la dose reçue) pourrait être une solution dès lors qu'une dosimétrie opérationnelle présente sur les différents lieux de travail permet l'affectation de la dose sur un lieu donné. Attention cependant au problème d'imputabilité de la dose en cas de dépassement d'une limite réglementaire.

3.6 ASPECTS PSYCHO-SOCIAUX

L'organisation du suivi radiologique pour l'exposition externe fixée par la réglementation actuelle est perçue comme satisfaisante par les travailleurs de catégorie A et B. Le port du dosimètre individuel est sécurisant pour les travailleurs ; il apparaît que la modification de classement des travailleurs est souvent mal perçue, que ce soit un passage de la catégorie A à B ou l'inverse ou un déclassement à poste équivalent.

Il convient donc de tenir compte des aspects psycho-sociaux avant tout changement de situation, notamment en accompagnant et expliquant ce changement auprès des instances représentatives et des travailleurs concernés.

En ce qui concerne l'exposition interne, à dose égale, celle-ci est perçue comme plus grave par le travailleur et donc plus traumatisante.

Il convient de prendre en compte et de développer tous les aspects du suivi dosimétrique interne et externe dans le cadre de la formation à la sécurité au poste de travail.

4 LES CRITÈRES D'ENTRÉE DANS LE SYSTÈME DE SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE.

En conclusion de ses travaux, l'atelier 1 retient que le système actuel de classification des travailleurs en catégories A et B prévu par le code du travail satisfait globalement les acteurs de la radioprotection, mais laisse néanmoins apparaître des faiblesses vis-à-vis de certaines situations de travail, notamment lors d'interventions occasionnelles en zones réglementées.

La doctrine établie par l'atelier 1 vise, sans remettre en cause le principe de catégorisation actuel issu de la directive 96/29/Euratom et repris par la nouvelle directive 2013/59/Euratom, à compléter ce dispositif afin d'améliorer la prise en compte de l'exposition des travailleurs qui sont soumis à un risque dû aux rayonnements ionisants, sans pour autant, d'après les résultats de l'étude de poste, être susceptible de dépasser 1 mSv par an.



L'atelier 1 remarque également que si le dispositif de classification des zones est clairement inscrit dans la démarche de la publication n°103 de la CIPR, l'évolution des pratiques de radioprotection au cours des dernières décennies, qui a permis un abaissement significatif du niveau d'exposition des travailleurs, peut conduire à se réinterroger sur les critères de classification des travailleurs utilisés jusqu'à présent : 6 mSv/an pour la catégorie A et 1 mSv/an pour la catégorie B. L'examen des doses centralisées dans le système SISERI semble montrer que ces chiffres ne sont plus nécessairement les seuls critères pertinents pour distinguer les niveaux d'exposition.

4.1 ÉVOLUTION PROPOSÉE

Sur le fondement de ces constats et des échanges nourris des membres de l'atelier 1, il se dégage des propositions d'évolution des pratiques de gestion du risque radiologique au sein de l'entreprise en s'appuyant sur une définition plus large de la notion « d'exposition » du travailleur qui complète celle fixée par la directive 2013/59/Euratom.

Dans le cadre de l'élaboration de cette proposition, l'atelier 1 s'est attaché à ce que ces évolutions :

- contribuent à un meilleur suivi radiologique de la population des travailleurs dont le niveau d'exposition est inférieur à 1 mSv par an ou 1/10 de l'une des valeurs limites de doses équivalentes,
- n'altèrent pas celui des travailleurs dont le niveau d'exposition est susceptible de dépasser les valeurs précitées,
- garantissent une robustesse juridique au dispositif réglementaire mis en œuvre, tant pour les employeurs que pour les travailleurs,
- ne déstabilisent pas l'organisation actuelle des entreprises en matière de surveillance radiologique des travailleurs,
- n'engendrent pas ou le moins possible de coûts supplémentaires pour l'entreprise,
- conduisent à la mise en place d'un dispositif que les entreprises pourront aisément s'approprier, quelle que soit leur taille.

En outre, rappelons que près de 95 % des travailleurs répertoriés dans SISERI reçoivent des doses inférieures ou proches de 1 mSv par an.

L'organisation adoptée par l'entreprise pour la surveillance radiologique des travailleurs doit rester en cohérence avec celle retenue pour la délimitation des zones réglementées.

4.2 DÉFINITIONS

Deux notions d'exposition différentes ont été introduites dans le code du travail :

- la notion de « **travailleur exposé à un risque** dû aux rayonnements ionisants » retenue à l'article R. 4451-1 du code du travail pour définir le champ d'application des dispositions réglementaires concernant les rayonnements ionisants et inspirée de la CIPR – rappelée précédemment -,



- la notion de « **travailleur exposé** » retenue à l'article R. 4451-46 du code du travail, au sens de la directive, qui identifie la population de travailleurs devant bénéficier de mesures de protection renforcées (suivi radiologique et médical). Il s'agit là des travailleurs susceptibles de recevoir dans les conditions habituelles de travail une dose efficace ou équivalente supérieure à l'une des limites de dose fixées à l'article R. 1333-08 du code de la santé publique [7].

Afin d'éviter toute confusion entre ces deux notions qui visent deux situations d'exposition différentes et qui constituent le socle de la doctrine proposée, il a été retenu de remplacer dans la première définition la notion d'« exposé » par celle de « soumis » et de conserver en l'état la seconde définition afin de ne pas s'écarter de l'écriture de la directive 2013/59/Euratom.

Aussi, une définition cohérente à celle retenue pour les autres classes de risque et donnant du sens à une pratique professionnelle, est ainsi proposée :

Un travailleur est considéré comme « **soumis à un risque dû aux rayonnements ionisants** » dès lors qu'il :

- entre en zone réglementée du fait de son activité ;

ou

- met en œuvre une source de rayonnements ionisants [8] ;

ou

- intervient dans des situations d'urgence radiologique ou post-accidentelle telles que définies par le code de la santé publique ;

ou

- est exposé à une concentration de radon supérieure au niveau de référence ;

ou

- est exposé à des rayonnements cosmiques à bord d'aéronefs.

4.3 MODALITÉS D'ORGANISATION DU SUIVI RADIOLOGIQUE

Avant de décliner cette proposition, il convient de préciser un concept introduit par l'articulation retenue entre le code du travail et le code de la santé publique. Certains pensent qu'il prête à confusion du fait que la valeur numérique est la même entre la valeur limite pour une personne du public et la VDA, Valeur d'exposition Déclenchant une Action de prévention renforcée, (formation, information, surveillance….) dans une approche graduée du risque.

Il convient de souligner que dans le cas des rayonnements ionisants, ces valeurs d'exposition déclenchant une action n'ont pas été définies seulement pour l'organisme entier mais également pour certains organes. L'atelier 1 suggère de se rapprocher des valeurs limites d'exposition pour le public indiquées dans le tableau suivant.

7 Selon les modalités fixées par la circulaire DGT/ASN n° 4 du 21 avril 2010
8 Y compris les sources naturelles non utilisées pour leurs propriétés radioactives



Type de dose	Limite d'exposition pour le public sur 12 mois consécutifs
doses efficaces reçues par exposition externe et interne	1 mSv
doses équivalentes pour les mains, les avant-bras, les pieds et les chevilles	non définie
doses équivalentes pour la peau	50 mSv pour le cm^2 le plus exposé
doses équivalentes pour le cristallin	15 mSv

Force est de constater que l'articulation des codes a conduit à introduire une lacune dans le dispositif pour ce qui concerne les doses équivalentes aux extrémités pour lesquelles il n'est pas défini de seuil de classement en catégorie B.

4.4 MISE EN ŒUVRE

Cela implique que :

- dès lors que le travailleur entre régulièrement (notion devant être précisée) en zone réglementée ou, en fonction de l'analyse de poste, qu'il est susceptible de dépasser une VDA, doivent être déclinées les dispositions règlementaires prévues par le code du travail pour les catégories A et B (R. 4451-44 et suivants). Ces travailleurs bénéficient entre autre, d'une dosimétrie de référence (assurée par un organisme agréé ou l'IRSN) et d'une surveillance médicale renforcée.
- dans le cas contraire, en deçà de la VDA, l'employeur met en œuvre les dispositions de prévention de droit commun (évaluation du risque, formation adaptée au poste de travail, suivi médical adapté,…) et définit un programme radioprotection précisant les modalités de surveillance et/ou de suivi radiologique. Cette surveillance ou suivi est organisé(e) par l'employeur, à l'aide des moyens de dosimétrie individuelle ou l'exposition est estimée d'après une dosimétrie collective ou d'ambiance ou encore issue d'un calcul, et adapté(e) à l'activité professionnelle.

Cette organisation doit permettre à l'employeur de tracer individuellement l'évaluation de l'exposition au sein de l'entreprise. Les résultats dosimétriques peuvent être conservés sur SISERI, à condition que le système de dosimétrie soit fourni par un organisme agréé ou par l'IRSN. Par ailleurs, l'employeur tient à jour et déclare au moins annuellement à l'IRSN la liste des travailleurs soumis à un risque dû aux rayonnements ionisants, mais non classés.

La question se pose sur la nécessité de transfert des résultats des dosimètres opérationnels à SISERI.

Nota : L'atelier 1 attire l'attention sur l'application de ce dispositif aux travailleurs aux contrats à durée déterminée et à durée de chantier (CDD et CDI chantier).

L'entrée dans le tableau suivant est subordonnée à l'analyse de risque qui est systématiquement mise en œuvre par l'employeur dès lors que le travailleur est soumis à un risque dû aux rayonnements ionisants. Ce travailleur bénéficie à ce titre d'une fiche d'exposition ou équivalent qui définit *a priori*, les risques radiologiques auxquels il est susceptible d'être exposé.



SCHÉMA N°1 – ORGANISATION DU SUIVI RADIOLOGIQUE ET TRAÇABILITÉ

Classement	Formation	Surveillance radiologique des travailleurs	Surveillance médicale	Certificat d'aptitude médicale	Fiche d'exposition	Attestation d'exposition permettant un suivi post-professionnel (code de la sécurité sociale)	Conservation des données dosimétriques individuelles [9]	Reconnaissance tableau 6 des MP et système de réparation
A	Spécifique « approfondie »	Suivi dosimétrique individuel et mensuel	Oui, SMR[10] a minima annuelle	Avant la prise de poste	Oui	Oui	SISERI	Oui
B	Spécifique « approfondie »	Suivi dosimétrique individuel, minima Trimestriel	Oui, SMR, selon une périodicité adaptée	Avant la prise de poste	Oui	Oui	SISERI	Oui
soumis au risque RI	Formation au risque RI dans le cadre de la formation au poste de travail	Pas nécessairement individuel	Oui, standard mais pas SMR	Avant la fin de la période d'essais	Oui	NON sauf en cas d'exposition anormale	SISERI si OAD [11] sinon traçabilité locale	NON sauf en cas d'exposition anormale

Les mesures de radioprotection dont bénéficient les travailleurs doivent être déclinées en fonction du niveau de risque identifié par l'évaluation des risques : espacement et ampleur des visites médicales, durée d'exposition des dosimètres et type de dosimétrie, contenu de la formation notamment doivent tenir compte du niveau de risque identifié par l'étude de poste.

Cet aménagement se justifie pour encadrer dans le dispositif réglementaire l'ensemble de la radioprotection et la rapprocher des autres dispositions de protection contre les risques au travail.

4.5 QUELQUES EXEMPLES ILLUSTRANT LA DOCTRINE

1. Cas d'un travailleur exerçant régulièrement dans une zone réglementée au sens de la proposition du GT zonage : le travailleur est classé B ou A, en fonction du niveau de dose et du risque évalué par l'employeur (chirurgie, radiologie interventionnelle, radiologie industrielle, intervention en bâtiment réacteur,…) ;
2. Cas d'un travailleur entrant occasionnellement en zones réglementées ou mettant en œuvre une source de rayonnements ionisants de très faible activité en zone non réglementée: le travailleur est dit soumis à un risque RI, mais n'est pas classé et bénéficie des mesures de protection indiquées dans la dernière ligne du tableau précédent (visiteur, brancardier, …) ;
3. Cas d'un travailleur exerçant son activité principale derrière des protections collectives conduisant à une dose annuelle largement inférieure à 1 mSv, mais dont l'intervention ou la présence à proximité de la source de rayonnements peut conduire à un dépassement de l'une des VDA : le travailleur est classé en catégorie B (MERM[12] en radiologie conventionnelle ou en radiothérapie, …).

9 Indépendamment des enregistrements déjà effectués dans le dossier médical
10 SMR : surveillance médicale renforcée
11 Organisme Agréé de Dosimétrie
12 Manipulateur en Electro-Radiologie Médicale



4. Cas d'une personne effectuant une visite, par exemple dans le cadre de la découverte d'une entreprise ou d'un journaliste effectuant un reportage photo [13] : le travailleur n'est pas considéré comme soumis à un risque dû aux RI. Par conséquent, il n'y a pas de déclaration SISERI, pas de suivi médical, etc...

5 SITUATIONS D'EXPOSITION À LA RADIOACTIVITÉ NATURELLE

Les matières contenant des radionucléides naturels, le radon et le rayonnement cosmique peuvent conduire à des expositions professionnelles. Celles-ci sont actuellement prises en compte dans la réglementation française (art. 4451-131 à 144 du code du travail).

5.1 LES NORM

L'emploi ou le stockage de matières contenant des radionucléides naturels (NORM, Naturally occurring radioactive materials) soumet les travailleurs à un risque d'exposition selon trois voies possibles :

- une exposition externe ;
- une exposition interne liée aux poussières (contenant des radionucléides à vie longue) pouvant être inhalées ;
- une exposition interne au radon et à ses descendants à vie courte.

La directive **2013/59/EURATOM du Conseil** du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants constitue la référence à laquelle il convient de confronter la réglementation en vigueur et la situation sur le terrain.
Une première comparaison entre les exigences de la réglementation en vigueur, qui peut être considérée globalement comme satisfaisante, et les objectifs de la nouvelle directive n'a pas montré de lacunes importantes dans le dispositif national qui devra néanmoins être adapté et mieux appliqué.
Au titre de la directive 2013/59/Euratom, l'exposition aux NORM doit être abordée dans tous les cas comme une situation d'exposition planifiée comme les autres pratiques (= activités nucléaires dans la réglementation française).
Les informations reçues lors des auditions ont convaincu les participants de l'atelier 1 que les appareils et les méthodes de mesure actuellement disponibles permettent d'assurer un suivi de la contamination de l'atmosphère des lieux de travail comme celui de l'exposition des personnes et dès lors une dosimétrie performante des travailleurs exposés.
Néanmoins leur mise en œuvre requiert évidemment des compétences pointues. En effet, plusieurs paramètres peuvent influencer l'exposition comme les habitudes de travail, le comportement individuel. De ce fait, l'atelier recommande une PCR de niveau 2. L'empoussièrement est aussi un facteur déterminant de l'exposition interne qui résulte de l'inhalation des radionucléides émetteurs alpha à vie longue en suspension dans l'air. Cette problématique doit être pris en compte dans la formation de la PCR et de celle des médecins du travail.

13 L'entreprise visitée informera le visiteur et lui assurera l'absence de toute exposition ;



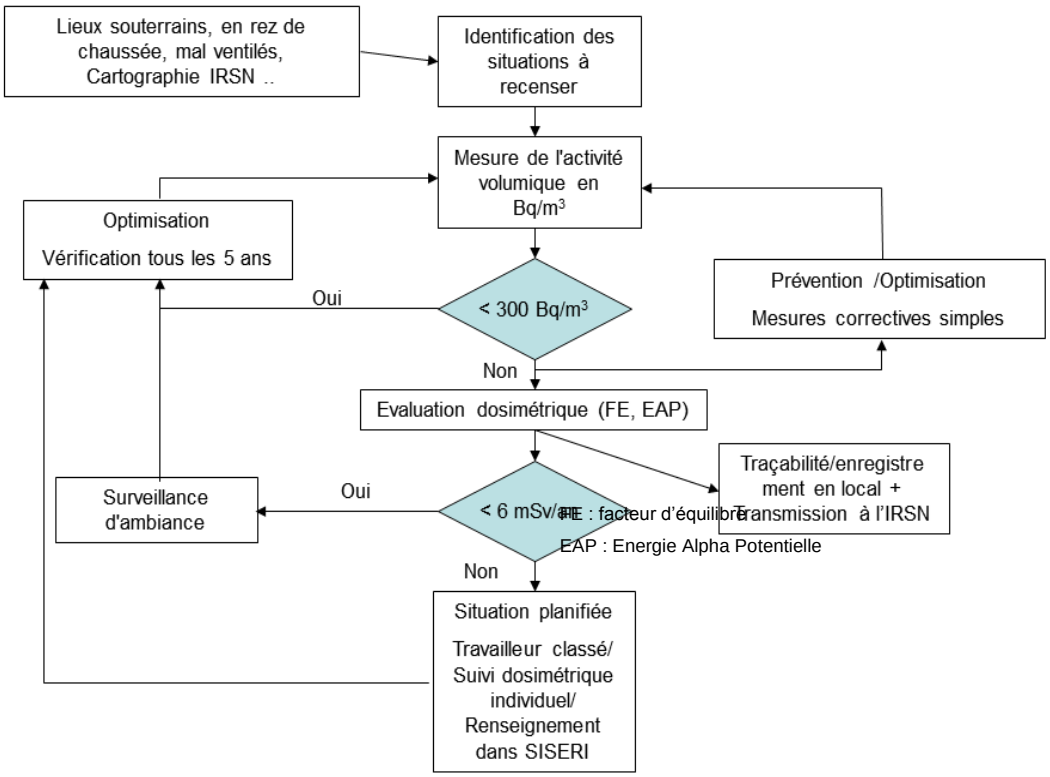
La liste des secteurs d'activité qui est proposée par la directive européenne est une liste indicative ; par conséquent, il appartiendra au législateur de bien cerner l'ensemble des activités susceptibles d'être concernées en France. Ainsi, la comparaison de la liste (16 secteurs industriels) de l'annexe VI de la directive avec les 10 catégories d'activité stipulées dans l'arrêté du 25 mai 2005 montre que la coïncidence n'est pas totale. En ayant en vue une transposition intégrale de cette directive, il conviendrait sans doute de compléter les activités visées dans cet arrêté en y ajoutant la production pétrolière et gazière, l'énergie géothermique, la production de ciment et la maintenance des fours.

5.2 LE RADON SUR LES LIEUX DE TRAVAIL

Selon la directive 2013/59/EURATOM, l'exposition au radon d'origine géologique doit être traitée comme une situation d'exposition existante en-dessous du seuil de 6 mSv/an et comme une situation d'exposition planifiée au-delà de ce seuil.

Les participants de l'atelier adhèrent à cette vision et proposent en conséquence un schéma de traitement comme suit :

SCHÉMA N°2 – LE RADON SUR LES LIEUX DE TRAVAIL



5.3 LES PERSONNELS NAVIGANTS

La réglementation actuelle (notamment depuis la publication de l'arrêté du 17 juillet 2013) ne paraît pas soulever de difficultés notables dans son application ou appeler des aménagements quelconques.
Le groupe de travail insiste cependant sur la nécessité d'une meilleure application par tous les acteurs concernés (toutes les compagnies aériennes ne transmettaient pas les évaluations dosimétriques à SISERI).
Le problème des « voyageurs fréquents » dans un cadre professionnel suscite quelques interrogations ; sans qu'une réelle préoccupation puisse être décelée, l'atelier 1 est néanmoins d'avis d'attirer l'attention des employeurs éventuels sachant que des alternatives (par exemple, les vidéoconférences) sont disponibles qui pourraient permettre d'éviter certains déplacements.
Parmi les « voyageurs fréquents », une catégorie particulière fait l'objet d'une réflexion au sein de la CIPR. Il s'agit de travailleurs exposés dans le cadre d'activités nucléaires (et donc disposant d'un suivi dosimétrique). Sachant que les doses qu'ils reçoivent lors de leur trajet en avion relèvent de leur activité professionnelle, il paraît surprenant de ne pas les cumuler avec celles enregistrées par leurs dosimètres afin de connaître leur exposition professionnelle globale (addition que SISERI peut faire sans difficulté).

L'atelier 1 estime cependant prématuré de formuler une recommandation explicite avant de disposer des réflexions engagées par la CIPR.
De façon générale l'exposition aux rayonnements naturels mérite d'être mieux connue de beaucoup d'acteurs concernés qui ne sont actuellement pas suffisamment informés.

5.4 CONCLUSIONS SUR CE CHAPITRE

Les participants ont tiré plusieurs conclusions :

- **D'une façon générale :**
  - tous les résultats de surveillance individuelle pour autant qu'ils soient issus d'un organisme agréé seront transmis à SISERI ;
  - la réglementation devrait prévoir que l'employeur soit tenu d'assurer la traçabilité des données qui ne sont pas transmises à SISERI.

- **Concernant le radon :**
  - la catégorisation des départements prioritaires pour la prise en compte du radon n'est plus d'actualité d'autant que l'IRSN a publié une nouvelle cartographie du potentiel d'exhalation des sols ;
  - il est suggéré d'utiliser une valeur prévisionnelle de la dose efficace de 6 mSv/an pour définir les mesures à prendre ;



- dans les lieux où cette dose prévisionnelle est inférieure à 6 mSv/an pour le radon, une approche plus flexible est possible qui inclut notamment une information et une formation des travailleurs concernés, une protection accrue des personnes sensibles (femmes enceintes), une organisation du travail appropriée et une surveillance dosimétrique adaptée (pas nécessairement individuelle) ;
- les participants insistent sur la mise en œuvre du principe ALARA quel que soit le niveau d'exposition sachant qu'au-dessus de 6 mSv/an, les prescriptions règlementaires doivent s'appliquer intégralement.

- **Concernant les NORM :**
  - L'industrie NORM devrait disposer d'une PCR de niveau 2.

6 COMMENT MIEUX ARTICULER LES RAYONNEMENTS IONISANTS DANS LE SYSTÈME GÉNÉRAL DE GESTION DES RISQUES ?

L'approche en prévention des risques professionnels (physiques, chimiques, …), telle qu'elle est encadrée par le code du travail, résulte principalement de la démarche initiée par la directive 89/391/CE du 12 juin 1989 déclinée en directives particulières. Elle concerne la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail. Cette directive édicte les règles fondatrices de la prévention en :

- établissant une démarche de prévention dont l'évaluation des risques professionnels est la pierre angulaire en matière de santé et de sécurité des travailleurs,
- visant à éliminer et à réduire les risques d'accidents du travail et de maladies professionnelles,
- plaçant l'employeur devant une obligation de sécurité formulée en termes de résultats à atteindre.

Les directives particulières quant à elles, reprennent et précisent dans leur domaine respectif les objectifs et la démarche de prévention tels que prévus par la directive cadre de 1989.

En France, le code du travail (intégrant les dispositions de la loi n°91-1414 du 31/12/1991 transposant la directive cadre) pose les 9 principes généraux de prévention (L.4121-2) qui guident la prévention de l'ensemble des risques (chimiques, physiques…). Pour chacun de ces risques, ces principes sont déclinés par le Code du Travail selon une structure sensiblement similaire.

C'est l'employeur, en tant que responsable, qui organise la mise en œuvre de la prévention des risques professionnels en lien avec les SST, le salarié compétent, la PCR…

Pour ce qui concerne les rayonnements ionisants, la radioprotection repose sur 3 principes (Justification, Optimisation et Limitation) édictés par la CIPR et qui sont repris dans les directives Euratom successives. En France ces principes sont introduits par le Code de la Santé Publique (L.1333-1).



L'introduction dans le Code du Travail du corpus réglementaire RI a conduit à lui donner la logique des 9 principes, en cohérence avec les autres risques, tout en conservant les principes historiques du Code de la Santé Publique. Cette introduction dans le Code du Travail ne doit pas simplement être un artifice mais doit correspondre à une réalité de terrain dans laquelle les RI sont partie intégrante.

- **Le code du travail : au-delà des règles, un langage commun !**

Recueil organisé de la plupart des textes législatifs et réglementaires applicables en matière de droit du travail, le code du travail, depuis la loi n° 2004-1343 du 9 décembre 2004 a fait l'objet d'une refonte tendant à le simplifier à droit constant.

Concernant la santé et la sécurité au travail, les dispositions du code constituent une grille de lecture basée notamment sur les 9 principes de prévention. Ainsi codifié, il facilite son appropriation par les acteurs de la prévention des risques et demeure le document qui leur permet de prendre en compte l'ensemble des risques professionnels dans une approche globale.

Les textes relatifs à la prévention des risques rayonnements ionisants ne doivent pas faire exception à ce schéma.

- **L'évaluation des risques : une obligation**

L'évaluation des risques constitue, non seulement une obligation, mais aussi un préalable à la mise en place d'une démarche et d'actions de prévention. Le document unique transcrit les résultats de cette évaluation des risques et préside à l'adoption d'un plan d'action à mettre en œuvre. Plus qu'un simple inventaire, ce document obligatoire est un outil essentiel pour lancer une démarche de prévention dans l'entreprise et la pérenniser. Ce document doit être mis à jour au minimum chaque année.

Le document unique est une obligation pour toutes les entreprises depuis 2001. Bien que les textes ne définissent pas son contenu, la circulaire n°6 DRT du 18/04/2002 précise qu'il doit favoriser une cohérence en regroupant sur un même support les données et les résultats issus des différentes analyses des risques menées sous la responsabilité de l'employeur. Le placer au cœur de la démarche de prévention dans l'entreprise en en faisant le lieu d'échange entre les acteurs de la prévention contribuera à une meilleure vision des risques pour permettre cette approche globale de prévention.

Les RI devant figurer dans le document unique, ils seront de fait intégrés aux discussions autour des risques et des actions de prévention à mettre en œuvre.



Les personnes compétentes : au cœur de la démarche…

Désigné par l'employeur afin de s'occuper des activités de protection et de prévention des risques professionnels (L 4644-1), le « salarié compétent » dispose de compétences transverses et est un des acteurs (selon la taille de l'établissement) de la mise en œuvre de la prévention en entreprise. Pour les risques nécessitant des connaissances plus spécifiques, il peut faire appel aux SST et notamment aux IPRP [14] en interne ou en externe.

En radioprotection, la PCR est désignée par l'employeur pour assurer les missions liées aux risques dus aux rayonnements ionisants. Spécialisée sur ce risque, elle mène sa mission parallèlement aux missions du salarié compétent. Cette situation contribue à isoler la prévention des RI de l'approche globale de prévention qui prévaut pour tous les autres risques. Le CHSCT, ou à défaut les DP, ainsi que les SST sont les interlocuteurs privilégiés de ces deux salariés (ou services).

A cette occasion l'atelier doit faire remarquer que le statut de la PCR comme son positionnement dans la structure de son entreprise fait l'objet d'un questionnement récurrent : une réflexion plus approfondie s'impose donc.

Une plus grande synergie avec les services de santé au travail et particulièrement les médecins du travail, les IPRP est un impératif qui contribuerait à une meilleure approche globale des risques.

EN SYNTHÈSE :

Si en pratique, une approche pluridisciplinaire des risques n'est pas toujours mise en œuvre, elle reste néanmoins un objectif réalisable si elle est organisée au sein d'une même unité / réseau interne regroupant l'ensemble des acteurs de la prévention dans l'entreprise. A l'heure où la démarche d'évaluation globale des risques peut conduire au rapprochement de tous les acteurs de la prévention, il importe, si on veut les aider dans leurs actions, de veiller à une meilleure intégration des personnes en charge des RI au sein des structures impliquées dans la prévention de tous les autres risques.

[14] Intervenants Prévention des Risques Professionnels.



RAPPORT DE L'ATELIER 2

EXPOSITION EXTERNE

Atelier 2

C. ROY

JM. BORDY	CEA
JF. BOTTOLLIER	IRSN
I. CLAIRAND	IRSN
G. DESMULLIEZ	CoRPAR
G. FERRY	EDF
L. FUSIL	CEA
J. GUERSEN	CoRPAR
T. LE GOUEFFLEC	APAVE
M. MILLION	LANDAUER
P. MOUGNARD	AREVA
I. PENNACINO	SPRA
P. ROINE	INSTN
T. VIAL	CEFRI

Administration

C. BARDELAY	ASN
J. CASABIELHE	DGT
N. MICHEL DIT-LABOELLE	MSNR



SOMMAIRE

SYNTHÈSE

RECOMMANDATIONS

1 INTRODUCTION

2 SITUATIONS D'EXPOSITION : PROBLÉMATIQUES ET SUGGESTIONS ÉMANANT DES SECTEURS D'ACTIVITÉ

Secteur médical / enseignement / recherche
Secteur vétérinaire
Secteur Installations Nucléaires de Base
Secteur industrie hors INB et recherche
Transport de substances radioactives

3 DOSIMÉTRIE : ÉTAT DE L'ART

Unités de mesure en radioprotection : dose équivalente, dose efficace, équivalent de dose
Normes : dosimétrie d'ambiance / dosimètre individuel
Types de dosimètres individuels
Comparaison entre dosimétrie opérationnelle / dosimétrie passive

4 PISTES D'AMÉLIORATION CONCEPTUELLES ET MÉTHODOLOGIQUES

Surveillance radiologique / suivi dosimétrique
Évaluation indirecte et facteurs de corrections

SCHÉMAS

SCHÉMA 1 Logigramme de suivi de la dose efficace première partie
SCHÉMA 2 Logigramme de suivi de la dose efficace deuxième partie
SCHÉMA 3 Logigramme de suivi de la dose équivalente extrémités cristallin
SCHÉMA 4 Le cycle du combustible nucléaire
SCHÉMA 5 Le système d'information de la radioprotection à EDF
SCHÉMA 6 Récapitulatif des grandeurs opérationnelles (équivalent de dose)
SCHÉMA 7 Normes internationales concernant les dosimètres individuels et d'ambiance
SCHÉMA 8 Méthode alternative pour l'estimation de la dose au cristallin



SYNTHÈSE

CE TRAVAIL réalisé avec des représentants de chaque domaine d'activité et les représentants des institutions, ASN – DGT - IRSN, a permis de confronter les différents points de vue, problématiques et pratiques professionnelles et de dégager des axes d'amélioration partagés. L'atelier 2 a travaillé en groupe miroir avec les autres ateliers.

LES DOMAINES CONCERNÉS par cette réflexion sont les domaines médical, vétérinaire (et la recherche associée), industrie nucléaire de base y compris les activités de défense, industrie/ recherche et transport.

LES RÉFLEXIONS ONT PORTÉ SUR LES AXES SUIVANTS :

Dresser un état des lieux avec le retour d'expérience des acteurs de terrain

1. Quelles sont les problématiques identifiées par les secteurs d'activité ?
2. Quelles sont les suggestions proposées par les secteurs concernés ?

Dresser un état de l'art de la dosimétrie

1. Quelles sont les unités de mesure en radioprotection ?
2. Quelles sont les normes encadrant la dosimétrie d'ambiance et la dosimétrie individuelle ?
3. Quels sont les types de dosimètres individuels à disposition ?
4. Comment résoudre les écarts entre dosimétrie passive et dosimétrie opérationnelle ?

Proposer des pistes d'amélioration méthodologiques et conceptuelles

1. Introduire deux concepts : la surveillance radiologique et le suivi dosimétrique.
2. Recourir à des évaluations indirectes afin d'évaluer une dose à un organe spécifique à partir d'un dosimètre déporté pour le suivi des extrémités ou du cristallin.

EN CONCLUSION, L'ATELIER A FORMULÉ 14 RECOMMANDATIONS regroupées selon 5 thèmes principaux :

- Conception des installations
- Formation / information
- Suivi médical
- Classification des lieux de travail / délimitation des zones réglementées
- Suivi de l'exposition

EN COMPLÉMENT, DES GUIDES SECTORIELS reconnus par les professionnels et reconnus, voire validés par les instances compétentes seraient utiles par domaine, voire secteur d'activité, notamment sous forme d'exemples pratiques pour la mise en œuvre de ces recommandations. Ces guides permettraient d'harmoniser la gestion de la prévention, de simplifier la mise en œuvre pour les professionnels et les modalités de suivi /contrôle pour les inspecteurs.



RECOMMANDATIONS

Pour établir ses recommandations le GT a estimé nécessaire :

- de tenir compte de l'hétérogénéité des caractéristiques des expositions et des situations d'exposition avec une approche graduée,
- d'intégrer le coût du système d'évaluation dosimétrique avec son impact financier dans les choix retenus,
- d'intégrer le système proposé à une démarche de gestion globale des risques,
- de tenir compte du critère sociétal : acceptabilité des travailleurs, confiance, fiabilité des résultats,
- de prendre en compte la migration croissante des professionnels à travers l'Europe voire le Monde et la nécessaire harmonisation des règles et des pratiques,
- d'intégrer les données jurisprudentielles,
- de définir des gardes fous, des contreparties, des critères d'exclusion.

Les recommandations ne peuvent reprendre l'ensemble des constats et suggestions révélées lors de l'état des lieux de terrain quant aux pratiques dosimétriques. Elles constituent la synthèse des réflexions, établie de façon consensuelle, qui pourraient permettre d'améliorer les aspects de la surveillance de l'exposition externe, tant sur la lisibilité des actions, que sur leur simplification, en veillant à ne pas diminuer le niveau de surveillance tout en l'allégeant chaque fois que possible et nécessaire.
Des guides sectoriels reconnus par les professionnels sont recommandés par domaine, voire secteur d'activité, notamment sous forme d'exemples pratiques pour la mise en œuvre de ces recommandations.

CONCEPTION DES INSTALLATIONS

1. Insister sur la conception rigoureuse des installations avec de bonnes pratiques sectorielles.
2. Privilégier l'utilisation d'équipements de protection collective afin de réduire au maximum l'exposition des parties du corps non protégées par les EPI.

FORMATION ET INFORMATION

3. Renforcer la formation / information des travailleurs aux risques liés aux rayonnements ionisants et l'intégrer à la formation initiale, notamment intégrer la radioprotection aux enseignements universitaires en matière médicale et vétérinaire.
4. En radiothérapie, introduire un délai d'entrée dans la salle après traitement pour tenir compte de l'exposition due à l'activation des matériaux / du patient avec les accélérateurs de haute énergie (en général quelques minutes).



SUIVI MÉDICAL

5. Renforcer la formation et l'information des médecins du travail hors installation nucléaire de base dans le domaine des risques liés aux rayonnements ionisants.
6. S'assurer de la mise en place effective du suivi médical des professions libérales et des travailleurs indépendants en adaptant si nécessaire le système existant.

CLASSIFICATION DES LIEUX DE TRAVAIL / DÉLIMITATION DES ZONES RÉGLEMENTÉES

7. Actualiser le zonage existant sur la base des recommandations du GT Zonage et des attendus de la directive EURATOM pour mettre en place une classification des lieux de travail / délimitation des zones réglementées adaptée afin d'éviter la « sous- ou sur-classification ».
8. Revenir à un système basé sur une délimitation des zones réglementées / analyse de risques pertinents avec la valeur annuelle de référence ou des valeurs opérationnelles sectorielles adaptées et dûment justifiées, une gradation des moyens d'évaluation et de mesure en fonction des enjeux dosimétriques.

SUIVI DE L'EXPOSITION

9. Optimiser et actualiser les méthodologies et protocoles de dosimétrie en différenciant la surveillance radiologique du suivi dosimétrique.*cf schémas 1 à 3*.
10. Permettre de dissocier les périodicités de port des dosimètres passifs individuels corps entier / extrémités / cristallin, selon les enjeux dosimétriques révélés lors de l'étude de poste : par exemple dosimétrie corps trimestrielle avec une dosimétrie extrémités/cristallin mensuelle (pour un travailleur classé catégorie A du fait de l'exposition extrémités/cristallin).
11. Optimiser et actualiser la périodicité du suivi dosimétrique d'ambiance : mensuel, trimestriel, semestriel en fonction des risques radiologiques pour pouvoir mettre en place la surveillance radiologique.
12. Baser la surveillance radiologique / le suivi dosimétrique sur les études de poste et la délimitation des zones réglementées en tenant compte des hétérogénéités des pratiques des travailleurs, des caractéristiques des rayonnements ionisants (complexité, hétérogénéité ou homogénéité du champ) et de l'ensemble des contraintes associés.
13. Développer le recours à des méthodes alternatives et/ou des facteurs de correction et les faire valider par un RPE ou par des guides sectoriels.
14. Adopter des systèmes d'évaluation qui permettent d'alerter rapidement les travailleurs exposés de façon à renforcer l'optimisation : utilisation de dosimètre opérationnel avec alarmes et lecture immédiate au-dessus des EPI biologiques dans le domaine médical et vétérinaire (compte tenu de la forte atténuation de ces EPI).



MISE EN ŒUVRE DES RECOMMANDATIONS

15. Identifier différents groupes sectoriels sur la base de leurs spécificités et décliner, pour chacun de ses groupes, des guides qui permettront de simplifier la mise en œuvre pour les professionnels et les modalités de suivi / contrôle pour les inspecteurs. Le rapport de l'atelier peut constituer une première base de travail.

Certains secteurs ou types d'intervenants sont à considérer avec une attention particulière :

1. Rappeler aux utilisateurs la nécessité de rédaction d'un plan de prévention des risques (exemple : situation de co-activité entre une entreprise utilisatrice et une entreprise extérieure) notamment en matière de surveillance radiologique / suivi dosimétrique ;
2. Définir réglementairement la surveillance radiologique et/ou le suivi dosimétrique des stagiaires / étudiants. Le suivi des apprenants doit être envisagé plus particulièrement car ils sont susceptibles d'être plus exposés.
3. Imposer la surveillance radiologique ou le suivi dosimétrique pour chaque employeur dans le cas des travailleurs multi employeurs selon l'évaluation des risques de chaque poste.
4. S'assurer que les migrants internationaux disposent d'une surveillance radiologique / suivi dosimétrique de leur pays d'origine ; dans le cas contraire mettre en place une surveillance radiologique / un suivi dosimétrique et les informer des modalités d'accès à leurs résultats.
5. Informer et sensibiliser les entreprises concernées sur la possibilité d'évaluer les expositions pour les « frequent flyer » via l'outil Sievert PN de l'IRSN.
6. Suivre les recommandations de l'INRS en ce qui concerne les femmes enceintes en ajoutant un dosimètre opérationnel au plus près de l'abdomen.
7. Réviser la méthodologie de délimitation des zones réglementées pour inclure les activités mobiles qui n'ont pas été abordées dans les travaux du GT zonage. Ceci permettrait un déploiement des logigrammes proposés dans tous les secteurs d'activité.

La démarche d'évaluation du risque d'exposition externe doit suivre les principes communs des démarches d'évaluation avec :

- Une analyse préalable prenant en compte les risques liés au lieu et poste de travail et les expositions liées à l'activité,
- Une validation de l'analyse prenant en compte les résultats des mesures d'ambiance et des mesures individuelles au niveau des intervenants,
- Une boucle de retour d'expérience.

Cette analyse aboutit à une évaluation du niveau de risque d'exposition externe. Il permet de déterminer la nature des protocoles de surveillance collective et/ou individuelle selon la délimitation des zones réglementées qui sont schématisés sous forme de logigrammes.



SCHÉMA N°1 - LOGIGRAMME DE SUIVI DE LA DOSE EFFICACE (PREMIÈRE PARTIE) = GUIDES SECTORIELS

** cf propositions GT zonage et Directive EURATOM*

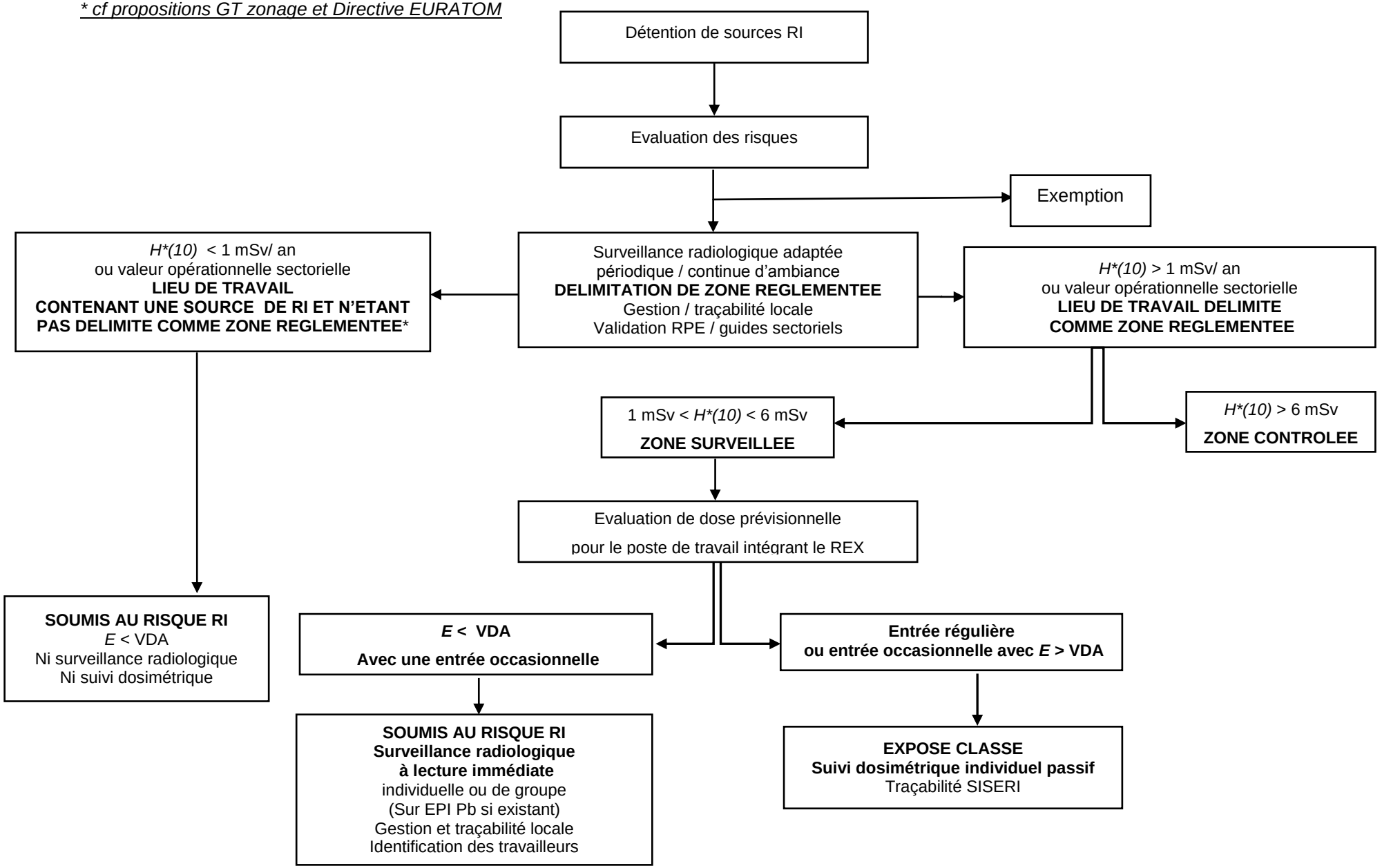


SCHÉMA N°2 - LOGIGRAMME DE SUIVI DE LA DOSE EFFICACE (DEUXIÈME PARTIE) = GUIDES SECTORIELS

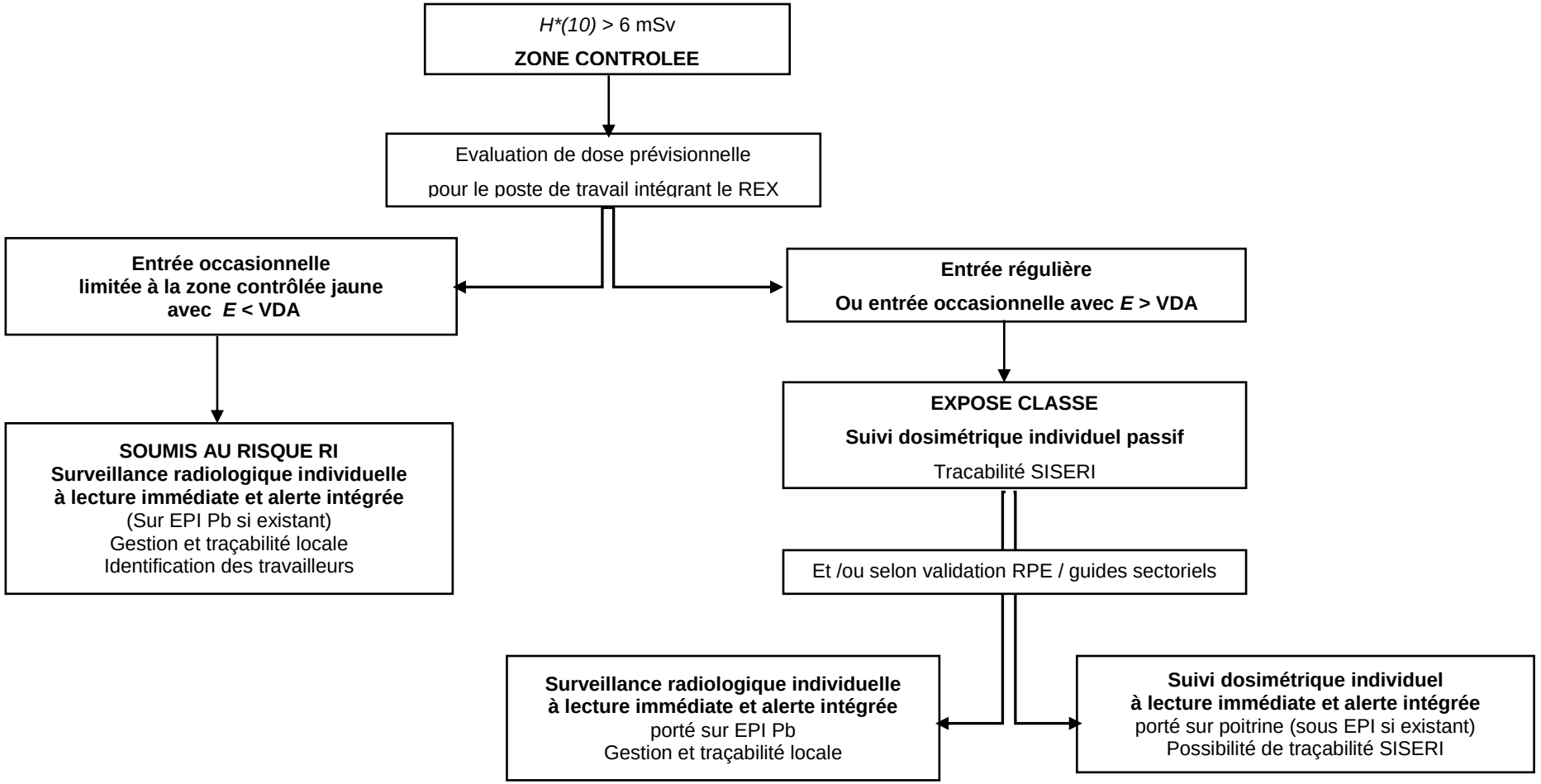
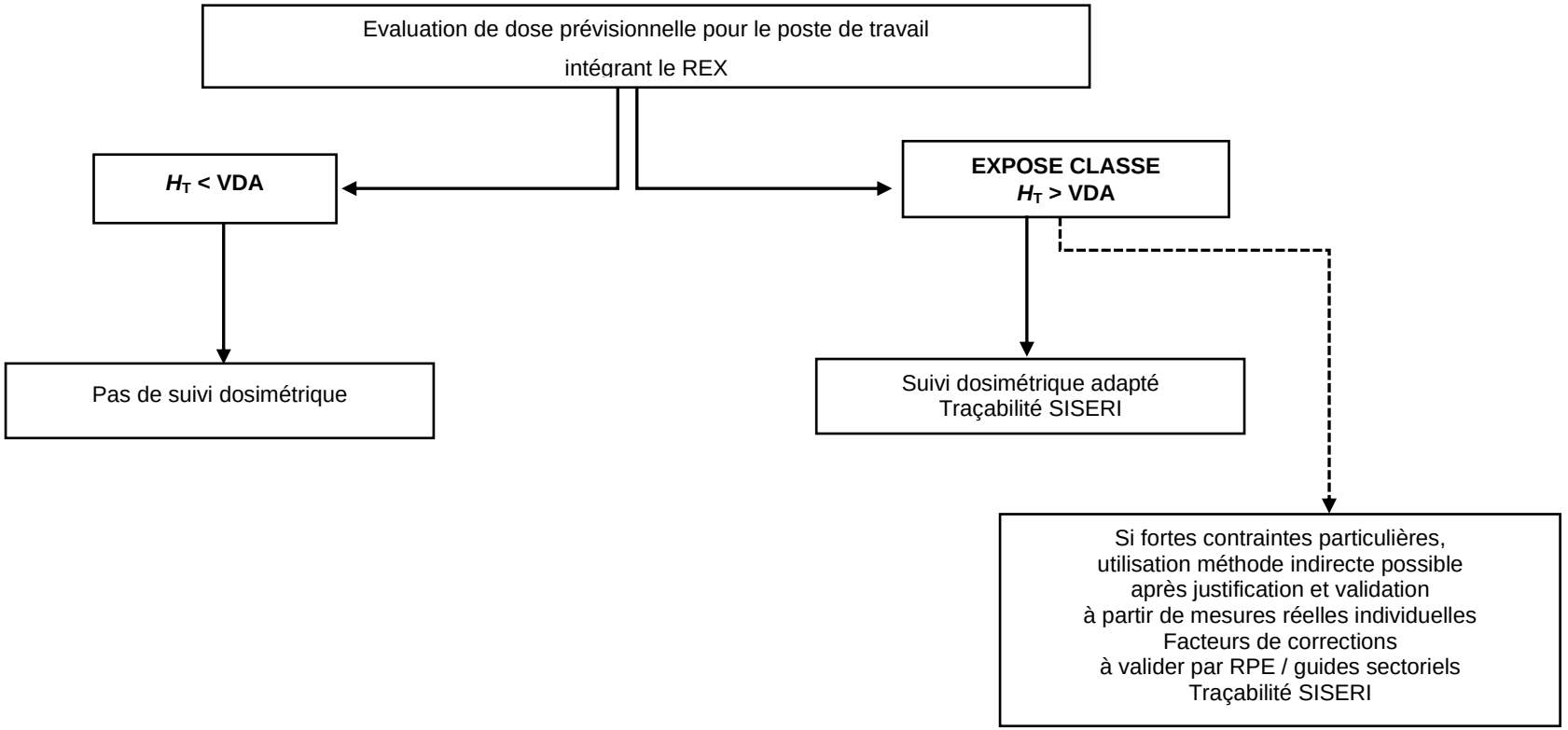


SCHÉMA N° 3 - LOGIGRAMME DE SUIVI DE LA DOSE EQUIVALENTE EXTREMITES, CRISTALLIN = GUIDES SECTORIELS

cf propositions GT zonage et Directive EURATOM



1 INTRODUCTION

La dose efficace moyenne en France due aux sources naturelles de rayonnements ionisants est de 2,4 mSv/an et la dose efficace moyenne liée aux activités médicales vient d'augmenter à 1,6 mSv/an.
En 2013, 91,9 % de la population exposée ont une dose efficace inférieure à 1 mSv, 7,6 % entre 1 et 6 mSv, 0,5 % entre 6 et 20 mSv, 9 travailleurs sont au-dessus du seuil de 20 mSv.

On note :

- 9 dépassements de dose efficace ;
- 6 dans le domaine médical, 2 en industrie non nucléaire, 1 en industrie nucléaire ;
- Pour 4 cas il n'y a pas de retour du médecin du travail soit 44 % ;
- 5 cas sont retenus suite à l'enquête menée par le médecin du travail ;
- aucun dépassement de dose extrémités ou peau.

Ces résultats sont pour partie le résultat d'une amélioration de la protection des travailleurs aux risques liés aux rayonnements ionisants mais également dû pour partie dans certains secteurs d'activité au défaut de port des dosimètres.

Les raisons identifiées du défaut de port sont :

- la négligence du fait de la banalisation et du manque de sensibilisation aux risques d'exposition du fait de résultats immédiats inférieurs au seuil d'enregistrement donnés par la dosimétrie opérationnelle portée sous les équipements de protection individuelle EPI, par exemple dans le milieu médical ;
- le défaut de zonage (sous- ou sur-zonage).

Le suivi des extrémités est également perfectible, notamment en raison :

- de la méconnaissance par les travailleurs des niveaux d'exposition et des risques associés ;
- des difficultés de port du dosimètre ;
- de l'interface et de l'acceptabilité par rapport à d'autres risques qui semblent plus significatifs pour le travailleur : par exemple en matière de perception d'un risque sceptique (les bagues dosimétriques dans les blocs opératoires subissent pourtant une décontamination biologique), d'ergonomie…

Ces raisons pourraient être, à de nombreux égards, identiques en matière de suivi de l'exposition au cristallin.
L'importance du suivi des résultats dosimétriques par un médecin du travail est à souligner, que ce soit pour confirmer ou infirmer un résultat dosimétrique

Ce rapport est organisé en 4 parties :

- un état des lieux avec le retour d'expérience des acteurs de terrain qui constitue l'un des éléments de réflexion ;
- un état de l'art de la dosimétrie ;
- des pistes d'amélioration méthodologiques ;
- les recommandations des membres de l'atelier.

L'atelier 2 a travaillé en groupe miroir avec les autres ateliers.



2 SITUATIONS D'EXPOSITIONS : PROBLÉMATIQUES, SUGGESTIONS ÉMANANT DES SECTEURS D'ACTIVITÉ

Le groupe de travail a cherché à dresser un état des lieux des situations d'exposition afin de comprendre les enjeux dosimétriques pour chaque secteur d'activité et de recueillir les problématiques dosimétriques identifiées et les suggestions éventuelles qui en découlent.

Une grille d'analyse a été définie listant :

- les caractéristiques du rayonnement (nature et énergie du rayonnement, champ pulsé, homogénéité / hétérogénéité du champ, homogénéité / hétérogénéité de l'exposition…) ;
- la partie du corps exposé (corps entier, cristallin, extrémités)
- les spécificités du poste de travail (protection collective et individuelle, reproductibilité / diversité, fréquence…)
- le retour d'expérience avec les problématiques identifiées relatives à la dosimétrie et les suggestions éventuelles d'aménagement du système de suivi dosimétrique existant.

2.1 SECTEUR MÉDICAL / ENSEIGNEMENT / RECHERCHE

2.1.1 IMAGERIE

Les rayons X sont utilisés en médecine dans les services d'imagerie et de radiologie, mais également pour de nombreuses autres disciplines médicales telles que la cardiologie, la chirurgie, la réanimation médico-chirurgicale, l'odontologie, la rhumatologie…

2.1.1.1 Radiologie interventionnelle et gestes radioguidés

L'opérateur médical et au moins un aide opérateur, médecin ou personnel paramédical, sont positionnés à proximité immédiate du patient pendant les procédures. Ils sont exposés au niveau du corps entier par le rayonnement diffusé et éventuellement le rayonnement de fuite. Ils peuvent être amenés à placer les mains dans le faisceau direct dans le cas de procédures très proximales. Le cristallin est également exposé au rayonnement diffusé et éventuellement au rayonnement de fuite.

La protection radiologique est basée principalement sur l'interposition d'écrans et est assurée, en pratique, par le port de protections plombées individuelles (vestes, jupes, chasubles, protège thyroïde, lunettes) et de protections plombées semi collectives (bas volets souples, vitres plombées mobiles sous suspension plafonnière, bavettes ou franges, cabines de radioprotection).





Installations d'arceaux de radiologie interventionnelle



Scanner interventionnel



Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *Les installations ne bénéficient pas toujours d'une conformité aux normes NF 15-160 garantissant la protection des zones attenantes, ce qui peut entrainer une exposition du personnel dans ces zones.*
- *La dose efficace mesurée avec un dosimètre porté sur la poitrine sous la veste ou chasuble plombée peut être faussement rassurante en ignorant les zones corporelles non protégées et peut induire un port moins assidu du dosimètre.*
- *Les opérateurs directs, au regard de la dose annuelle indiquée par leur dosimètre poitrine, doivent être classés en catégorie B, mais du fait de l'exposition potentielle des cristallins et des mains, la catégorie A est plus représentative du risque d'exposition en l'absence de protection plombée.*
- *Le dosimètre opérationnel est en général davantage porté que le dosimètre passif, du fait de la lecture en temps réel de la dose reçue et de l'alerte qu'il génère, et donc de l'optimisation réelle qu'il permet.*
- *Les bagues dosimétriques sont peu portées par les opérateurs : elles sont perçues comme décontaminables, mais non réellement stérilisables, et génèrent des contraintes de désinfection et des soucis d'ergonomie lors de gestes techniques. Les lunettes de protection plombées ne sont pas toujours portées aujourd'hui en particulier pour des raisons diverses : coût, sensibilisation, ergonomie … . L'utilisation des dosimètres cristallins est exceptionnelle à ce jour : les derniers modèles proposés prennent en compte la problématique de l'ergonomie.*

Suggestions du secteur d'activité

- *Privilégier l'utilisation d'équipements de protection collective afin de réduire au maximum l'exposition des parties du corps non protégées par les EPI.*
- *Évaluer la dose aux extrémités / cristallin avec des études de poste pour extrapoler ensuite les doses avec des facteurs de conversion.*
- *Sensibiliser à l'utilisation de dosimètres opérationnels adaptés (champ pulsé, énergie…)*
- *Tenir compte des recommandations (Projet européen ORAMED) concernant le port des dosimètres opérationnels en tant qu'alerte, soit portés au-dessus des EPI.*

2.1.1.2 Radiologie conventionnelle :

Les travailleurs considérés comme exposés sont principalement les manipulateurs qui mettent en œuvre les générateurs à rayons X pour réaliser des clichés radiographiques. Ils sont positionnés, dans l'extrême majorité des cas, à distance des patients, derrière des équipements de protections collectives (paravents) plombés fixes : ils ne sont en principe pas concernés par le rayonnement direct du faisceau primaire et ne reçoivent qu'une infime partie du rayonnement diffusé émis par le patient et éventuellement du rayonnement de fuite de gaine provenant du tube émetteur de rayons X.



Les installations bénéficient d'une conformité aux normes NF 15-160 garantissant la protection des zones attenantes.

Des appareils mobiles de graphie permettent la réalisation des clichés radiographiques au lit des patients intransportables, et notamment dans les services de réanimation médico-chirurgicale. La protection de l'opérateur est assurée par l'éloignement du patient et le port d'EPI.



Installation de radiologie conventionnelle



Appareil mobile de graphie

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *Les professionnels affectés exclusivement à ces postes de travail sont présents occasionnellement en zone réglementée. D'une façon générale, les doses efficaces mesurées dans le cadre de leur suivi dosimétrique individuel sont inférieures au seuil d'enregistrement. Ils sont classés en catégorie B, par précaution, ou bien parce que leur activité comporte d'autres situations de travail qui s'ajoutent à leur activité en radiologie conventionnelle.*

Suggestions du secteur d'activité

- *Si les professionnels sont affectés exclusivement en radiologie conventionnelle, effectuer une surveillance radiologique sur EPI avec dosimètre opérationnel lors d'une intervention en zone réglementée;*
- *Mettre en place une surveillance radiologique via un dosimètre d'ambiance « balise » positionné sur l'appareil mobile de graphie ou derrière le paravent plombé*

2.1.2 RADIOTHÉRAPIE

2.1.2.1 Radiothérapie externe

Les accélérateurs linéaires et générateurs de rayons X utilisés en radiothérapie produisent des faisceaux d'électrons et de photons dans la gamme d'énergies jusqu'à 25 MeV et délivrent des débits de dose moyen pouvant aller jusqu'à 24 $Gy.min^{-1}$ à 1 mètre de la source.



Les différents postes de travail sont la préparation du patient, la réalisation du traitement, la surveillance du patient lors du traitement, la vérification des images de contrôles et de repérage ainsi que la réalisation des opérations de contrôles de qualité et de maintenance.

Lors du fonctionnement de l'accélérateur, tous les travailleurs sont en salle de commande, en dehors de la salle de traitement, et ont donc une exposition « homogène », c'est-à-dire globale du corps entier.



Poste de commande en radiothérapie externe

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *Les faisceaux de photons X d'énergie nominale supérieure à 10 MeV engendrent par ailleurs un rayonnement neutronique secondaire par interaction avec des matériaux lourds situés dans la tête de l'appareil ou dans les murs, voire dans le patient.*

Suggestions du secteur d'activité

- *Insister sur la conception rigoureuse des salles avec de bonnes pratiques sectorielles ;*
- *Conseiller une radiamètrie neutron lors de la mise en service d'une nouvelle installation ou lors de changement d'activité / générateur afin de vérifier les protections pour savoir s'il y a lieu ou non d'attribuer aux travailleurs un suivi dosimétrique passif photons - neutrons.*
- *Rappeler la nécessité de respecter un temps minimal entre deux patients pour tenir compte de l'exposition due à l'activation des matériaux pour les accélérateurs de haute énergie (en général quelques minutes).*

2.1.2.2 Curiethérapie

La curiethérapie est une technique de radiothérapie où la source radioactive scellée ou la tête d'émission d'un générateur de RX sont placées à l'intérieur ou à proximité immédiate de la zone à traiter.

Les sources le plus souvent utilisées en curiethérapie sont actuellement les fils ou grains d'Iridium 192 (rayons gamma de 300 à 600 keV) et les grains d'iode 125 (rayons X de 27 keV à 36 keV). D'autres éléments sont beaucoup moins utilisés comme le césium 137, le cobalt 60, le palladium 103 ou encore le strontium 90. Pour les générateurs de RX, des tensions de polarisation autour de 50 kV sont utilisées.

Les différentes phases de travail sont la vérification et la préparation des sources, la mise en place des sources radioactives, ou le raccordement des projecteurs de sources, le suivi du patient hospitalisé, le retrait des sources.

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *La plupart de ces interventions conduisent à une exposition « hétérogène » c'est-à-dire différente selon les parties du corps et nécessite donc une analyse prévisionnelle des doses en particulier pour les extrémités et le cristallin.*



Suggestions du secteur d'activité

- *Le suivi dosimétrique par des dosimètres (opérationnels et passifs) poitrine dédiés aux photons et aux rayonnements bêta est adapté pour cette activité ainsi qu'une dosimétrie passive d'extrémités / cristallin.*



Préparation de fil d'Iridium



Contrôle de grain d'Iode

2.1.3 MÉDECINE NUCLÉAIRE

Dans ce secteur d'activité, l'exposition peut être externe et interne.

Concernant l'exposition externe en Médecine Nucléaire, elle provient notamment des traceurs radioactifs (principalement des rayonnements gamma et bêta, de période assez courte), mais aussi de l'émission de rayons X produits par les caméras hybrides (gamma-caméra couplée avec un scanner) et Tep-Scan : équipements permettant la fusion d'images fonctionnelles et morphologiques.

Les activités manipulées varient en fonction des types d'examens et de la morphologie du patient (exemple : la dose administrée varie en fonction du poids du patient).

Les travailleurs sont susceptibles d'être exposés lors de la préparation, de l'injection de radiopharmaceutique, mais aussi lors de la prise en charge du patient injecté et qui devient de ce fait une source d'exposition. Des opérations, telles que la gestion des déchets ou effluents radioactifs, entrainent aussi une exposition des travailleurs.



Préparation sous hotte blindée



Injection radiopharmaceutique

Deux phases conduisent notamment à des expositions inhomogènes. Lors de la préparation du radiopharmaceutique, s'effectuant sous hotte blindée, les mains sont plus fortement exposées que le reste du corps. Lors de l'injection de ce radiotraceur, les mains sont très proches de la source et sont de fait plus exposées aussi que le reste du corps.

L'utilisation de blindage pour les flacons et seringues est essentielle. Des outils, tels que les pinces seringues permettent d'augmenter la distance source-mains.



Les injecteurs et préparateurs automatiques pour la TEP scan (Fluor 18) permettent de diminuer l'exposition des travailleurs.



Injecteur automatique



Préparateur automatique

Sur certaines phases, pour des énergies de radio-traceur inférieures à 150 keV, l'utilisation du tablier plombé peut être recommandée. Pour des gammes d'énergie supérieure (iode, fluor), l'utilisation du tablier de plomb est à proscrire (effet build up).

L'exposition du cristallin est vraisemblablement similaire à l'exposition du corps entier, mais les études à ce jour sont peu nombreuses, et une évaluation de celle-ci reste nécessaire.

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *Le suivi dosimétrique dépendant à ce jour du classement, un travailleur classé en catégorie A, du fait des doses reçues au niveau des extrémités, doit avoir une dosimétrie passive mensuelle (pour des doses corps entier souvent inférieures au mSv).*
- *Dans le cas de faible exposition (de l'ordre du seuil de report) et pour une exposition bien répartie sur chaque mois, un suivi trimestriel est mieux adapté. Dans le cas d'une exposition incidentelle de faible dose, le suivi mensuel serait mieux adapté. Considérant que le risque de dérive de pratique est le plus probable, il faut considérer qu'un suivi trimestriel présente un intérêt.*
- *Les bagues dosimétriques sont portées en routine par les opérateurs à la base de l'index. Or, l'endroit le plus exposé est la pulpe de l'index.*

Suggestions du secteur d'activité

- *Décloisonner classement et périodicité de lecture de la dosimétrie passive pour suivre au mieux et sensibiliser les professionnels sur les enjeux dosimétriques.*
- *Un coefficient multiplicateur de 6 a déjà été démontré dans certaines études (Projet européen ORAMED) ; ne faudrait-il pas pouvoir rajouter un coefficient multiplicateur sur la base des études de postes, si oui, par qui, comment SISERI pourrait intégrer ce coefficient ?*

2.1.4 DENTAIRE

Dans ce secteur d'activité, l'exposition ne peut être qu'externe.

Les travailleurs considérés comme exposés sont principalement les chirurgiens-dentistes qui mettent en œuvre les générateurs à rayons X pour réaliser des clichés radiographiques.



La réalisation de clichés intra buccaux est obtenue à l'aide d'un générateur le plus souvent présent à proximité immédiate du fauteuil dentaire. Les patients restent sur ce fauteuil lors de la prise de radiographies réalisées au cours d'un acte de soin dentaire global. Les praticiens se positionnent généralement à distance de la tête du patient, sauf dans certains cas (pédiatrie par exemple). L'assistant dentaire qui aide le praticien, s'il reste dans la pièce durant la prise du cliché, se positionne comme celui-ci à une distance suffisante du patient pour être en zone publique (la zone surveillée s'étant jusqu'à 1 - 1,5 m autour de la tête du patient). Praticiens et assistants dentaires se positionnent hors du rayonnement direct du faisceau primaire.



Radiographie intra buccale rétro alvéolaire



Radiographie extra buccale panoramique

Les appareils pour radiographies panoramiques, téléradiographies et tomographies volumiques à faisceau conique sont pratiquement systématiquement installés dans des salles dédiées exclusivement à la réalisation de clichés extra buccaux. Les chirurgiens-dentistes qui déclenchent la prise des clichés sont systématiquement à l'extérieur de la pièce.

Dans les rares cas où ces appareils ne sont pas dans une salle dédiée, les assistants dentaires sortent systématiquement de la pièce et les chirurgiens-dentistes se positionnent à distance des patients, derrière un paravent plombé fixe. Ils ne sont pas concernés par le rayonnement direct du faisceau primaire et ne reçoivent qu'une infime partie du rayonnement diffusé émis par le patient et du rayonnement de fuite de gaine du tube à rayons X. Ni les chirurgiens-dentistes ni les assistants dentaires ne portent d'EPI.

Problématique identifiée par le secteur d'activité

- *Le classement en catégorie B n'est plus en concordance avec les doses relevées : les intervenants ne portant pas d'équipements de protection et leur dosimétrie est inférieure au seuil d'enregistrement.*

Suggestions du secteur d'activité

- *Privilégier l'utilisation d'équipements de protection collective afin de réduire au maximum l'exposition des parties du corps non protégées par les EPI.*
- *Les valeurs relevées par un dosimètre d'ambiance permettraient de vérifier qu'aucune dérive ne se produit.*
- *En ce qui concerne les professionnels ne réalisant que des radiographies à l'aide d'un déclencheur externe, la classification ne semble pas adaptée si l'on considère que les installations sont conformes aux normes d'installation*



2.2 SECTEUR VÉTÉRINAIRE

Dans ce secteur l'exposition est majoritairement externe, liée à l'exposition aux rayonnements X avec l'utilisation de générateurs électriques ; il n'existe qu'une dizaine de structures utilisant des sources scellées et des sources non scellées sur près de 6000 structures existantes. 80 % des cliniques effectuent moins de 1 000 clichés radiographiques par an.

2.2.1 TIR VERTICAL EN SALLE (CANINE)

L'activité prépondérante est une utilisation dans une salle d'un générateur de rayons X avec un faisceau vertical descendant, l'animal étant couché sur la table.



Vétérinaires, auxiliaires vétérinaires voire propriétaires de l'animal aident à la contention de l'animal : ils sont exposés au rayonnement diffusé, voire au rayonnement de fuite s'ils sont situés près du tube et le port d'EPI est systématique ; les mains ne sont que qu'accidentellement exposées aux rayonnements primaires, le corps ne l'étant jamais.

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *La dosimétrie d'ambiance largement répandue montre qu'au niveau de la potence, c'est-à-dire à 50 cm du milieu diffusant, est généralement définie une zone non réglementée.*
- *Dans les rares installations où une zone réglementée peut être définie, le port du dosimètre opérationnel sous les EPI génère des coûts financiers non négligeables et ne joue pas son rôle d'alerte.*

Suggestions du secteur d'activité

- *Selon la valeur de l'étude de poste, la catégorisation B mise en place par précaution pourrait être levée avec un contrôle continu d'ambiance pour vérifier qu'aucune dérive ne se produit.*
- *Tenir compte des recommandations (ORAMED) concernant le port des dosimètres opérationnels en tant qu'alerte soit porté au-dessus des EPI.*

2.2.2 AUTRES TECHNIQUES (ANIMAUX DE SPORT / ANIMAUX ZOOLOGIQUES)

Des générateurs de rayons X fixes ou portables sont utilisés avec un faisceau horizontal en activité équine, rurale et zoologique : les animaux ne sont pas couchés et trois intervenants sont le plus souvent nécessaires : à la cassette, au générateur et à la tête de l'animal.

Seul l'intervenant à la cassette est potentiellement exposé au rayonnement primaire. Pour les autres intervenants, seul le rayonnement diffusé est à prendre en compte : son importance dépend des caractéristiques du générateur tout autant que du nombre de clichés effectués. Avec les appareils portables, la proximité directe avec le tube peut induire une éventuelle exposition à une fuite de gaine.

Certaines activités (scanner) sont réalisées avec des animaux anesthésiés : les acteurs sont tous en dehors de la salle lors du fonctionnement.







Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *Dans les activités mobiles ou mobiles à poste fixe, l'arrêté zonage est inadapté prévoyant un dosimètre opérationnel dès que la zone reçoit une dose supérieure à 2,5 / 7,5 µSv en une heure alors que le cumul annuel est souvent inférieur au seuil de 1 mSv.*
- *Certains bilans radiographiques pénalisants rarement réalisés entrainent un surcoût non négligeable lié aux dosimètres opérationnels avec un port sous le tablier plombé inefficace en termes d'alerte.*

Suggestions du secteur d'activité

- *Insister sur la conception rigoureuse des salles avec de bonnes pratiques sectorielles ;*
- *Privilégier l'utilisation d'équipements de protection collective afin de réduire au maximum l'exposition des parties du corps non protégées par les EPI.*
- *Mettre en place la révision du zonage selon les recommandations du GT zonage ; étendre la mise à jour de ce texte aux règles de définition des utilisations mobiles.*
- *Une étude de poste bien conduite avec une dosimétrie d'ambiance au poste contention à la tête de l'animal et au poste de commande du générateur permet, selon le résultat, un équipement progressif en dosimétrie opérationnelle.*
- *Dans les activités scanner pour lesquelles l'entrée en salle est exclue, le classement n'est pas utile si la conformité de l'installation est respectée, avec une station de commande autonome en dehors de la salle.*
- *Pour les autres activités (interventionnelle, radiothérapie), les mêmes suggestions qu'en activités médicales similaires sont retenues.*

2.3 SECTEUR INSTALLATIONS NUCLÉAIRES DE BASE

2.3.1 CYCLE COMBUSTIBLE AREVA

La fabrication du combustible, son irradiation en réacteur, puis la gestion du combustible usé constituent le cycle du combustible. De manière conventionnelle, le cycle débute avec l'extraction du minerai d'uranium et s'achève avec le stockage des divers déchets radioactifs provenant de leur traitement et le recyclage des matières valorisables issues de ce traitement .Les différentes étapes du cycle du combustible sont différenciées entre « amont » et « aval » selon qu'elles interviennent avant ou après son irradiation dans un réacteur. On trouve sur le territoire français plusieurs installations contribuant aux différentes étapes du cycle du combustible, sauf pour ce qui concerne l'extraction et la concentration du minerai.



Les situations d'exposition dans les installations du cycle du combustible varient en fonction des différentes étapes du cycle :

- **Les activités minières** induisent un risque spécifique d'exposition externe et interne dues aux chaînes radioactives naturelles de l'uranium et du thorium dont celui lié au gaz radon et à ses descendants (Risques α,β,γ). Le risque d'exposition externe est principalement lié à la teneur du gisement, celui d'exposition interne à l'inhalation du radon et des poussières d'uranium et des descendants du radon. Le suivi des travailleurs requiert le port à la ceinture de dosimètres individuels particuliers assurant un prélèvement continu des gaz et poussières. Il n'existe plus en France d'activités d'extraction de l'uranium.

- **Les activités de conversion**, concentration et d'enrichissement induisent un risque d'exposition externe en situation courante de travail et potentiellement un risque d'exposition interne liés à l'uranium naturel, l'uranium enrichi en isotope 235 (Risques α, β, γ). Le risque d'exposition interne est maîtrisé par les dispositions de confinement prises à la conception des procédés, ainsi que par une gestion rigoureuse de la propreté radiologique des installations. Les personnels font l'objet d'un suivi dosimétrique organisme entier photons, et d'une surveillance par examens anthroporadiométriques et par analyses radiotoxicologiques.

- **Les activités de recyclage des combustibles usés** induisent une grande diversité de risques d'exposition radiologique externe et potentiellement interne:

  - Spectres radiologiques multiples X,ß,γ,α,n dus à l'uranium, plutonium, produits de fission (PF), produits d'activation (PA), actinides. Ils sont issus de « mélanges » de radionucléides sous formes solide, liquide ou gazeuse dans les ateliers de « tête » du procédé, puis « s'affinent » au fur et à mesure des étapes du recyclage (spectre uranium dans les ateliers d'extraction de l'uranium, spectre plutonium dans les ateliers d'extraction du plutonium, spectre PF dans les ateliers de vitrification…). Les personnels font l'objet d'un suivi dosimétrique organisme entier et extrémités photons, neutrons, et d'une surveillance par examens anthroporadiométriques et par analyses radiotoxicologiques.
  - Le risque d'exposition externe est variable en fonction des radionucléides présents. Il concerne suivant les installations, l'organisme entier, parfois les extrémités et le cristallin. La prévention du risque est assurée par différentes dispositions : protections biologiques, balises avec alarmes d'irradiation, conduite du procédé à distance, travaux de maintenance en télé-opération…
  - Le risque potentiel d'exposition interne est variable en fonction des radionucléides présents. Les risques les plus importants sont dus à la présence et à la manipulation de radiotoxiques élevés comme le plutonium et l'américium. La prévention du risque d'exposition est assurée par différentes dispositions: confinement statique (étanchéités des équipements, enceintes étanches type Boîtes à Gants plutonium…), confinement dynamique (mise en dépression du procédé), balises avec alarmes de contamination, conduite du procédé à distance, port de protections individuelles en milieux contaminés…..

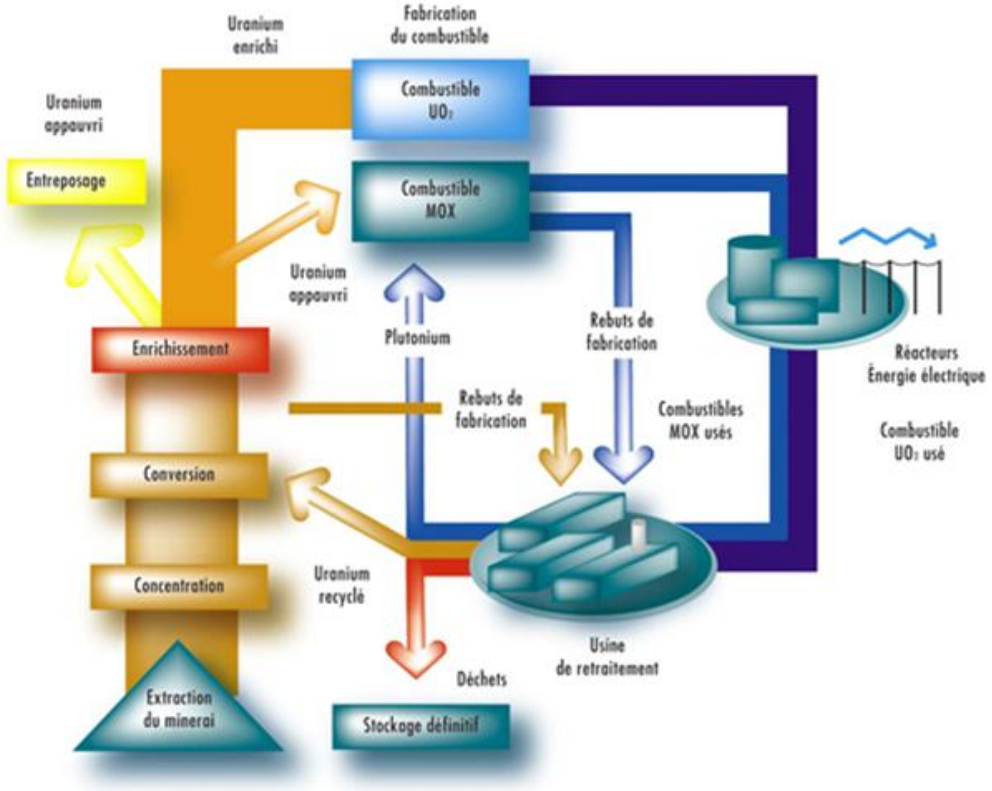
- **Les activités de fabrication de combustibles MOX** (oxyde mixte d'uranium et de plutonium) induisent principalement un risque d'exposition externe en situation courante de travail et potentiellement un risque d'exposition interne liés à la présence et à la manipulation du plutonium issu du recyclage des combustibles usés (γ,α,n). Les personnels font l'objet d'un suivi dosimétrique organisme entier et extrémités photons, neutrons, et d'une surveillance par examens anthroporadiométriques et par analyses radiotoxicologiques.



- Le risque d'exposition externe photons et neutrons concerne l'organisme entier, les extrémités, le cristallin en raison de l'importance du nombre d'opérations en Boîtes à Gants (BAG). Le risque d'exposition externe est maîtrisé par la conception des BAG et notamment par la présence de panneaux Kiowaglass®, le port d'EPI (chasubles) et l'équipement des BAG en gants radio protégés
- Le risque potentiel d'exposition interne est lié à la manipulation du plutonium en BAG. Le risque d'exposition interne est maîtrisé par les dispositions de confinement des enceintes et par des dispositions de prévention des risques de rupture de confinement (percement des gants) ou de blessure en BAG (outils coupants proscrits, absence d'arêtes vives…)

- **Les activités de transport des combustibles et des matières radioactives** font partie intégrante du cycle du combustible. Les formes transportées sont solides, mis à part l'hexafluorure d'uranium considéré comme un gaz et le nitrate d'uranyle sous forme liquide. Les transferts des assemblages neufs et usés ainsi que des matières radioactives et des déchets sont réalisés dans des emballages spécifiquement conçus et répondant aux exigences de la réglementation des transports de matières dangereuses. Le risque est limité au risque d'exposition externe photons + neutrons. Les personnels assurant ces transports sont équipés d'une dosimétrie passive photons + neutrons

SCHÉMA N°4 : LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE





Problématiques identifiées par le secteur d'activité

L'abaissement annoncé de la limite réglementaire annuelle de la dose cristallin, engendre plusieurs problématiques :

- *Il n'existe pas sur le marché actuel de dosimètres passifs étalonnés $H_p(3)$.*
- *Pour certains postes de travail notamment en BAG, la dose au cristallin peut devenir la grandeur «pénalisante » vis-à-vis du temps de travail (actuellement c'est la dose à l'organisme entier). Or si aujourd'hui le pilotage de la dosimétrie opérationnelle à l'organisme entier est rendu possible grâce à des dosimètres opérationnels fiables et performants, la dosimétrie opérationnelle cristallin n'est pas disponible à ce jour. Cette contrainte forte impose dans les configurations les plus défavorables, la mise en œuvre de méthodes d'évaluation « indirecte » de la dosimétrie au cristallin basées sur la dosimétrie organisme entier. Des campagnes conséquentes de mesures et de validation des méthodes de suivi « indirect » seront donc nécessaires.*
- *Le suivi « direct » de la dosimétrie cristallin lorsqu'il sera techniquement possible, ne sera pas sans générer des contraintes ergonomiques (port de lunettes, de bandanas…), voire des incompatibilités avec certains EPI tels que les masques de protection respiratoire requis vis-à-vis des travaux en milieux contaminés. Ceci milite aussi pour l'évaluation « indirecte » de la dose au cristallin.*
- *Les EPI pour le cristallin génèrent des pénibilités notables: altération du champ de vision, fatigue musculaire au niveau du cou du fait de leur poids. Il sera donc nécessaire de faire des arbitrages entre solutions opérationnelles antagonistes : port des EPI au titre d'ALARA versus confort de travail*

Suggestions du secteur d'activité

- *Offrir la possibilité de recours à des méthodes d'évaluation indirecte de la dose au cristallin*
- *Privilégier le « confort » de travail par rapport au principe ALARA dès lors que la limite réglementaire cristallin est respectée.*

2.3.2 PRODUCTION D'ÉNERGIE EDF

La production d'énergie électrique en France repose actuellement à environ 80% sur l'énergie nucléaire issue de 19 sites de production pour 58 réacteurs de technologie REP (paliers 900 MWe, 1300 MWe et 1450 MWe).

- **Nature des rayonnements**

Il s'agit principalement de rayonnement gamma issus des produits d'activation présents dans le fluide primaire (et les effluents) et ou déposés dans les circuits. Le spectre va de la centaine de keV au MeV (généralement moins de 2) et la valeur de référence est de l'ordre de 700 keV. Les débits d'équivalents de dose vont du µSv/h à quelques dizaines de mSv/h (les zones rouges sont rendues inaccessibles, les accès sont condamnés).

Le rayonnement gamma est à l'origine de plus de 99% de la dose opérationnelle collective.

Quelques activités en nombre limité conduisent à intervenir sous rayonnement neutron (et gamma). Il s'agit principalement d'activités de réception de combustible MOX, d'évacuation de combustibles usés et d'intervention dans le bâtiment réacteur avec le réacteur divergé. Les spectres sont très dépendants de la nature des opérations et du positionnement des intervenants par rapport aux installations et équipements.



Les 3 composantes (thermique, intermédiaire et rapide) sont présentes, mais dans des proportions très différentes. Les spectres rencontrés vont de l'eV au MeV (généralement moins de 2). Les débits d'équivalents de dose aux postes d'activités vont du µSv/h à quelques mSv/h.

Le rayonnement neutron est à l'origine de 0,6 à 0,7 % de la dose opérationnelle collective

- **Nature de l'exposition**

L'exposition prépondérante est une exposition gamma corps entier sous des champs de rayonnement globalement stable au niveau du lieu d'activité (pas de rayonnement pulsé), mais variable d'un lieu d'activité à un autre (y compris son déplacement de l'un à l'autre lieu d'activité).

La distribution de prise de dose au cours d'une année est très hétérogène et dépend étroitement de l'activité à réaliser ; par un exemple : un calorifugeur peut réaliser des travaux hors zone contrôlée [ex : salle des machines], ou sur les circuits peu dosants [ex : circuit de purge des GV] ou irradiants [ex : circuit primaire principal du réacteur]. On met en évidence une absence de corrélation avec la durée des activités et la variabilité des expositions

Les situations d'exposition extrémités sont très limitées. Elles font l'objet de suivi par dosimètres poignet ou bague. De l'ordre de 7 000 dosimètres d'extrémités sont mis en œuvre chaque année et conduisent à des valeurs très faibles avec des H_p (0,07) très souvent inférieurs à 0,1mSv (plus de 85% des cas) et très rarement au-delà de 1 mSv (moins de 2% des cas et aucune valeur supérieure à 10 mSv)

Les situations d'exposition cristallin se limitent aux positions de travail qui conduisent à avoir durablement la tête plus proche de la source principale de rayonnement que la poitrine. Ces situations sont très rares et conduisent à des ratios $H_p(3)$ / $H_p(10)$ faibles, typiquement inférieures à 2.

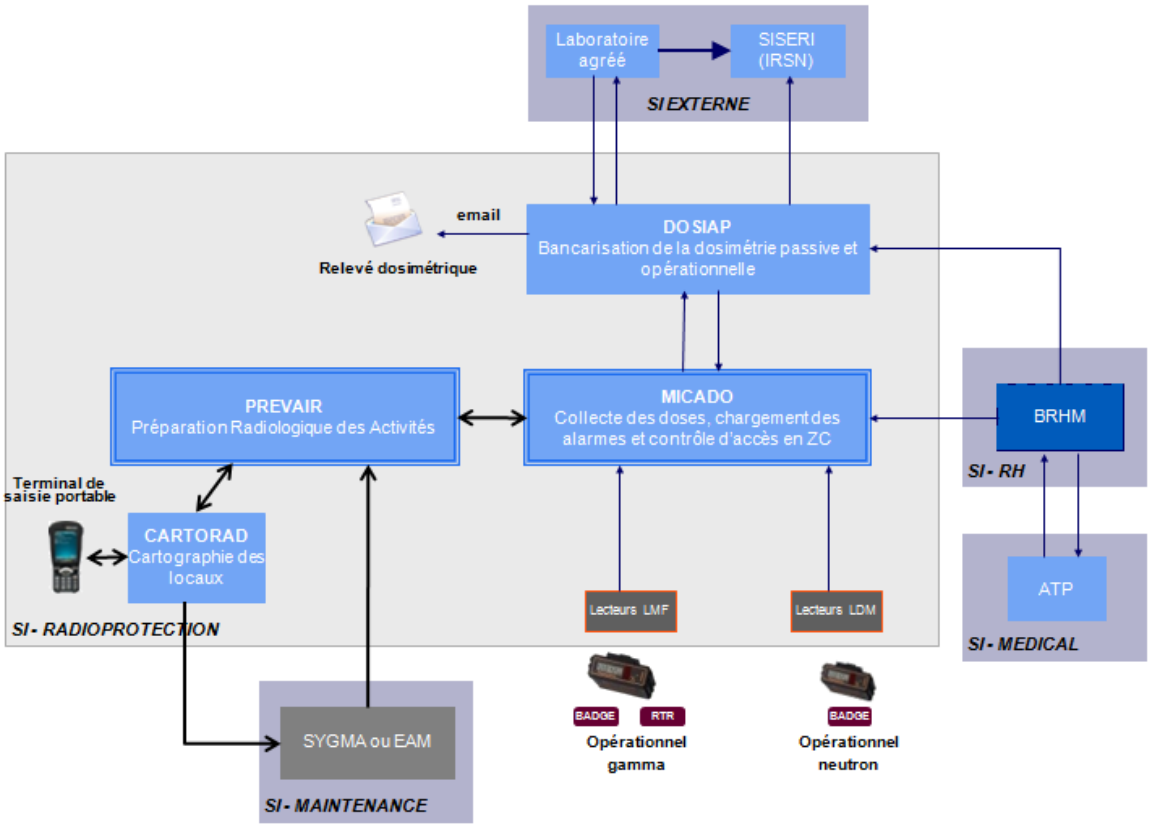
- **Gestion spécifique de la dosimétrie opérationnelle**

L'accès en Zone Contrôlée est asservi à la détention et à la présentation d'un dosimètre opérationnel (l'insertion du dosimètre et du badge dans un lecteur déverrouille la barrière d'accès à la Zone Contrôlée). De même, la sortie est asservie à la l'insertion du dosimètre dans un lecteur situé au niveau des portiques dit C2 situés en limite de Zone Contrôlée.

Le système d'information (SI) de la Radioprotection mis en place dans les centres nucléaires de production d'électricité permet de collecter au niveau des portiques dits C2, d'enregistrer toute dose opérationnelle individuelle, quel que soit le lieu de prise de dose, et de réaliser le cumul sur 12 mois glissants. Le système d'information (SI) de la Radioprotection permet également de gérer le contrôle d'accès en Zone Contrôlée sur la base du cumul dosimétrique et du prévisionnel de l'activité au regard d'un seuil d'alerte (fixé à ce jour à 14 mSv sur 12 mois glissants). Le système d'information (SI) de la Radioprotection permet aussi de télécharger dans les dosimètres opérationnels les alarmes en dose et débit de dose établies lors de la préparation de l'activité à réaliser.



SCHÉMA N° 5 – LE SYSTÈME D'INFORMATION DE LA RADIOPROTECTION À EDF



Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *La distribution de l'exposition dosimétrique individuelle au cours d'une année est très hétérogène et dépend étroitement de l'activité à réaliser.*
- *Les situations d'exposition au niveau des extrémités sont très limitées. Elles font l'objet de suivi par dosimètres poignet ou bague.*
- *Les situations d'exposition au niveau du cristallin se limitent aux positions de travail qui conduisent à avoir durablement la tête plus proche de la source principale de rayonnement que la poitrine. Ces situations sont très rares et conduisent à des ratios $H_p(3) / H_p(10)$ faibles, typiquement inférieures à 2.*

Suggestions du secteur d'activité

- *La dosimétrie opérationnelle individuelle ne peut pas, pour la quasi-totalité des intervenants, être élaborée à partir d'une dosimétrie d'ambiance.*
- *Une évaluation indirecte de la dose cristallin à partir d'un ratio issu d'une étude de poste de travail apparaît pertinente dans certains cas.*



2.3.3 AUTRES : ACTIVITÉS DE DÉFENSE

Le Service de Protection Radiologique des Armées (SPRA) effectue la surveillance dosimétrique de l'ensemble des personnels de la défense exposés aux rayonnements ionisants.
Cette surveillance concerne des secteurs d'activités très variés :

- **Secteur médical**

- hôpitaux d'instruction des armées avec des services de radiologie conventionnelle et interventionnelle, de radiothérapie – curiethérapie – alphathérapie ou encore de médecine nucléaire ;
- bâtiments de surface (FASM-frégates anti sous-marine, FDA-frégates de défense aérienne, BPC-bâtiment de projection et de commandement …) ayant des installations de radiologie conventionnelle.

- **Secteur dentaire**

- hôpitaux d'instruction des armées ;
- centres médicaux des armées (CMA).

- **Secteur vétérinaire**

- antennes vétérinaires régionales ;
- l'école militaire ;
- la garde républicaine.

- **Industrie et activités de recherche**

- radiographie industrielle avec des générateurs X fixes ou mobiles : établissements de l'armée de terre ou de l'armée de l'air, groupe d'intervention NEDEX (neutralisation, enlèvement et destruction des engins explosifs) et de déminage,
- gammagraphie (contrôle de pièce de sous-marin),
- accélérateurs de particules (centre d'essais des propulseurs de Saclay, hôpital d'instruction des armées Val de Grâce),
- sources scellées (IRBA-institut de recherche biomédicale des armées),
- ENSTA - école nationale supérieure de technique avancée - LOA laboratoire d'optique appliquée.

- **Transport de matières radioactives, déchets et transport d'armes**

La surveillance concerne des gendarmes qui escortent les convois : escadrons de gendarmerie mobile, gendarmes spécialisés dans les armes nucléaires (GSAN).

Pour les secteurs d'activité évoqués ci-dessus, les problématiques identifiées et les suggestions sont les mêmes que celles évoquées dans les secteurs civils équivalents.



En plus de ces situations d'expositions communes au domaine civil, la Défense a certaines spécificités.

- **La Marine** : 6 sous-marins nucléaires d'attaque (SNA), 4 sous-marins nucléaires lanceurs d'engins (SNLE), 1 porte-avions avec des chaufferies nucléaires.

Surveillance d'environ 3 000 personnes, avec une dose maximale annuelle <1 mSv pour 94% (2012) et 99% (2013) d'entre eux. La dose maximale individuelle annuelle est de 1,25 mSv (2012) et de 3,15 mSv (2013).

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- Malgré un faible niveau d'exposition, il ne parait pas possible d'envisager une dosimétrie d'ambiance ou de groupe pour évaluer les doses individuelles étant donné la diversité des postes de travail.
- Dans le cas où un bâtiment à propulsion nucléaire est en mission, le respect des périodicités réglementaires d'envoi des dosimètres passifs peut être impossible.
  Cette problématique a été prise en compte dans l'instruction n°4916/DEF/CAB (port prolongé sur la durée de la mission).

- **L'Armée de l'air** : présence d'armes sur certaines bases aériennes (Avord, Saint Dizier et Istres)

  - Des OPEX (opération extérieure) avec des ACA (antenne chirurgicale aéroportée) et des groupes de démineurs (environ 100 personnes).

Problématique identifiée par le secteur d'activité

- Les conditions de travail sur le théâtre d'opération sont différentes (nombre d'EPI, nombre d'EPC, matériel différent …) et la durée d'affectation peut varier, ce qui a conduit à des surveillances individuelles mensuelles quelle que soit la catégorisation du personnel.

- **Des missions d'intervention avec terrain inconnu**

Pas de surveillance systématique, mais mise à disposition de dosimètres adaptés aux risques encourus pour les personnels (environ 800) de la brigade des sapeurs-pompiers de Paris (BSPP), unités de la sécurité civile, groupe d'intervention de la gendarmerie nationale (GIGN), brigade cynophile, institut de recherche criminelle de la gendarmerie nationale (IRCGN), cellule nationale gendarmes NRBC, unité médicale de décontamination des armées (UMDA), centres de traitement des blessés radio contaminés (CTBRC).

Problématique identifiée par le secteur d'activité

- Une étude de poste est impossible à réaliser, donc il faut maintenir une dosimétrie individuelle.

- **Les personnels navigants de l'armée de l'air**

Problématique identifiée par le secteur d'activité

- Pour des raisons opérationnelles (missions imprévues dans le temps et dans l'espace, manque de connaissance des plans de vol), il est difficile pour ces personnels d'utiliser le système de calcul des doses Sievert.
  Cette problématique a été prise en compte : ces personnels navigants font l'objet d'une surveillance dosimétrique individuelle gamma-neutron depuis 2008.



Sur environ 1 900 personnels surveillés ces 5 dernières années, moins de 10% dépassent la limite publique annuelle de 1 mSv avec une dose individuelle annuelle maximale de 3,2 mSv et une dose moyenne de 0,4 mSv.

2.3.4 ACTIVITÉS DE RECHERCHE DU CEA

Au CEA, les activités mettant en œuvre de rayonnements ionisants sont très diverses (activités de recherche dans les domaines industriel, nucléaire et médical, activités d'assainissement-démantèlement, activité de conditionnement/entreposage de déchets nucléaires…). Les postes de travail concernés en sont tout aussi divers : paillasse, postes de travail face à des Boîtes à gants, en face avant d'enceintes blindées ou de hottes, postes de travail dans des sas ventilées, postes de travail à proximité de générateurs X.

Les sources de rayonnements ionisants mises en œuvre peuvent être :

- des sources scellées (étalonnage d'équipement, calibration …),
- des sources non scellées (marquage de molécules…),
- des appareils émettant des rayonnements ionisants (des générateurs X pour des applications de recherche et des accélérateurs pour la production de nucléides…),
- des substances radioactives de type « échantillons radioactifs » qui ne sont pas utilisés pour leurs propriétés radioactives (matériaux irradiés pour caractérisation mécanique, matériaux contaminés…).

Les types de postes de travail et les sources de rayonnements ionisants mis en œuvre conduisent pour les travailleurs, à des risques radiologiques à l'organisme entier (par exposition externe et interne), à la peau, aux extrémités et dans certains cas au cristallin.
Ils peuvent être générés par des rayonnements gamma, X, béta, alpha et neutrons chacun dans des gammes d'énergie de quelques keV à plusieurs MeV.

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *La particularité des activités menées au CEA et mettant en œuvre des rayonnements ionisants, réside dans le fait que tous les risques radiologiques sont à considérer ainsi que toutes les voies d'atteinte. avec certains champs de rayonnement complexes : gamma, X, neutrons….*
- *Les opérations dites « de routine » ne sont pas majoritaires au CEA. Ainsi, la fonction d'alerte telle que le possède le dosimètre opérationnel est très précieuse pour les opérateurs. Cette fonction doit être perceptible dans des conditions de travail très diverses : ambiance sonore, avec port d'EPI (masque ou/tenue étanche).*

Suggestions du secteur d'activité

- *Reconsidérer la périodicité de port des dosimètres compte tenu des faibles résultats de doses enregistrés : une dosimétrie trimestrielle peut signaler un résultat positif que l'on ne verrait pas avec une périodicité de port mensuelle*
- *Améliorer la fonction d'alerte du dosimètre opérationnel qui doit être perceptible dans des conditions de travail très diverses : ambiance sonore, avec port d'EPI (masque ou tenue étanche)*



- *Conseiller des études de poste avec une radiamétrie neutrons pour valider si le port de dosimètre complémentaire passif ou opérationnel spécifique est nécessaire*

2.4 SECTEUR INDUSTRIE HORS INB ET RECHERCHE

Dans les domaines industrie et recherche, on notera essentiellement des problématiques dans les domaines suivants :

- radiographie industrielle : utilisation de sources de haute activité (SHA), de générateurs électriques de rayons X et d'accélérateurs de particules. Les travaux les plus contraignants sont liés à l'utilisation des sources radioactives. Les problématiques « accélérateur » et « transport de source » sont évoqués plus loin.
- Manipulation de sources non scellées (industrie et recherche)

Les chromatographes (Ni63), les détecteurs de plomb dans les peintures, les générateurs électriques de rayons X de type « convoyeurs », les générateurs électriques de rayons X autoprotégés, les irradiateurs de produits sanguins, les implanteurs ioniques, les soudeuses par bombardement d'électrons ont été considérés comme ne présentant pas de problématique particulière, dès lors que leurs sécurités intrinsèques sont contrôlées régulièrement et maintenues en bon état de fonctionnement.

2.4.1 RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE

2.4.1.1 Installations fixes et dédiées

Les locaux sont dimensionnés pour réduire fortement l'exposition des travailleurs. D'une manière générale, si toutes les procédures sont respectées, la dose reçue sur 1 an sera inférieure à la VDA. Il faut néanmoins, prendre en compte les doses reçues en cas d'entrée du personnel dans les locaux.

- ***Générateurs électriques de rayons X***





L'exposition du personnel a lieu uniquement à l'extérieur de la casemate et est homogène.

Problématique identifiée par le secteur d'activité

Les salles de tirs doivent respecter les prescriptions de la décision ASN 2013-DC-0349 (Normes NF C 15-160) qui garantit par exemple la coupure de la haute tension dès lors qu'un accès à la salle de tir est initié ou qui impose une protection importante des parois du local. Les doses reçues par le personnel sont donc négligeables.



Suggestion du secteur d'activité

Selon les résultats des études de poste et de zonage, un suivi radiologique « collectif » peut être envisagé.

Sources de hautes activités

Il est nécessaire de se munir d'un appareil de mesure pour garantir que la source est bien réintégrée dans son projecteur avant de pénétrer dans la salle. Cet appareil peut être remplacé par une sonde d'ambiance qui empêche l'ouverture de la porte d'accès lorsque la mesure est supérieure à un seuil fixé par l'établissement (asservissement).

Dans ces conditions, l'analyse des postes de travail autour des installations de radio industrielle fixes met en évidence une exposition homogène des intervenants.

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

Certaines salles respectent la norme NFM 62-102 relative à la conception des salles de gammagraphie industrielle et les intervenants ne sont alors pas exposés.

Si la préparation du tir nécessite le déverrouillage et l'armement manuel du gammagraphe par un opérateur, les débits de dose de ces appareils mobiles (obturateurs fermés) peuvent atteindre jusqu'à 1 mSv/h au contact et 0,1 mSv/h à 1m.

Suggestions du secteur d'activité

L'étude de poste sur ce type d'installation devrait donc logiquement conclure :

- *à un suivi dosimétrique individuel des travailleurs amenés à armer manuellement le gammagraphe.*
- *à une surveillance radiologique collective pour les autres salariés amenés à travailler uniquement autour des casemates.*

Accélérateurs de particules

Concernant les accélérateurs de particules, leur définition diffère selon le texte pris en compte :

- Code de la santé publique : Un accélérateur est un appareil émettant des particules ayant une énergie supérieure ou égale à 1 MeV.
- Norme NF M 62-105 relative aux conditions d'installations des accélérateurs industriels : Un accélérateur est un appareil non soumis aux normes NF C 15-160 et NF C 15-164

Dans tous les cas, la seule réelle problématique sur ces appareils est l'activation potentielle de matériaux suite à l'émission de rayonnements.

Si l'opérateur reste au pupitre de commande, il n'intervient pas directement sur la machine et l'étude de poste de travail montre qu'il est soumis à un champ assez homogène de photons, mais aussi, potentiellement de neutrons.

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *Le phénomène d'activation concerne uniquement les accélérateurs d'électrons fonctionnant sous une HT > 8 MV (pour la production de rayonnement X par exemple), les accélérateurs de protons, de deutons, d'hadrons et de noyaux lourds… Les énergies mises en œuvre pour ces derniers accélérateurs peuvent être inférieures à 2 MeV.*
- *L'émission de neutrons doit aussi être prise en compte le cas échéant.*



Suggestions du secteur d'activité

- *Le pupitre de commande étant protégé contre les rayonnements ionisants ou, à défaut, situé dans un champ de rayonnements homogène, l'étude de poste devrait montrer qu'une surveillance radiologique collective est suffisante pour les intervenants au poste de commande.*
- *En revanche, le personnel intervenant à proximité directe des pièces activées de l'accélérateur est exposé à des débits d'équivalent de dose spatialement et temporellement inhomogènes. Un suivi par dosimètre individuel est alors nécessaire. L'étude de poste devra également statuer sur la nécessité du port d'une dosimétrie extrémités, voire d'une dosimétrie cristallin. Il n'est pas rare d'avoir des débits de dose de l'ordre de la centaine de µSv/h à proximité de la tête d'un accélérateur après utilisation.*

Cyclotrons producteur de radio isotopes

Les cyclotrons sont par nature des machines produisant des radionucléides par réaction (p,n) ou (d,n). La diffusion de neutrons conduit à produire des éléments ayant des activités non négligeables et des périodes radioactives qui obligent, pour certains radionucléides produits, à classer le blockhaus pendant plusieurs semaines. Les interventions et maintenances sur le cyclotron se font dans des conditions radiologiques où le risque d'exposition externe voire interne est important.

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *Le cas échéant, il est nécessaire de quantifier le risque d'exposition aux neutrons qui est élevé lors des phases de production. Les analyses de risques et les études de poste doivent mettre en évidence ce risque dans les locaux attenants aux blockhaus.*
- *Par ailleurs, les sources non scellées produites, sont transférées dans des cellules blindées et la problématique est alors identique à celle évoquée lors des travaux avec des sources non scellées.*

Suggestions du secteur d'activité

- *Les opérateurs de maintenance interviennent directement sur certaines pièces activités et les intensités de rayonnements sont importantes. Il est nécessaire de faire des études de poste rigoureuses pour mettre en place le suivi radiologique adapté.*
- *L'exposition au cristallin doit être évaluée.*

2.4.1.2 Utilisation sur chantier

La problématique est ici différente puisque, en radiographie X et en gammagraphie, les radiologues vont être soumis à un débit d'exposition qui ne peut être amoindri par la conception des locaux.

Problématique identifiée par le secteur d'activité

En radiographie X et en gammagraphie, les radiologues vont être soumis à un débit d'exposition qui peut atteindre, voire dépasser les 2 mSv/h à la télécommande. Les doses intégrées dans une soirée peuvent atteindre 50 µSv.

Suggestion du secteur d'activité

Une surveillance individuelle des travailleurs par dosimétrie active et passive est nécessaire.





Générateur électrique de RX industriel



Gammagraphe



Appareil de gammagraphie portatif de type GAM 8

2.4.2 SOURCES NON SCELLÉES (INDUSTRIE ET RECHERCHE)

Les problématiques dans le domaine de la recherche et de l'industrie sont sensiblement les mêmes vis-à-vis des sources non scellées. C'est pourquoi ces 2 domaines seront traités en même temps.

On peut rencontrer tout type de source : vie courte, vie longue, basses et hautes activités, synthétisée sur place ou commandée à un fournisseur.

2.4.2.1 Manipulation à l'aide de bras télémanipulateurs en enceinte blindée.



Problématique identifiée par le secteur d'activité

La mise en dépression, le taux de renouvellement et l'étanchéité des enceintes interdisent toute dispersion de produit radioactif dans le local. Ces enceintes comprennent également des sécurités empêchant leur ouverture tant que le débit de dose mesuré par une balise interne à l'enceinte dépasse un seuil défini par l'établissement.



Lorsque toutes ces sécurités sont contrôlées régulièrement et maintenues en bon état de fonctionnement, l'exposition peut être considérée comme homogène.

Suggestions du secteur d'activité

- *Remplacer la dosimétrie poitrine par un dosimètre d'ambiance si l'étude de poste le permet (E< 1mSv).*
- *Utiliser si besoin un dosimètre cristallin.*

2.4.2.2 Manipulation manuelle de sources non scellées

Les postes de travail associés peuvent intégrer des écrans de protection collective adaptés à la nature des rayonnements. Pour les émetteurs Gamma et Bêta +, les écrans de protection sont en plomb et en verre plombé alors que pour la manipulation d'émetteurs bêta - tels que le P32 ou le P33, des écrans de protection en matériaux légers (PMMA) sont privilégiés. Pour les émetteurs de faible énergie, les écrans de protection ne sont pas nécessaires (Carbone 14, Tritium, Soufre 35, etc…)

Problématique identifiée par le secteur d'activité

En deçà d'une énergie de 300 keV, la formule de KATZ & PENFOLD indique qu'un suivi des doses équivalentes aux extrémités n'est pas pertinent (parcours < 0,07mm). Si on applique cette formule au cristallin, on trouve que ce seuil passe à E = 800 keV).

Suggestions du secteur d'activité

- *Le suivi de la dose équivalente au cristallin parait donc discutable pour la plupart des émetteurs bêta et semble surtout nécessaire pour les émetteurs Gamma (ou bêta +).*
- *Lorsque l'ergonomie du poste de travail est bien adaptée et que les écrans de protection collective ont été choisis de manière cohérente par rapport à la nature des rayonnements émis (bêta et Gamma), on peut considérer que la poitrine et le cristallin sont exposés de manière similaire et que le suivi des équivalents doses $H_p(10)$ et $H_p(3)$ peut se faire au travers d'une dosimétrie individuelle $H_p(10)$ (voire d'une dosimétrie d'ambiance $H^*(10)$ positionnée derrière le paravent si les résultats de l'étude de poste le permettent). L'étude de poste devra aussi indiquer si un suivi dosimétrique des extrémités est nécessaire.*

Stock de sources non scellées (laboratoire de recherche).



2.5 TRANSPORT DE SUBSTANCES RADIOACTIVES

La partie concernant le transport de combustible nucléaire a été traitée précédemment. Concernent les secteurs médical, industrie et recherche, on dénombre près de 980 000 transports par an. (*Référence : Projet du guide ASN sur le plan de gestion des évènements TMR*).



Après discussion avec quelques acteurs du transport, il semble nécessaire de mettre en évidence l'ensemble des opérations qui entrent dans la chaine du transport. En effet, des problématiques différentes peuvent conduire à des expositions hétérogènes.
Les principaux acteurs sont: Emballeur, Remplisseur, Expéditeur, Chargeur – déchargeur, Transporteur, Destinataire.

Par ailleurs un rappel sur la définition des colis de matières radioactives permettra d'avoir une approche plus précise du risque :

La matière radioactive transportée doit être caractérisée en fonction de son degré de dangerosité. La caractérisation peut porter sur l'activité totale transportée, l'activité massique (pour les matières ayant une faible activité spécifique) ou l'activité surfacique (pour les objets contaminés).

Cette matière est ensuite mise dans un emballage adéquat, l'ensemble matière/emballage formant le colis de matière radioactive.

Pour l'ensemble des opérations de transport, les rayonnements pris en compte sont les rayonnements électromagnétiques et le rayonnement neutronique dans le cas du transport d'une source neutronique type Américium 241 ou Béryllium 9 ou de combustibles irradiés.

Problématiques identifiées par le secteur d'activité

- *Il existe peu d'études sur les évaluations des expositions des transporteurs. SISERI ne distingue pas ce secteur d'activité et les compétences en radioprotection sont très hétérogènes, par le fait que toutes les entreprises de transport de substances radioactives ne font pas appel à des personnes compétentes en radioprotection. L'évolution récente des obligations de l'arrêté PCR définit un nouveau secteur transport et 2 niveaux. Cela pourra pallier en parti à cette lacune.*
- *Il existe une difficulté de cohérence entre la règlementation transport et le Code du travail.*
- *Certaines catégories de personnel intègrent des doses efficaces dépassant la dizaine de mSv sur l'année.*
- *Un opérateur peut cumuler les opérations, chargeur / déchargeur, conducteur, voire emballeur ou remplisseur.*
- *Lorsque les colis sont volumineux et lourds, la manutention se fait par des moyens adaptés et l'opérateur intègre, sauf cas particulier, des doses réduites. L'opérateur est soumis à un champ homogène et l'exposition est prise sur le corps entier et la dose efficace mesurée donne un bon ordre de grandeur des doses équivalentes.*
- *Dans le cas de manutention de petits colis, le champ est inhomogène et les débits d'équivalent de dose au contact peuvent aller jusqu'à 2 mSv/h voire 10 mSv/h (utilisation exclusive). La manutention peut se faire manuellement. Cela concerne beaucoup le transport de colis à usage médical, notamment lors des transports des radio pharmaceutiques marqués au fluor 18.*
- *La dose au cristallin sera inférieure, en condition normale, à la dose efficace, le colis étant porté au plus près de la poitrine et donc ayant une influence plus grande sur les dosimètres poitrine (passif et actif). Les énergies des rayonnements γ émis par le radionucléide ne permettent généralement pas de mettre un équipement de protection individuel de type tablier plombé.*



- *Lors de la récupération des colis, il n'est pas rare que le conducteur attende dans les aires de chargement que ses colis soient prêts, étiquetés et contrôlés. Les aires de chargement présentent des débits de dose assez élevés parce qu'un nombre important de colis est en attente et cela contribue largement à la dosimétrie de ces personnes. Une PCR interrogée indique que 70% de la dose est intégrée lors de ces opérations et 30% de la dose est intégrée lors du transport effectif. Les doses efficaces intégrées peuvent alors avoisiner les 15 à 18 mSv en 12 mois. Dans ce cas, en dehors de toute manutention manuelle, le suivi par la dose efficace s'avère suffisant.*
- *Lors du transport, les conditions radiologiques sont définies par le programme de protection radiologique qui est obligatoire pour tout transport de matières radioactives. L'exposition du conducteur n'est pas homogène et le dos est la partie la plus exposée.*

Suggestions du secteur d'activité

Chaque intervenant doit faire l'objet d'une étude adaptée.

- *La manutention peut être aidée de moyens appropriés mais le suivi des extrémités s'avère nécessaire en fonction des résultats des études de poste.*
- *Un guide sectoriel doit tenir compte des opérations de chaque acteur, il précisera les éléments nécessaires pour effectuer les études de poste.*
- *Concernant la mise en place d'une dosimétrie au cristallin, une estimation à partir de l'équivalent de dose individuelle devrait être possible.*
- *La notion de chargement sera importante et il sera nécessaire, autant que possible, de privilégier l'éloignement des colis présentant des débits d'équivalent de dose les plus importants, tout en respectant les contraintes réglementaires (débit de dose à 2 m du véhicule), et en tenant compte des manipulations liées à la livraison, lors du transport.*
- *Pendant le transport, le dosimètre pourra être porté au niveau du dos de manière à éviter l'atténuation due au corps du chauffeur. La directive européenne évoque d'ailleurs, le port du dosimètre sur le tronc et non spécifiquement à la poitrine.*



Conteneur citerne de type LSA III








Manutention de colis radioactifs

3 DOSIMÉTRIE : ÉTAT DE L'ART

3.1 UNITÉS DE MESURE EN RADIOPROTECTION : DOSE ÉQUIVALENTE, DOSE EFFICACE, ÉQUIVALENTS DE DOSE

Dans le cadre de la radioprotection des travailleurs on identifie 3 jeux de grandeurs utilisées en dosimétrie externe des rayonnements. En premier lieu, on trouve les grandeurs physiques (dose absorbée, kerma et fluence). Elles sont mesurables de manière absolue par les laboratoires de métrologie nationaux. La dose absorbée et le kerma sont exprimées en gray (Gy), alors que la fluence est exprimée en « particule » par unité de surface. C'est à partir de ces dernières que les valeurs des grandeurs de protection et des grandeurs opérationnelles sont déterminées en appliquant des coefficients de conversion dont la valeur varie en fonction de la nature, de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement.

Le risque stochastique associé à l'exposition aux rayonnements ionisants est estimé au moyen des grandeurs de protection : la dose efficace, E, et les doses équivalentes aux organes (T), H_T, exprimée en sievert (Sv). Les valeurs des coefficients de conversion entre grandeurs physiques et grandeurs de protection sont calculées dans des fantômes, représentant l'anatomie humaine. Notons que ces coefficients sont calculés dans des conditions d'exposition homogène du fantôme. Les limites d'exposition des travailleurs sont exprimées en fonction des grandeurs de protection. Cependant, elles ne sont pas mesurables et ne permettent donc pas à elles seules de vérifier le respect des limites d'exposition. Il faut donc leur adjoindre des grandeurs mesurables. Ce sont les grandeurs opérationnelles dites « équivalents de dose »; elles aussi exprimées en sievert.

Les valeur des coefficients de conversion entre grandeurs physiques et grandeurs opérationnelles sont calculées à partir de modèles simplifiés (fantômes sphérique, cylindrique et parallélépipédique composés d'un matériau équivalent au tissu de masse volumique égale à 1 g/cm^3). Les grandeurs opérationnelles servent d'estimateurs mesurables des grandeurs de protection.



L'équivalent de dose est mesuré au moyen de dosimètres relatifs, nécessitant un étalonnage dans la grandeur qu'ils mesurent. Deux sortes de mesures sont possibles selon qu'il s'agisse de mesures collectives ou individuelles :

- la dosimétrie d'ambiance à poste fixe ou mobile,
- la dosimétrie individuelle (les dosimètres sont portés en contact du corps – tronc, poignet, cheville, doigt, tête, …).

Selon le cas, le dosimètre ne reçoit pas le même rayonnement.

Dans le cas de la dosimétrie individuelle, il est non seulement exposé aux rayonnements « directement incidents » émis par la source, mais aussi aux rayonnements rétro diffusés et atténués par le corps.

Il y aura donc pour chaque organe cible et le corps entier un équivalent de dose pour la dosimétrie d'ambiance et un équivalent de dose pour la dosimétrie individuelle.

On distingue deux organes qui doivent faire l'objet d'un suivi particulier : la peau et le cristallin. Ainsi, les équivalents de dose sont définis à des profondeurs différentes, 10 mm pour les irradiations corps entier, 3 mm pour le cristallin et 0,07 mm pour la peau. La profondeur est l'un des paramètres qui permet d'ajuster au mieux l'estimation des grandeurs de protection par les grandeurs opérationnelles.

On dénombre donc 6 grandeurs opérationnelles (équivalents de dose) présentées dans le tableau ci-dessous.

SCHÉMA N°6 - RÉCAPITULATIF DES GRANDEURS OPÉRATIONNELLES (ÉQUIVALENT DE DOSE)

Type de dosimétrie	Grandeurs dosimétriques opérationnelles	Grandeurs de protection estimées
Dosimétrie d'ambiance	$H^*(10)$: équivalent de dose ambiant	Dose efficace, E
	$H'(3)$: équivalent de dose directionnel à 3 mm de profondeur	Dose équivalente au cristallin, $H_{cristallin}$
	$H'(0,07)$: équivalent de dose directionnel à 0,07 mm de profondeur	Dose équivalente à la peau, H_{peau}
Dosimétrie individuelle (dosimètre porté sur le corps*)	$H_p(10)$: équivalent de dose individuel à 10 mm de profondeur	Dose efficace, E
	$H_p(3)$: équivalent de dose individuel à 3 mm de profondeur	Dose équivalente au cristallin, $H_{cristallin}$
	$H_p(0,07)$: équivalent de dose individuel à 0.07 mm de profondeur	Dose équivalente à la peau, H_{peau}

* pour $H_p(10)$ le dosimètre est porté sur le tronc,
pour $H_p(0,07)$ le dosimètre peut être porté au poignet, à la cheville ou au doigt,
pour $H_p(3)$ le dosimètre est porté au plus près du cristallin.



3.2 NORMES : DOSIMÈTRE D'AMBIANCE / DOSIMÈTRE INDIVIDUEL

Un dosimètre, qu'il soit passif ou opérationnel, doit présenter des caractéristiques techniques qui lui permettent de mesurer l'équivalent de dose avec une précision suffisante. Il n'existe pas de dosimètre qui mesure de manière parfaite les équivalents de dose, il est donc nécessaire d'introduire des plages de variation autorisées autour des caractéristiques désirées. Ces plages de variation sont déclinées sous forme de critères rassemblés dans des tests de type décrits dans des normes CEI et ISO. Les critères dépendent de la nature du rayonnement et de la catégorie de dosimètre (ambiance, individuel, corps entier, cristallin, peau). Ces normes décrivent aussi les méthodes pour pratiquer les tests de types permettant de vérifier les caractéristiques des dosimètres. Le tableau ci-dessous présente les principales normes utilisées.

SCHÉMA N°7 - NORMES INTERNATIONALES CONCERNANT LES DOSIMÈTRES INDIVIDUELS ET D'AMBIANCE.

Rayonnement	Dosimètre d'ambiance		Dosimètre individuel	
	Lecture directe	Passif	Opérationnel	Passif
Photons et particules beta	CEI 60846-1	CEI 62387	CEI 61526	CEI 62387 & ISO 12794
Neutrons	CEI 61005	-		ISO 21909

Les dosimètres mesurant les grandeurs opérationnelles doivent être étalonnés. Les procédures d'étalonnage doivent être aussi simples que possible, afin de faciliter la reproductibilité des mesures, et représentatives des conditions d'utilisation du dosimètre.

Un dosimètre d'ambiance est étalonné « en champ libre », c'est-à-dire en l'absence de tous matériaux atténuant et diffusant significativement le rayonnement.

Un dosimètre individuel est étalonné posé à la surface d'un fantôme dont la composition est sensée reproduire la rétrodiffusion du rayonnement sur le dosimètre comme il le serait à la surface du corps.

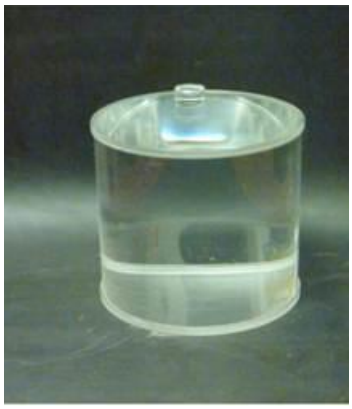
La forme du fantôme varie selon que le dosimètre individuel est destiné à la dosimétrie :

- du « corps entier » : il s'agit d'un fantôme parallélépipède de 30 x 30 x 15 cm^3,
- des extrémités : il s'agit soit d'un fantôme dit « colonne » (30 cm de long sur 7,3 cm de diamètre) pour les poignets, soit un fantôme dit « rondin » (30 cm de long sur 1,9 cm de diamètre) pour les doigts,
- du cristallin : il s'agit d'un fantôme ortho cylindrique de 20 cm de diamètre.

Les conditions d'étalonnage pour la dosimétrie individuelle utilisant ces fantômes sont décrites dans les normes ISO rassemblées dans le tableau ci-dessous.

Rayonnement	Bibliographie
Tous	Norme ISO 29661
Photons	Normes ISO série 4037
Particules Bêta	Normes ISO série 6980
Neutrons	Normes ISO séries 8529 et 12789







Vues des fantômes utilisés pour l'étalonnage des dosimètres individuels, de gauche à droite :

- fantôme tête (ortho-cylindre de 20 cm de diamètre) pour les dosimètres « cristallin » ;
- fantôme parallélépipédique (30 cm x 30 cm x 15 cm) pour les dosimètres « corps entier » portés sur le tronc ;
- fantômes colonne (diamètre 1,9 cm hauteur 30 cm) et rondin (diamètre 7,3 cm hauteur 30 cm) pour les dosimètres « extrémité ».

3.3 TYPES DE DOSIMÈTRES INDIVIDUELS

La dosimétrie externe consiste à mesurer les doses reçues par une personne exposée dans un champ de rayonnements (rayons X, gamma, bêta, neutrons, …) générés par une source extérieure à la personne. Les dosimètres individuels portés par les travailleurs, adaptés aux différents types de rayonnements, permettent de connaître la dose reçue par le corps entier (dosimètres portés sur le tronc) ou par une partie du corps (doigts, poignet, cristallin…), soit en différé, soit en temps réel.

3.3.1 DOSIMÉTRIE PASSIVE

Un dosimètre passif exploité par un laboratoire agréé permet :

- une évaluation de l'exposition en toute indépendance vis-à-vis de l'employeur,
- de s'assurer que la chaîne de mesure et son exploitation répondent à des exigences normatives garantissant la qualité des résultats de mesure.

3.3.1.1 Dosimétrie photons et bêta

Les dosimètres thermo-luminescents (TLD)

Les dosimètres thermo-luminescents utilisent la propriété de certains matériaux qui restituent, lorsqu'ils sont chauffés, une partie de l'énergie reçue sous forme de lumière. La quantité de lumière émise dans des conditions données de chauffage est proportionnelle à la dose reçue.

Exemple de matériaux TLD : LiF, $Li_2B_4O_7$, Al_2O_3, CaF_2, $CaSO_4$ dopés de divers éléments.

Les dosimètres à luminescence optiquement stimulée (OSL)

Le principe de fonctionnement des dosimètres à luminescence optiquement stimulée (OSL) repose sur la lecture d'une émission de lumière d'un matériau lorsqu'il est stimulé par excitation lumineuse.



Lors de l'exposition de ce dosimètre à des rayonnements ionisants, des charges se trouvent piégées dans le matériau. Lorsqu'on illumine le matériau avec de la lumière (laser, diode électroluminescente), cette dernière apporte l'énergie nécessaire à la libération d'une fraction des électrons retenus dans ces pièges provoquant ainsi l'émission d'une quantité de lumière proportionnelle à la dose reçue.
Exemple de matériaux OSL : poudre d'oxyde d'aluminium dopé au carbone, Al2O3:C.

Les dosimètres radio photo luminescents (RPL)

Les dosimètres radio photo luminescents (RPL) utilisent une propriété qu'ont certains verres. Sous l'effet des rayonnements ionisants, des électrons sont arrachés aux atomes et se trouvent piégés dans des défauts de la structure du verre. Lorsqu'on illumine le verre avec de la lumière ultraviolette, ces électrons s'excitent, et produisent ensuite par désexcitation une luminescence caractéristique. La luminescence est proportionnelle à la dose reçue.

Dosimètre passif associant une chambre d'ionisation à un composant électronique

L'élément sensible du dosimètre combine une chambre d'ionisation au sein de laquelle le rayonnement crée des paires électron-ion. La chambre d'ionisation est associée à un composant électronique capable d'enregistrer les charges ainsi créées. Le système constitue par nature un dosimètre passif permettant de mesurer les grandeurs opérationnelles, mais il peut être couplé avec un système de lecture non destructif du nombre de charges qui peut en faire un dosimètre individuel muni d'une alarme. Le dosimètre « Direct ion storage » est un exemple de ce type de design.

La plupart des dosimètres sont équipés de filtres utilisés pour la correction de leur réponse en fonction de l'énergie. Dans certains cas, ils permettent de préciser les conditions d'exposition du dosimètre : type de rayonnement, énergie, exposition en statique ou non. Ces informations peuvent s'avérer très utiles en cas de dépassement des limites réglementaires pour préciser les conditions de l'exposition du dosimètre.

Exemple 1 : Dosimètre RPL avec une image de la dose

Photons de 28 keV en position statique
(Bords des filtres nettement marqués)

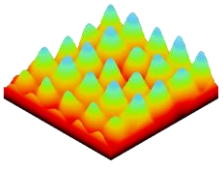


Photons de 28 keV en utilisation dynamique
(Bords des filtres flous)



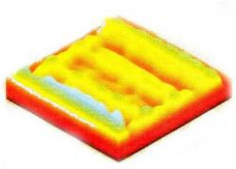
Exemple 2 : dosimètre OSL

Position statique



(Éléments de la grille nettement visibles)

Position dynamique



(Éléments de la grille flous)

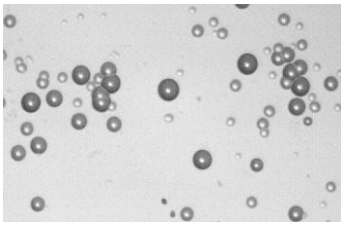


3.3.1.2 Dosimétrie neutrons

Les détecteurs solides de traces

Les détecteurs solides de traces sont des matériaux polymères (en général CR-39 – Colombia Resine 39) qui ne détectent que des particules chargées lourdes (neutrons, protons, particules alpha). Ces dernières, créées par interaction (n, p) ou (n, g) dans le polymère ou dans un convertisseur accolé au polymère, créent des dommages tout le long de leur trajectoire lorsqu'elles traversent le matériau.

Ces défauts laissent une trace latente du passage de la particule de façon permanente après l'irradiation. Ces dommages sont ensuite révélés par un processus d'attaque chimique. Des traces sont ainsi révélées à la surface du matériau ; elles sont alors comptées par lecture au microscope optique (voir photographie ci-contre, chaque cercle correspond au passage d'une particule chargée).



Les dosimètres à albédo

Le corps d'une personne soumise à un champ de rayonnement neutronique peut être considéré comme un système modérateur pour les neutrons. En effet, une partie des neutrons épi-thermiques et rapides du spectre perdent de l'énergie par diffusion élastique sur les éléments légers, l'hydrogène en particulier, composant le corps humain. La dosimétrie d'albédo est basée sur la détection de ces neutrons de basses énergies dit neutrons d'albédo. Tout système permettant de mesurer des neutrons thermiques peut alors servir de dosimètre à albédo. Toutefois, le dosimètre à albédo est généralement basé sur la technique de thermoluminescence.

Remarque sur la dosimétrie passive

Les dosimètres passifs peuvent être lus sur site moyennant certaines dispositions (lecteur ad-hoc, information dosimétrique conservée après lecture, etc.), ceci dans une démarche d'optimisation s'apparentant à l'utilisation d'un dosimètre opérationnel.

3.3.2 DOSIMÉTRIE OPÉRATIONNELLE

Les dosimètres opérationnels doivent permettre de mesurer en temps réel les rayonnements ionisants auxquels le travailleur est exposé. Ce type de dosimètre a également une fonction alarme dont les seuils de déclenchement peuvent être définis en dose et en débit de dose. Les systèmes de détection les plus utilisés sont une diode silicium ou un compteur GM.

Ces systèmes ont une batterie intégrée et doivent être étalonnés annuellement.

De nombreux modèles de dosimètres opérationnels sont aujourd'hui disponibles. Un panorama très complet sur l'état de l'art de la dosimétrie opérationnelle au niveau européen a été dressé récemment au sein de l'association EURADOS (Ginjaume et al. 2007).



Le projet européen ORAMED a étudié les limites de réponses de ces dosimètres pour des champs de rayons X pulsés de basses énergies utilisés en cardiologie et radiologie interventionnelle (Rapport EURADOS 2012-02, ISSN 2226-8057, rapport CEA R 6233 ; ISSN 0429 3460). Pour rappel, les durées d'impulsion sont de l'ordre de la milliseconde, la fréquence d'impulsion varie de 1 à 30 images par seconde et les débits de dose varient de quelques mSv/h dans le rayonnement diffusé à plus de 300 Sv/h dans le champ direct.
Concernant le choix des dosimètres, ce groupe de travail conclue que les dosimètres doivent *a minima* répondre aux exigences de la norme IEC 61526 (2010-07) et avoir une bonne réponse pour des débits de dose supérieurs à 1 Sv/h (débit de dose maximum requis par la norme) ou *a minima* déclencher des alarmes au-delà de cette valeur.

3.3.3 AUTRES SYSTÈMES ÉLECTRONIQUES

Il existe d'autres systèmes qui peuvent être utilisés en complément de la dosimétrie passive ou opérationnelle comme :

- des systèmes d'alerte avec ou sans affichage,
- des systèmes dosimétriques pour des mesures extrémités/cristallin permettant de faire des études de poste et, le cas échéant de l'optimisation de procédure,
- de la télé dosimétrie d'ambiance ou individuelle.

3.4 COMPARAISON DOSIMÉTRIE OPÉRATIONNELLE / DOSIMÉTRIE PASSIVE

L'expérience a montré que l'intégration des doses mesurées par les dosimètres actifs, sur une période donnée, conduit parfois à des équivalents de dose individuels différents à ceux mesurés par des dosimètres passifs mis en œuvre sur la même période. Les écarts peuvent parfois être assez importants.
La norme ISO 15690 décrit des recommandations relatives au traitement des écarts entre des systèmes dosimétriques individuels utilisés en parallèle.
Le besoin d'étudier les écarts entre les doses individuelles dépend du niveau de ces doses individuelles ainsi que de l'ampleur de l'écart. Il convient d'étudier l'écart entre les doses évaluées à la lumière des incertitudes mentionnées dans les normes de caractérisation (voir la CEI 61526 et la CEI 62387).



4 PISTES D'AMÉLIORATION CONCEPTUELLES ET MÉTHODOLOGIQUES

Les pistes d'améliorations conceptuelles et méthodologiques proposées sont basées sur :

- les recommandations de la directive EURATOM 2013/59 ;
- les orientations stratégiques de l'atelier 1 avec l'introduction du concept de «Valeur d'exposition Déclenchant une Action de prévention (VDA) » et de « travailleur soumis au risque rayonnement ionisant » ;
- le rapport sur les évolutions souhaitables du zonage ;
- les remontées des différents secteurs d'activité ;
- l'état de l'art de la dosimétrie.

Deux pistes d'amélioration sont proposées :

- introduire deux concepts : la **surveillance radiologique** et le **suivi dosimétrique**. Cette distinction permet de répondre aux dilemmes présentés par le sur-classement de professionnels exposés dans des zones non réglementées, mais aussi le sous classement d'un certain nombre de professionnels exposés entrant occasionnellement dans une zone réglementée;
- recourir à des évaluations indirectes afin d'évaluer une dose à un organe spécifique à partir d'un dosimètre déporté pour le suivi des extrémités ou du cristallin.

4.1 SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE / SUIVI DOSIMÉTRIQUE

La surveillance radiologique est l'évaluation de l'exposition individuelle / de groupe / d'ambiance avec une traçabilité locale sous la responsabilité de l'employeur.
Le suivi dosimétrique est une mesure de l'exposition individuelle dont la traçabilité est effectuée via SISERI, avec un enregistrement informatique sécurisé au niveau national des résultats dosimétriques.

Ces concepts sont déclinés selon la délimitation des zones réglementées dans lesquelles intervient le travailleur.
La délimitation des zones réglementées est liée à des valeurs annuelles. Ce seul critère annuel pourrait être générateur de confusion, voire anxiogène, en mettant en place une signalisation et une surveillance dans des lieux qui sont actuellement non classés. En outre, ceci conduirait à une impossibilité de délimitation dans les cas où la zone s'étendrait au-delà de l'emprise (au sol ou en volume) de la salle, de l'entreprise ou établissement.
Ainsi, selon la localisation géographique des lieux de travail, une confusion pourrait être créée entre les expositions liées au travail et celles liées au bruit de fond : 1 mSv / (365 jours x 24 heures) = 1/8760 = 114 nSv/h avec un bruit de fond du même ordre de grandeur. Il est à noter que le débit de dose ambiant naturel peut atteindre dans certains départements des valeurs de plus de 200 nSv/h (cf. rapport IRSN sur la surveillance de l'environnement).
La limite de 1 mSv par an est actuellement traduite par une limite mensuelle 80 µSv/mois selon l'arrêté du 15 mai 2006. Cette limite pourrait donner lieu à des valeurs opérationnelles sectorielles devant être dûment justifiées ;par exemple 1 mSv sur 1600 heures (suggestion du GT zonage) ou sur le temps de présence de la (des) sources de rayonnement…..
Ces valeurs sectorielles opérationnelles seraient déterminées selon les critères, méthodologies et protocoles de surveillance radiologique d'ambiance retenus.



Intervention dans un lieu de travail contenant une source de rayonnements ionisants, mais n'étant pas délimité comme zone réglementée :

- Aucune surveillance radiologique ou suivi dosimétrique n'est nécessaire.

Intervention en lieu de travail délimité comme zone réglementée surveillée

- soit l'entrée est occasionnelle et l'équivalent de dose est inférieur à la VDA : le travailleur est dit « soumis au risque rayonnement ionisant » et bénéficie d'une surveillance radiologique. Les différents moyens pour assurer cette surveillance radiologique pourraient être :
    - Un appareil de mesure individuelle à lecture immédiate locale et alerte intégrée porté sur l'EPI plombé (Pb) si existant ;
    - Une évaluation qui repose sur une approche d'un groupe d'exposition homogène pour lequel un des membres du groupe bénéficie d'un appareil de mesure individuelle (porté sur l'EPI Pb si existant) à lecture immédiate locale et alerte intégrée servant de référence à l'ensemble des membres du groupe ;
    - Une évaluation d'une dose individuelle à partir d'une ambiance radiologique et de la durée de l'exposition.
- Soit l'entrée est régulière ou occasionnelle avec une potentialité d'équivalent de dose supérieur à la VDA, le travailleur est classé et bénéficie d'un suivi dosimétrique avec une dosimétrie passive individuelle.

Intervention en lieu de travail délimité comme zone réglementée contrôlée

- soit l'entrée est occasionnelle et limitée à un lieu de travail classé en zone contrôlée jaune avec un équivalent de dose inférieur à la VDA : le travailleur est dit « soumis au risque rayonnement ionisant » et doit bénéficier d'une surveillance radiologique assurée par un appareil de mesure individuelle à lecture immédiate locale et alerte intégrée porté sur l'EPI si existant ;
- Soit l'entrée est régulière ou occasionnelle avec une potentialité d'équivalent de dose supérieur à la VDA, le travailleur est classé et bénéficie d'un suivi dosimétrique avec une dosimétrie passive individuelle complétée avec le port d'un appareil de mesure individuelle à lecture immédiate locale avec alerte intégrée.
    - Le port du dosimètre à lecture immédiate directement sur le tronc (sous EPI si existant) assure un suivi dosimétrique ;
    - Dans le cas particulier du port d'un tablier équivalent plombé très efficace notamment pour les photons de basses énergies, le port du dosimètre à lecture immédiate sur le tronc au-dessus de l'EPI peut s'avérer plus pertinent en termes d'optimisation, il s'agit alors d'une surveillance radiologique.

A noter : dans tous les cas, la mise en œuvre d'une surveillance radiologique devra être justifiée, documentée et les modalités en seront précisées: type d'appareil de mesure, définition des groupes d'exposition homogène, position du dosimètre d'ambiance, démonstration de la pertinence de l'approche (notamment dans le cas d'une utilisation de la dosimétrie d'ambiance) ….



Utilisations du dosimètre opérationnel :

Ces deux concepts permettent de concevoir deux utilisations pour les dosimètres opérationnels.

- Surveillance radiologique : le dosimètre opérationnel est porté sur l'EPI : la dose affichée ne peut être tracé dans SISERI et doit être tracée localement ;
- Suivi dosimétrique : si le dosimètre opérationnel est porté dans les conditions de référence sous les EPI, il permet de vérifier le respect des objectifs dosimétriques et peut être tracé dans SISERI.

4.2 ÉVALUATION INDIRECTE ET FACTEURS DE CORRECTIONS

Nous présentons ci-après deux exemples :

- Dans le premier cas, à partir des travaux du groupe de travail n°4 de ORAMED en médecine nucléaire, il s'agit d'évaluer la valeur maximum de l'équivalent de dose individuel à 0.07 mm de profondeur au niveau des extrémités à partir d'une mesure de $H_p(0.07)$ réalisée dans des conditions de port habituelles correspondant aux conditions d'étalonnage soit au niveau du doigt, soit au niveau du poignet.
- Dans le second cas, si l'utilisation d'un dosimètre pour le cristallin s'avère contraignante à mettre en œuvre, il s'agit d'une évaluation indirecte de l'équivalent de dose individuel $H_p(3)$ en l'absence de dosimètre dédié à partir d'une mesure de $H_p(10)$ au niveau du tronc.

Dans les deux cas, le recours à une méthode indirecte doit être dûment justifiée soit, comme dans le premier cas, parce que la mesure de la valeur maximum n'est pas possible soit, dans le second, du fait de la contrainte introduite par le port d'un dosimètre à proximité de l'œil.

4.2.1 DOSIMÉTRIE D'EXTRÉMITÉS EN MÉDECINE NUCLÉAIRE

Cette étude émane du groupe de travail n°4 d'ORAMED qui a étudié le suivi dosimétrique d'extrémités en médecine nucléaire. Les principaux résultats et recommandations de ce groupe de travail pour le suivi dosimétrique dans le cadre de radiologie/cardiologie interventionnelle sont fondés sur des études comparatives qui ont été faites dans plusieurs centres et par simulation Monte Carlo.

Les systèmes de dosimétrie couramment utilisés ne sont pas toujours portés à l'endroit le plus exposé (pour des raisons pratiques, ils sont généralement positionnés à la base de l'index). Il convient cependant de vérifier que la limite de doses de 500 mSv par an n'est pas dépassée en routine pour la région la plus exposée. Pour cela, une évaluation indirecte de la valeur maximale de l'équivalent de dose individuel à 0.07 mm de profondeur $H_p(0,07)$ au niveau des extrémités est nécessaire. La méthode consiste à appliquer un facteur de correction à la mesure de $H_p(0.07)$. La valeur de ce facteur de correction est déterminée lors d'une étude spécifique qui tient compte de la localisation du dosimètre lors de la mesure et détermine la position la plus exposée sur la main. Une cartographie sommaire de $H_p(0.07)$ sur les mains est réalisée (voir figure ci-dessous).

Représentation des différents positionnements des dosimètres





Modèle de moulage utilisé pour simulations



Ce groupe de travail a démontré que :

- la main non dominante (main gauche pour un droitier) est en moyenne plus exposée que la main dominante.
- la pulpe de l'index est en général la position la plus exposée ; cette position est cependant mal adaptée pour le suivi dosimétrique de routine.
- une bonne corrélation est observée entre la dose maximale mesurée à la main et celles mesurées aux positions généralement choisies pour le suivi dosimétrique de routine, à savoir la base des doigts.
- si l'on s'intéresse à la mesure faite à la base de l'index de la main non dominante, le facteur de correction moyen à appliquer, qui permet de rendre compte de la dose maximale reçue, est le plus faible et présente la plus faible variabilité, comparativement aux autres positions utilisées pour le suivi de routine (détecteur se trouvant du côté de la paume).
- en première approximation, la dose maximale reçue à la pulpe des doigts peut être estimée en multipliant par 6 la dose mesurée sur le dosimètre porté conformément à la recommandation précédente.

La méthode présentée ci-dessus se résume donc à l'application d'un coefficient multiplicatif pour évaluer la valeur maximale de $H_p(0,07)$ au niveau de la main, à partir d'une mesure de $H_p(0,07)$ réalisée au niveau du doigt. Le résultat correspondant à la position la plus exposée demeure exprimé en termes de $H_p(0,07)$. L'incertitude sur les mesures de $H_p(0.07)$ peut être prise en compte, en majorant le facteur de correction, si elles sont répétées plusieurs fois, mais elles ne représentent que la fluctuation statistique des mesures.

4.2.2 CRITÈRES D'ACCEPTABILITÉ D'UNE MÉTHODE ALTERNATIVE POUR LA DOSIMÉTRIE EXTERNE DU CRISTALLIN

Le moyen le plus sûr pour déterminer $H_p(3)$ est d'utiliser un dosimètre permettant sa mesure directe, c'est à dire porté au plus près du cristallin. Le port d'un tel dosimètre pouvant être contraignant en fonction du poste de travail, il est intéressant de définir un critère objectif pour choisir entre une mesure directe de $H_p(3)$ au moyen d'un dosimètre porté au plus près du cristallin, et une évaluation indirecte de $H_p(3)$ à partir d'une mesure de $H_p(10)$ à laquelle il faudra appliquer un facteur de correction, déterminé à partir des résultats de l'étude de poste, pour obtenir $H_p(3)$ tout en garantissant que l'on ne le sous-estime pas.

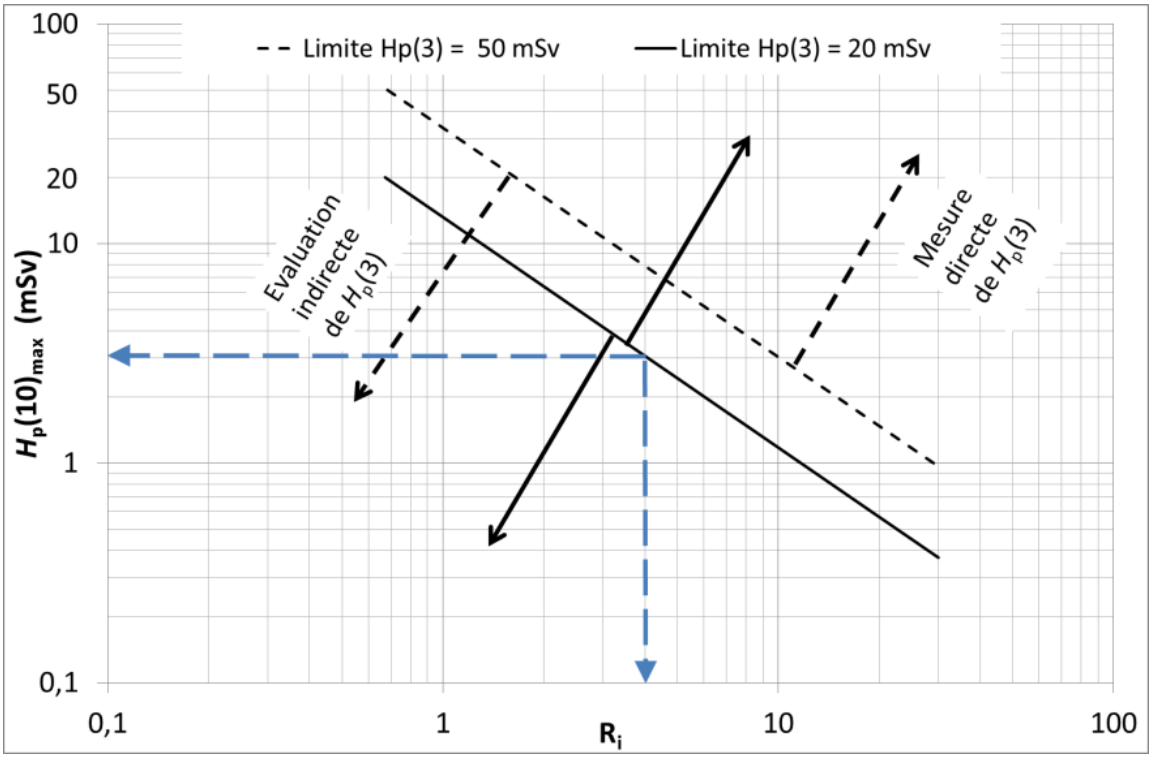
Notons que la méthode requiert une étude de poste pour définir le plus précisément possible les caractéristiques du champ de rayonnements au poste de travail (distribution en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement, variation dans le temps). L'étude de poste permet ainsi d'estimer les équivalents de dose individuels attendus au niveau du tronc et du cristallin.



Bien qu'in fine la méthode se résume à appliquer un facteur multiplicatif à la mesure de $H_p(10)$, la méthode est très différente du cas présenté précédemment. En effet, ici le facteur multiplicatif prend en compte la différence due à la localisation du dosimètre (au niveau de l'œil et du tronc) et la conversion entre deux grandeurs dosimétriques différentes $H_p(3)$ et $H_p(10)$. En outre, la méthode prend aussi en compte les incertitudes statistiques de mesure de $H_p(10)$ comme ci-dessus mais aussi celles dues aux caractéristiques du dosimètre utilisé pour mesurer $H_p(10)$ qui sont décrites dans le test de type (tel que réponse en énergie et en fonction de l'angle, linéarité …).

Les trois paramètres à prendre en compte pour envisager une évaluation indirecte de $H_p(3)$ sont l'homogénéité du champ de rayonnement, le niveau d'exposition et le besoin en termes de précision. La connaissance de la distribution spatiale permet de connaitre l'ampleur du gradient d'équivalent de dose entre les différentes localisations pour un dosimètre (œil, poitrine). On peut traduire l'homogénéité/inhomogénéité du champ de rayonnement en termes de « rapport d'inhomogénéité» ou facteur de conversion R.
Ce rapport, R est définit comme suit : R = $H_p(3)$ / $H_p(10)$, on prendra la valeur la plus pénalisante c'est-à-dire la plus forte.
En considérant les limites d'exposition annuelles pour le cristallin (20 mSv en moyenne sur 5 ans ou 50 mSv en un an) et l'incertitude élargie sur la mesure de $H_p(10)$, on définit les valeurs maximales de $H_p(10)$ mesurée $H_p(10)_{max20}$ ou $H_p(10)_{max50}$, tel que, si $H_p(10)$ mesuré est inférieur à ces maximales, il peut être considéré avec une "confiance" de 95% ou 99.8% ou 99.99% (selon le facteur d'élargissement choisi pour l'incertitude sur $H_p(10)$) que la valeur de $H_p(3)$ calculée à partir de $H_p(10)$ ne dépassera pas la limite choisie de $H_p(3)$. En d'autres termes, le graphe ci-après définit, pour une valeur du rapport R, la valeur maximale de $H_p(10)$, au-delà de laquelle une mesure directe de $H_p(3)$, s'avérerait nécessaire.

SCHÉMA N°8 – MÉTHODE ALTERNATIVE POUR L'ESTIMATION DE LA DOSE AU CRISTALLIN



En pratique, la figure ci-dessus présente la variation de $H_p(10)_{max20}$ (trait plein) et $H_p(10)_{max50}$ (trait pointillé) en fonction du rapport R. Par exemple (flèche pointillée bleu) si l'étude de poste nous apprend que $H_p(3)$ = 8 mSv et $H_p(10)$ = 2 mSv alors R=4. On peut envisager un suivi de la dose au cristallin à partir de la dose corps entier avec un facteur de conversion uniquement si la mesure de $H_p(10)$ est inférieure à 3,1 mSv, dans le cas où l'on considère une limite d'exposition annuelle pour $H_p(3)$ de 20 mSv par an.

Remarques :

- Si R est très grand, cela signifie que la valeur de $H_p(3)$ est très grande comparée à $H_p(10)$, donc que le cristallin est l'organe le plus irradié comparé au corps entier au niveau du tronc. Ce cas peut être rencontré si le dosimètre corps entier est porté sous un tablier de « plomb » alors qu'aucune paire de lunette de protection n'est portée. A titre d'information, l'étude européenne ORAMED a montré qu'en radiologie interventionnelle, 60 % des intervenants portent des tabliers et 30% des lunettes.
- On comprend que le port de protection individuelle (tablier, lunette, gants) et l'utilisation de protections collectives participe à cette inhomogénéité et que, compte tenu des éventuels déplacements du personnel, pour un même poste de travail, une homogénéité parfaite du champ de rayonnement est très improbable. Plus la valeur du rapport est élevée, plus le champ est inhomogène.
- Le point clef, pour l'application de cette méthode, réside dans la détermination du rapport R et de son incertitude associée pendant l'étude de poste. L'évaluation de $H_p(10)$ pour la détermination du rapport R est fondée sur les résultats d'une dosimétrie individuelle (corps entier ou autre) portée selon les conditions d'étalonnage en appliquant des corrections adaptées obtenues à partir des résultats de l'étude de poste.
- Notons qu'une telle démarche d'évaluation de $H_p(3)$ à partir d'une mesure d'équivalent de dose ambiant, au moyen d'un dosimètre de zone disposé à poste fixe, n'est pas envisageable. En effet cela reviendrait à introduire une double évaluation, d'abord celle de $H_p(10)$ à partir de $H^*(10)$ pour prendre en compte l'ensemble de ses déplacements au sein d'un champ de rayonnement, pouvant de surcroit présenter une forte hétérogénéité, puis l'évaluation de $H_p(3)$ à partir de l'évaluation de $H_p(10)$. On comprend que, chaque étape introduisant une incertitude supplémentaire, la méthode perd de son intérêt.

Remarque générale sur l'utilisation des méthodes indirectes :

Au vue de ces recommandations, il serait possible d'intégrer dans l'étude de poste, les mesures de tous les équivalents de dose individuel à 0,07, 3, et 10 mm de profondeur sur toutes les localisations (doigt, poignet, tronc, cheville) afin de définir les facteurs de correction, R, par rapport au suivi dosimétrique de routine. Le facteur doit alors être validé par le RPE/ le guide sectoriel pour pouvoir proposer ces coefficients à l'employeur.
Ce facteur devrait être tracé avec des modalités à définir.



RAPPORT DE L'ATELIER 3

EXPOSITION INTERNE

Atelier 3

M. GONIN

R. AGUILERA	AREVA
L. BATMALLE	AREVA
Ph. BERARD	CEA
S. BOHAND	SPRA / AREVA
C. GUERIN	CoRPAR
N. JOLY	HEGP
P. LAROCHE	AREVA
S. PREVOT	CoRPAR
B. QUESNE	CEA -Retraité
V. RENAUD-SALIS	IRSN
C. CHALLETON DE VATHAIRE	IRSN

Administration

P. MATHIEU	DGT
N. MICHEL DIT-LABOELLE	MSNR
T. KIFFEL	ASN



SOMMAIRE

SYNTHÈSE

RECOMMANDATIONS

1 INTRODUCTION

2 ÉTAT DES LIEUX

Domaine médical et vétérinaire, et recherche associée
Domaine nucléaire
Domaines industrie nucléaire et recherche (hors médical et nucléaire)
Cas particuliers

3 INTERROGATIONS ET RÉFLEXIONS

Comment définir un programme de surveillance pertinent et adapté ?
Comment améliorer la traçabilité de la surveillance des expositions ?

SCHÉMAS

SCHÉMA 1 Conduite à tenir en fonction de la VDA issue de l'évaluation des risques
SCHÉMA 2 Procédures de surveillance collective et individuelle
SCHÉMA 3 Domaine médical et vétérinaire : surveillance réalisée à intervalle régulier
SCHÉMA 4 Domaine médical et vétérinaire : surveillance par examens anthroporadiométriques
SCHÉMA 5 Domaine médical et vétérinaire : surveillance spéciale suite à évènement
SCHÉMA 6 Domaine nucléaire : surveillance réalisée à intervalle régulier
SCHÉMA 7 Domaine nucléaire : surveillance spéciale suite à évènement
SCHÉMA 8 Domaine non nucléaire et recherche : surveillance réalisée à intervalle régulier
SCHÉMA 9 Domaine non nucléaire et recherche : surveillance spéciale suite à évènement
SCHÉMA 10 Estimation de l'activité incorporée : 5 tableaux



SYNTHÈSE

CE TRAVAIL réalisé avec des représentants de chaque domaine d'activité et les représentants des institutions, ASN – DGT - IRSN, a permis de confronter les différents points de vue, problématiques et pratiques professionnelles et de dégager des axes d'amélioration partagés.

LES DOMAINES CONCERNÉS par cette réflexion sont les domaines médical, vétérinaire (et la recherche associée), nucléaire, industrie non nucléaire et recherche-enseignement (hors médical et vétérinaire). Le secteur des industries NORM écarté de la feuille de route de l'atelier, n'est pas abordé.

DEUX TRAVAUX COMPLÉMENTAIRES ont enrichi la réflexion : une enquête réalisée auprès des acteurs des domaines médical et vétérinaire, et une étude dans le cadre d'un stage en master en radioprotection sur l'évaluation de nouvelles approches méthodologiques pour le suivi des expositions internes des travailleurs en milieu médical

LES RÉFLEXIONS ONT PORTÉ SUR LES DEUX GRANDS THÈMES SUIVANTS :

Comment définir un programme de surveillance pertinent et adapté ?

1 Comment évaluer le niveau du risque potentiel d'exposition interne à partir de l'analyse de poste et des expositions ? les critères d'évaluation du niveau et les critères de décision

2 Comment définir un protocole de surveillance à partir de l'évaluation de ce niveau ?

1. Dans quelles conditions les contrôles techniques d'ambiance radiologique pourraient-ils permettre de s'affranchir de la surveillance individuelle de l'exposition interne ?

a. Comment garantir la détection d'une situation anormale ?

b. Comment rendre recevable les contrôles techniques d'ambiance radiologique pour répondre à la finalité ? Quelle représentativité de ces contrôles ?

2. Quand doit-on mettre en place une surveillance individuelle ?

3. Comment juger de la pertinence du programme ?

3 Comment réaliser une évaluation de dose à partir des résultats d'un protocole de surveillance ?

Comment améliorer la traçabilité de la surveillance des expositions ?

EN CONCLUSION, LE GROUPE A FORMULÉ 14 RECOMMANDATIONS regroupées selon 4 thèmes principaux :

- Modalités de la surveillance de l'exposition interne : pourquoi, quand, comment, et qui ?
- Traçabilité des expositions : comment la renforcer au mieux ?
- Évaluation de dose
- Acteurs et parties prenantes

EN COMPLÉMENT, DES GUIDES SECTORIELS reconnus par les professionnels seraient utiles par domaine, voire secteur d'activité, notamment sous forme d'exemples pratiques pour la mise en œuvre de ces recommandations.



RECOMMANDATIONS

Les recommandations qui suivent n'ont pas pour objectifs de reprendre la synthèse des constats et réflexions établis tout au long du rapport, mais de mettre en exergue l'essentiel des pistes de réflexion qui pourraient permettre d'améliorer les aspects de la surveillance de l'exposition interne, tant sur la lisibilité des actions, que sur leur simplification, en veillant à ne pas diminuer le niveau de surveillance tout en l'allégeant chaque fois que possible et nécessaire.

Des guides sectoriels reconnus par les professionnels seraient utiles par domaine, voire secteur d'activité, notamment sous forme d'exemples pratiques pour la mise en œuvre de ces recommandations.

MODALITÉS DE LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INTERNE

R1. La finalité attendue de la surveillance de l'exposition interne est de vérifier l'absence d'incorporation et, en cas d'incorporation, d'évaluer une dose en exposition interne.

Le retour d'expérience de la surveillance montre que le risque d'exposition interne est évalué, et garanti par la maitrise :

- des installations : conceptions, concept d'installations propres…,
- de la mise en œuvre des contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail,
- de la formation des intervenants : respect et renforcement des bonnes pratiques.

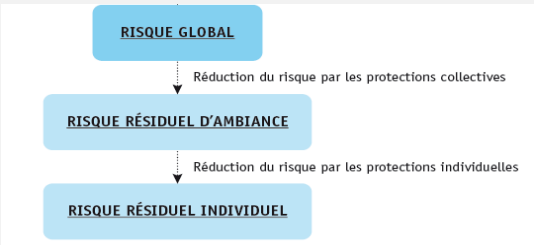
La surveillance individuelle est un contrôle *a posteriori* :

- surveillance spéciale déclenchée suite à une erreur de manipulation (bris de flacon, ..), à une alerte en provenance des contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail (volumiques et surfaciques) et de la surveillance de contamination externe des personnes (portiques de détection et contrôleur mains pieds par exemple),
- surveillance individuelle périodique dont la nature et la périodicité dépendent des situations et du niveau de risque.

R.2 La valeur de 1 mSv en exposition interne est retenue comme la VDA : valeur d'exposition déclenchant une action de prévention renforcée.

Une estimation du niveau de risque d'exposition interne est donc à réaliser pour toutes les situations d'exposition concernées.

L'analyse est réalisée à deux niveaux :





- Si le niveau de risque résiduel d'ambiance amène à l'évaluation d'une dose efficace engagée potentielle en exposition interne supérieure ou égale à 1 mSv, cela doit entraîner des dispositions spécifiques de renforcement de la prévention et des alertes, que ce soit en matière de protections collectives et surtout individuelles.
- Un niveau de risque résiduel individuel peut alors être défini en tenant compte du port d'EPI. Pour retenir ce critère, des garanties doivent être apportées sur le port effectif des protections et leur efficacité.

Aucun niveau ou seuil de référence n'est défini par la réglementation à ce jour.

- Le code du travail reste très général en évoquant la nécessité d'une évaluation « après toute exposition interne ».

  L'article R 4451-12 du code du travail précise que la comparaison des doses retenues avec les limites règlementaires se fait sur 12 mois consécutifs.
- La norme NF EN ISO 20553 et la publication n°78 de la CIPR ont défini des niveaux de référence dénommés niveau d'enregistrement et niveau d'investigation, et même niveau d'action.

  Elles proposent de retenir la valeur de 1 mSv par an comme valeur du niveau d'enregistrement.

  Cette valeur est en accord avec celle figurant dans la majorité des pratiques professionnelles publiées.
- Cette valeur est également celle retenue par l'IRSN dans l'établissement du bilan annuel des expositions pour les travailleurs exposés, et correspond à la valeur limite annuelle d'exposition du public.

La valeur de 1 mSv est donc la valeur guide retenue à partir de laquelle une dose efficace engagée doit être estimée, retenue et enregistrée. Elle conditionne la mise en place des programmes de surveillance.

Elle s'applique à l'ensemble des expositions professionnelles sur 12 mois consécutifs, qu'elle soit estimée lors du traitement d'évènements ponctuels (incident unique) ou à l'occasion du bilan dosimétrique annuel de l'exposition interne (cumul des incidents de l'année).

Toute dose individuelle d'exposition interne supérieure à 1 mSv doit être déclarée à l'IRSN-SISERI [15].

Les situations d'exposition font l'objet d'une analyse de risques préalable, permettant ainsi un repérage des situations à risque particulier d'exposition interne.

Le retour d'expérience des alertes et des événements enrichit et complète ce repérage.

L'évaluation du risque d'exposition interne est ainsi réalisée sur la base des situations « normales » de travail les plus pénalisantes, mais aussi les plus plausibles et intégrant les aléas raisonnablement prévisibles. Cf § 3.

Le risque d'exposition interne :

- est calculé pour une exposition annuelle sur la base des critères exposés au paragraphe 3.1.1,
- est exprimé en dose individuelle efficace engagée : inférieure 0,1 mSv, entre 0,1 mSv et 1 mSv, supérieure ou égale à 1 mSv.

15 Arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants annexe II § 2.3



R.3 Les modalités de la surveillance et les protocoles qui en découlent doivent être pertinents et adaptés, mais en veillant au caractère opérationnel du suivi, réellement applicable, appliqué et contrôlé.

À partir de ces analyses de risque, des protocoles de surveillance de l'exposition interne « de référence » sont à définir, en coopération entre les services de prévention des risques et/ou PCR et les médecins du travail, pour chaque type de situation de travail ou de chantier exposant comparables, au sein des établissements concernés.

Les objectifs des programmes de surveillance de l'exposition interne sont multiples et complémentaires :

- détecter et identifier les incorporations : contrôles techniques d'ambiance radiologique, surveillance individuelle de contamination externe, surveillance individuelle à visée collective par échantillonnage,
- estimer l'efficacité des mesures de prévention aux postes de travail (EPC, EPI, modes opératoires) : surveillance individuelle de contrôle, contrôles techniques d'ambiance radiologique,
- valider l'acquisition des bonnes pratiques des nouveaux intervenants : surveillance de « chantier » au plus près de l'exposition,
- garantir un suivi radiologique et dosimétrique des personnels exposés.

Pour répondre aux finalités suivantes :

- dépister les incorporations non détectées par la surveillance radioprotection à un niveau de dose efficace engagée inférieur à 1 mSv,
- dépister les contaminations externes par des contrôles de contamination corporelle mains/pieds à un niveau de détection permettant une alerte de dose équivalente à la peau inférieure à 50 mSv/cm² (surface = 1 cm² le plus contaminé et une profondeur des cellules basales de 0,07 mm),
- permettre une prise en charge médicale adaptée,
- évaluer une dose qui pourra être enregistrée,
- tracer la surveillance,
- contribuer au retour d'expérience et à l'amélioration de la prévention.

De nombreuses situations d'exposition interne correspondent à des expositions suffisamment fréquentes pour faire l'objet de prévisions quantifiables.

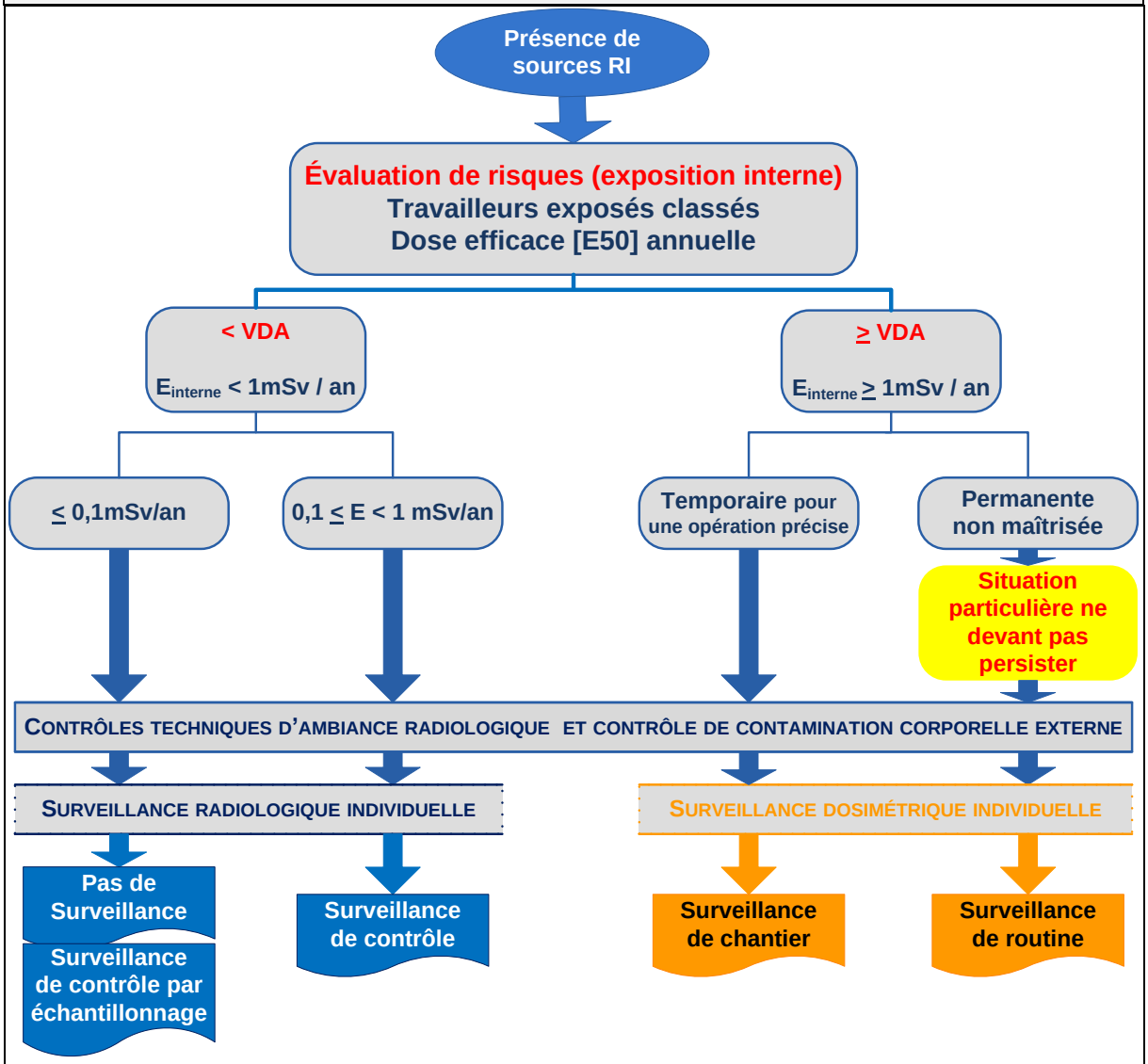
Les protocoles de référence déclineraient :

- les contrôles techniques d'ambiance radiologique avec l'ensemble des dispositifs de prévention, pour éviter la contamination ou pour alerter de toute situation anormale, à décliner dans tous les cas et à adapter aux situations de travail :
  - contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail, contrôles atmosphériques, surfaciques, et les critères d'alerte,
  - surveillance de la contamination corporelle externe avec contaminamètres, contrôleur mains pieds ou portiques de détection, et les critères d'alerte,
  - mise en place d'EPC et port d'EPI,
- les protocoles de surveillance individuelle et leur suivi : routine, contrôle, chantier, spéciale.



SCHÉMA N°1 - CONDUITE À TENIR EN FONCTION DE LA VDA ISSUE DE L'ÉVALUATION DES RISQUES

R.4 CONDUITE À TENIR EN FONCTION DE LA VDA ISSUE DE L'ÉVALUATION DES RISQUES



La surveillance radiologique individuelle s'appuie sur : - des examens de surveillance de contrôle ne éventuellement par échantillonnage sur un groupe de personnes dont l'exposition est identique - des examens prescrits uniquement en cas d'alerte des contrôles techniques radiologiques d'ambiance.	La surveillance dosimétrique individuelle s'appuie sur : - des examens de surveillance de routine respectant les intervalles de surveillance, - des examens de surveillance de chantier, - des examens de surveillance spéciale déclenchée suite à un évènement identifié.



Ainsi et à titre d'exemple, pour la surveillance individuelle :

1. Une exposition interne cumulée sur 12 mois, susceptible d'entraîner une dose supérieure ou égale à 1 mSv, **incidentelle ou non maîtrisée**, imposerait la mise en œuvre d'une surveillance basée sur des mesures individuelles de routine respectant les intervalles maximaux de surveillance recommandés [16], et le respect par les travailleurs concernés des prescriptions de mesure anthroporadiométrique et d'analyse radiotoxicologique qui leur sont faites. **Cette situation d'exposition ne devrait pas être possible de façon durable**. La surveillance de routine est à planifier jusqu'au retour d'une situation maîtrisée. Elle correspond à « une surveillance dosimétrique individuelle ».

2. Une exposition potentielle de 1 mSv, **temporaire pour une opération précise**, justifierait la mise en place d'une surveillance de chantier adaptée à la nature et durée du chantier, et spécifique des radionucléides concernés. Elle correspond à « une surveillance dosimétrique individuelle ».

3. Pour l'ensemble des expositions inférieures au niveau potentiel de 1 mSv, une surveillance individuelle périodique doit être instaurée. Ce peut être une surveillance de contrôle pour laquelle il n'y a pas d'intervalles maximaux de surveillance recommandés.
   Néanmoins, elle est *a minima* annuelle, et selon les situations s'applique à l'ensemble des travailleurs exposés, ou à un échantillonnage représentatif. Elle s'apparente à une « surveillance radiologique individuelle ».

   La surveillance périodique pourra être réalisée juste après les manipulations ou être échelonnée tout au long de l'année.
   La surveillance du poste de travail ou de l'activité sera ainsi renforcée par la connaissance des résultats statistiques de la surveillance périodique individuelle échelonnée au long de l'année.

4. Tout résultat positif, détecté lors d'un contrôle technique d'ambiance radiologique ou lors d'une surveillance individuelle périodique, justifie :

- une alerte du binôme PCR/médecin du travail pour la prévention du chantier ou du poste de travail,
- une réflexion sur la nécessité de prescription d'un protocole de surveillance spéciale à visée dosimétrique,
- une ré interrogation sur le protocole de surveillance périodique et les intervalles de surveillance.

16 Norme ISO 20553 Surveillance professionnelle des travailleurs exposés à un risque de contamination interne par des matériaux radioactifs



SCHÉMA N°2 - PROCÉDURES DE SURVEILLANCE COLLECTIVE ET INDIVIDUELLE

R.5 PROCÉDURES DE SURVEILLANCE COLLECTIVE ET INDIVIDUELLE EN FONCTION DES NIVEAUX POTENTIELS D'EXPOSITION INTERNE

NIVEAU	$E_{interne}$ < 0,1 mSv	0,1 ≤ $E_{interne}$ < 1 mSv	$E_{interne}$ ≥ 1 mSv
CONTRÔLES TECHNIQUES D'AMBIANCE RADIOLOGIQUE	**OUI avec critères d'alerte**		**OUI avec critères d'alerte** + balises mobiles
CONTRÔLE DE CONTAMINATION CORPORELLE EXTERNE	**Contaminamètres ou contrôleur mains pieds avec sonde adaptée aux radionucléides pour l'alerte d'évènements**		
SURVEILLANCE INDIVIDUELLE INTERNE			
de contrôle	**Pas de contrôle ou Par échantillonnage**	**OUI a minima annuel**	
de routine		Facultatif ou échantillonnage	Obligatoire avec REX
de chantier	**OUI** au plus près des activités exposantes dans le cadre du contrôle de l'acquisition des bonnes pratiques ou de validation de nouveaux protocoles		**Suivi de chantier si nécessaire exemple suivi mouchages**
spéciale	**OUI** si atteinte des critères d'alerte ou si évènements « visibles » selon protocoles définis entre PCR et médecin		

R.6 Une réflexion sur la possibilité d'utiliser les appareils déjà présents dans les services de médecine nucléaire pour surveiller les travailleurs, en particulier vis-à-vis du risque de contamination, que ce soit dans le cadre d'une surveillance de routine ou d'une mesure suite à un incident, est à poursuivre par des études complémentaires portant :

- sur la faisabilité d'une surveillance par des sondes thyroïdiennes pour les isotopes de l'iode (détermination des limites de détection),
- sur l'évaluation des doses susceptibles d'être reçues déterminées lors de l'étude de poste grâce à la réalisation de mesures environnementales,
- sur le système qualité et la traçabilité à mettre en place avant de pouvoir instaurer cette surveillance.

Ce travail sera d'autant plus intéressant qu'une norme ISO [17] propose la possibilité d'une surveillance « in situ » dans les services de médecine nucléaire pour le personnel.

17 Norme en projet N°16637, Surveillance et dosimétrie interne des travailleurs exposés lors des utilisations médicales des radioéléments en sources non scellée



R.7 Une vigilance est à apporter pour la surveillance :

- des intervenants extérieurs au niveau du secteur médical (maintenance des sorbonnes, contrôles électriques, ventilations, balances de précision) avec la mise en place des mesures incitatives pour que les intervenants extérieurs se contrôlent au contrôleur mains pieds comme le personnel interne,
- des travailleurs qui changent souvent de poste de travail,
- des travailleurs saisonniers, des stagiaires et scolaires professionnels.

QUELQUES POINTS DE VIGILANCE :

L'information nécessaire pour expliquer que l'évaluation préalable de la dose interne est faite sur la base des contrôles techniques d'ambiance radiologique.

La réflexion :

- sur les protocoles d'action en cas d'alerte RP ou d'évènements établis par les médecins du travail et la PCR,
- sur la difficulté de surveillance du risque alpha, très présent au niveau des opérations de démantèlement pour le secteur nucléaire, et risque nouveau pour les autres secteurs (médical et fabrication de sources notamment),
- sur la décision et le niveau de protection par les EPI au regard de l'impact de leur port sur les autres risques.

La nécessité de pouvoir :

- discriminer, à partir de l'identification des radionucléides détectés dans les examens radiotoxicologiques, les activités exposantes pour les intervenants sur des lieux multiples,
- vérifier qu'une accumulation dans l'organisme de contamination inférieure au « seuil » et qui ne serait pas détectable lors des examens individuels périodiques est inférieure à 1 mSv,
- dépister qu'aucune contamination externe supérieure au niveau de détection permettant une alerte de dose équivalente à la peau de 50 mSv/cm² (sur le cm² le plus contaminé et à une profondeur des cellules basales de 0,07 mm),
- interpréter des résultats lorsqu'un échantillonnage est mis en place.

La possibilité pour les expositions « chroniques » de voir apparaître des activités au-delà de la limite de détection par accumulation d'un radionucléide.



TRAÇABILITÉ

R.8 Traçabilité des expositions et dossier médical en santé au travail

Le dossier médical en santé au travail doit contenir les éléments concernant la surveillance individuelle de l'exposition interne des travailleurs.

Une bonne pratique, notamment au niveau du secteur médical, est l'établissement par la PCR d'une fiche annuelle recensant l'ensemble des activités relevées au niveau des contrôles techniques d'ambiance radiologique et éventuellement complétée par les résultats anonymes de la surveillance individuelle.

Une réflexion est à mener sur la nécessité de la transmission intégrale de tous les éléments d'expositions lors du transfert du dossier médical en santé au travail lorsque le salarié change d'entreprise et donc de service médical : actuellement, le transfert nécessite l'accord du salarié, et le médecin du travail peut ne transmettre qu'une synthèse et pas l'ensemble du dossier.

La réflexion sur la traçabilité des expositions mérite d'être approfondie pour les situations particulières :

- les travailleurs saisonniers, les travailleurs à employeurs multiples, les travailleurs étrangers
- les stagiaires scolaires et assimilés : proposer que leurs résultats leur soient remis ?

La traçabilité des expositions répond à une exigence réglementaire. Un défaut de traçabilité peut avoir des conséquences juridiques.

Il est nécessaire de bien différencier la traçabilité individuelle (sous la responsabilité du médecin du travail ou de l'employeur selon les cas) et la traçabilité du collectif (sous la responsabilité de l'employeur avec la contribution du médecin du travail).



	COLLECTIF	INDIVIDUEL
Analyse de poste générique	partagée entre le préventeur et le médecin, regard croisé et où on reportera les informations concernant la surveillance	
Études de poste		individuelle, personnalisée, peut compléter et valider l'analyse de poste par une étude de poste sur un intervenant, Certaines études de poste individuelles peuvent déboucher sur une analyse plus collective avec des actions d'amélioration.
Fiches individuelles et attestations	Fiche de poste : expositions potentielles	Fiche d'exposition : expositions avérées Attestation d'exposition
Résultats de la surveillance collective d'ambiance	Bilan annuel statistique (CHSCT et CIESCT)	
Résultats des contrôles de contamination corporelle externe		
Résultats de la surveillance individuelle	Bilan annuel statistique (CHSCT et CIESCT) Bilan IRSN	Résultats des examens (en Bq) et des évaluations de dose (en mSv) (Dossier médical en santé au travail et SISERI)

ÉVALUATION DE DOSE

R.9 Toute évaluation de dose est enregistrée dans le dossier médical en santé au travail.

Le niveau d'investigation pour l'estimation doit rester en cohérence avec le niveau de dose évaluée.

- Les valeurs égales ou supérieures à 0,1 mSv sont enregistrées en tant que telles. L'évaluation est formalisée dans une fiche de traçabilité.
- Les valeurs inférieures à 0,1 mSv sont enregistrées inférieures à 0,1 mSv. L'évaluation peut être réalisée sur la base d'une méthode d'interprétation rapide.

La réglementation précise :

Une évaluation de dose doit être réalisée « *dès lors que les résultats des mesures de l'exposition interne sont non nuls… si les conditions d'exposition le permettent* » [18].

18 Arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants



Le suivi de l'exposition interne a davantage pour but de vérifier l'absence de contamination que d'estimer systématiquement la dose interne, le calcul de la dose efficace engagée implique une démarche plus complexe qui fait intervenir de nombreux paramètres souvent déterminés avec une incertitude importante.

« Les résultats considérés positifs sont ceux dont le résultat est supérieur à la limite d'interprétation opérationnelle définie au préalable avec le prescripteur, ou, à défaut, à la limite de détection LD. » [19]

Dans un premier temps, l'estimation de dose peut être réalisée sur la base d'une méthode d'interprétation simple, rapide, mais néanmoins assez précise : tableau, histogramme,…, valeurs de limite d'interprétation opérationnelle LIO, afin de permettre une réponse rapide à des fins opérationnelles et de communication aux travailleurs et au public.

UNE RÉFLEXION MÉRITE D'ÊTRE APPROFONDIE

- Les coefficients de dose vont évoluer en fonction des travaux de la CIPR. La Directive Européenne 2013/59 le signale, paragraphe 11 et le groupe d'experts visé à l'article 31 du traité Euratom devra valider les coefficients de doses efficaces (Publication 119 de la CIPR ou plus récente) et les coefficients de dose peau à utiliser en pratique.

ACTEURS ET PARTIES PRENANTES

R.10 **Renforcer le fonctionnement du binôme PCR - médecin du travail,** notamment pour l'ensemble des domaines utilisant des sources non scellées, hors le domaine nucléaire.

R.11 **Renforcer la formation des médecins du travail exerçant hors INB en imposant une formation spécifique sur le risque rayonnement ionisant sur le modèle du secteur INB.**

R.12 **Étendre à tous les domaines d'activité l'obligation pour que le médecin du travail de l'entreprise utilisatrice assure la surveillance du risque d'exposition d'interne de l'ensemble des travailleurs intervenant.**

R.13 **L'information aux travailleurs sur le risque d'exposition interne est à renouveler régulièrement.** La communication sur l'exposition interne doit privilégier une expression en mSv plutôt qu'en Becquerel. L'information doit porter sur le risque sanitaire et sur les modalités de surveillance et leur justification.

Le retour d'expérience montre une banalisation du risque chez les travailleurs plus anciens, et une inquiétude notamment plus élevée pour l'exposition interne chez les nouveaux arrivants.

19 Norme ISO 20553 Surveillance professionnelle des travailleurs exposés à un risque de contamination interne par des matériaux radioactifs



L'information se situe à 3 niveaux :

- en colloque singulier au service de santé au travail,
- lors des formations spécifiques sur la prévention des risques,
- en temps réel, par exemple lors d'interventions à risque sur des chantiers, postes de travail ou activités exposants, ou lors de la découverte d'un évènement.

R.14 **Un bilan annuel des expositions est à présenter au CHSCT.** Il doit comporter l'information sur le risque d'exposition interne. C'est un lieu privilégié pour informer sur les modalités de surveillance et leur justification.



1 INTRODUCTION

La structure du présent document est organisée selon les trois axes suivants :

- un état des lieux pour fixer les éléments de contexte :
  - les éléments du REX des participants de l'atelier,
  - l'enquête réalisée au niveau du domaine médical et vétérinaire in vivo et in vitro en mai 2014,
  - une étude portant sur l'évaluation de nouvelles approches méthodologiques pour le suivi des expositions internes des travailleurs en milieu médical (stage réalisé à l'IRSN dans le cadre du Master Européen de Radioprotection).
- les interrogations et réflexions du groupe de travail,
- les propositions du groupe de travail.

En raison de la diversité des secteurs d'activités et des activités exposantes, chaque item de ce rapport est étudié pour chaque domaine d'activité, chaque fois que nécessaire, en prenant comme référence la nomenclature des domaines, secteurs d'activité et des métiers définie pour SISERI :

1. Domaine médical et vétérinaire et incluant les activités de recherche associées
2. Domaine nucléaire
3. Autres domaines : Industrie non nucléaire et recherche-enseignement (hors médical et vétérinaire)

Le secteur des industries NORM ayant préalablement été écarté de la feuille de route de cet atelier, le groupe de travail ne s'est pas penché sur les éventuelles problématiques spécifiques de ce secteur.
Les réflexions de l'atelier ne concernent donc pas le secteur des industries NORM.

Le risque d'exposition interne chez les travailleurs est lié à la possibilité de survenue, en milieu professionnel, d'une incorporation d'un radiocontaminant par inhalation, par ingestion, par passage percutané ou après une blessure.
La dose interne qui en résulte dépend :

- de la rétention du radiocontaminant au niveau de la porte d'entrée de l'organisme,
- de son tropisme,
- de sa biocinétique,
- ainsi que des rayonnements émis.

L'ensemble de ces éléments est fonction de la forme physico-chimique et des propriétés nucléaires du (ou des) composé(s) susceptibles d'être incorporés(s).



La démarche d'évaluation du risque d'exposition interne suit les principes communs des démarches d'évaluation avec :

- une analyse préalable prenant en compte les risques liés au lieu et poste de travail et les expositions liées à l'activité,
- une validation de cette analyse prenant en compte les résultats des contrôles techniques d'ambiance radiologique (atmosphériques et surfaciques) et des examens de mesures individuelles au niveau des intervenants,
- une boucle de retour d'expérience.

Cette démarche, placée sous la responsabilité de l'employeur, est à réaliser en pluridisciplinarité avec les préventeurs, les équipes médicales du travail et les employeurs.

L'analyse aboutit à une évaluation du niveau de risque d'exposition interne. Ce niveau permet de déterminer la nature de la surveillance de l'exposition des travailleurs, traduite sous forme de protocoles de surveillance collective et individuelle précisant leurs mises en œuvre à intervalles pertinents.

La surveillance du risque d'exposition interne repose sur :

- ***des mesures de contrôle technique d'ambiance radiologique*** : mesures atmosphériques, et/ou surfaciques des postes de travail et/ou des locaux,
- ***des mesures de contrôle de contamination corporelle externe*** : à l'aide de systèmes de détection de type contrôleur mains pieds ou portiques de détection,
- ***des examens individuels in vivo ou in vitro*** : par examens anthroporadiométriques, et/ou par examens radiotoxicologiques sur les *excreta*.

Réglementairement, il incombe à l'employeur d'organiser le suivi dosimétrique de référence adapté au mode d'exposition du travailleur, notamment en cas d'exposition interne par des mesures d'anthroporadiométrie ou des analyses de radiotoxicologie.
Les nouvelles modalités et les conditions de mise en œuvre du suivi dosimétrique individuel des travailleurs exposés récemment entrées en vigueur rappellent cette obligation de l'employeur et la complètent en l'articulant avec le rôle du médecin du travail dans le cadre de l'établissement d'un programme de surveillance adapté et de sa mise en œuvre [R 4451-62 du Code du Travail et arrêté du 17 juillet 2013 annexe II].

Le cadre réglementaire de cette surveillance de l'exposition interne ne définit cependant ni le contenu, ni la méthode pour y répondre de manière opérationnelle. Les médecins du travail s'appuient donc, en pratique, pour établir un tel programme de surveillance des travailleurs sur des documents de référence : notamment recommandations internationales, normes, référentiels de bonne pratique.
D'après la norme NF ISO 20553 [2006] et la publication 78 de la CIPR [1998], **quatre catégories de programmes de surveillance des travailleurs sont définies** : surveillance de routine, spéciale, de contrôle et de chantier.



Ces programmes présentent les particularités suivantes ;

- *Programme de surveillance de routine : surveillance systématique, collective ou individuelle, pour laquelle **la périodicité des examens respecte les intervalles de surveillance** [Pub. 78 de la CIPR (tableaux 3-4-5)].*
- *Programme de surveillance spéciale : surveillance individuelle mise en œuvre suite à incident ou suite à un résultat positif dans le cadre de la surveillance de routine.*
- *Programme de surveillance de contrôle : surveillance individuelle ou collective (échantillonnage). Ce programme peut être utilisé par exemple pour vérifier le bien fondé de la décision de ne pas mettre en place de surveillance de routine. **De par sa définition, ce programme n'a pas pour objectif de réaliser des évaluations dosimétriques.***
- *Programme de surveillance de chantier : programme particulier de la surveillance de routine, limité à un chantier à risque particulier.*

Les recommandations de bonne pratique « Surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en installations nucléaires de base » publiées en juillet 2011 [20] viennent compléter le dispositif de surveillance des travailleurs dans ce secteur.

Dans la suite du document, les termes utilisés pour la surveillance individuelle différencient les deux termes : surveillance de routine dont la périodicité respecte des intervalles de surveillance) et surveillance de contrôle. Dans les deux cas, il s'agit d'une surveillance périodique à la différence de la surveillance spéciale.

La spécificité des examens de surveillance individuelle de l'exposition interne est qu'il s'agit d'examens *a posteriori* visant à vérifier dans la grande majorité des cas l'absence de contamination.
L'examen de surveillance individuelle de routine doit, pour être pertinent et permettre une évaluation de dose, répondre à certains critères, notamment en termes de périodicité de mesure.
Mais il doit aussi être applicable et accepté par le personnel. Une surveillance individuelle de routine est possible pour les radionucléides à périodes biologique et radioactive suffisamment longues car les intervalles de surveillance requis seront espacés. Pour les radionucléides à périodes radioactives très courtes (inférieures à 0,5 jour), c'est une surveillance individuelle de contrôle qui sera mise en place. Ces écueils doivent faire l'objet d'une réflexion spécifique dans le cadre de la surveillance spéciale ou de la surveillance de chantier.

Les structures susceptibles de réaliser les mesures individuelles de la contamination interne sont différentes selon les domaines d'activité :

- le domaine nucléaire avec les installations nucléaires de base (INB) ont leurs laboratoires ou services de proximité pour réaliser les mesures *in vivo* et i*n vitro*,
- les autres domaines font appel aux laboratoires de l'IRSN :
    - le laboratoire d'analyses médicales radiotoxicologiques reçoit les prélèvements d'*excreta* des travailleurs pour la réalisation des mesures *in vitro*,
    - Les laboratoires d'anthroporadiométrie fixes ou mobiles réalisent les mesures *in vivo* ; dans le premier cas, les travailleurs se déplacent sur le site de l'IRSN au Vésinet pour l'examen, dans le second cas le laboratoire mobile se rend sur le lieu de travail (campagnes d'examen *in situ*).

20 Surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en installations nucléaires de base – Recommandations pour la pratique clinique – Juillet 2011



2 ÉTAT DES LIEUX

L'état des lieux reflète l'analyse par le groupe de travail.

Il est basé sur :

1. les données issues des bilans annuels de l'IRSN complétées par les éléments du retour d'expérience des participants à l'atelier,
2. l'enquête réalisée au niveau du domaine médical et vétérinaire in vivo et in vitro en mai 2014,
3. le stage réalisé à l'IRSN dans le cadre du Master Européen de Radioprotection.

Les données issues des bilans annuels de l'IRSN [21] :

- depuis fin 2010, SISERI est en capacité de recevoir l'ensemble des données de la surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, à savoir pour la surveillance de l'exposition interne :
  - les résultats des analyses radiotoxicologiques et des examens anthroporadiométriques fournis par les Laboratoires de Biologie Médicale ou les Services de Santé au Travail,
  - les doses efficaces engagées et/ou les doses équivalentes engagées calculées par les médecins du travail, lorsque les circonstances le nécessitent et le permettent,
- par ailleurs, chaque année, dans le cadre de l'établissement du bilan de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, des données chiffrées sont communiquées par les laboratoires et les médecins du travail pour chaque domaine, sur la base d'un questionnaire adressé par l'IRSN. Le bilan est réalisé sous forme d'une part, de nombre d'examens réalisés, et lorsque cela est possible, avec le nombre de travailleurs concernés, et d'autre part, du nombre d'évaluations et de déclarations de doses liées à l'exposition interne.

L'enquête réalisée au niveau du domaine médical et vétérinaire in vivo et in vitro en mai 2014 [22] :

Par le biais d'un questionnaire, les membres de l'atelier ont cherché à recueillir l'expérience de terrain du domaine médical et vétérinaire afin d'alimenter un état des lieux préalable à sa réflexion.

Le sondage a été envoyé via messagerie électronique aux réseaux professionnels et aux réseaux des PCR (dont la CoRPAR).

Il a été conçu sous forme de questionnaire en ligne et garantissant le caractère anonyme des réponses.

Le questionnaire comportait 22 questions réparties sur 4 thématiques :

1 - Classement des travailleurs et Analyse des postes de travail

2 - Dispositifs de protection et de surveillance

3 - Surveillance des travailleurs

4 – Temps PCR – Relations avec médecin - Formation

Les réponses au sondage se sont échelonnées du 5 mars au 29 avril 2014, avec 92 réponses :

- 71 services de Médecine nucléaire diagnostic et thérapeutique,
- 11 services de Médecine nucléaire in vitro/Laboratoire d'analyses médicales RIA,
- 6 Laboratoires de recherche médicale et vétérinaire,
- 4 services de Médecine nucléaire diagnostic et thérapeutique en secteur vétérinaire.

21 Rapports IRSN sur l'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France
22 Sondage relatif au retour d'expérience des acteurs du terrain du secteur « médecine nucléaire »



Le stage réalisé à l'IRSN dans le cadre du Master Européen de Radioprotection.

Un stage réalisé à l'IRSN dans le cadre du Master Européen de Radioprotection a permis d'initier une étude sur « l'évaluation de nouvelles approches méthodologiques pour le suivi des expositions internes des travailleurs en milieu médical » [Master 2 RP - IRSN - Maîtres de stage : C. Challeton de Vathaire et D. Franck].

2.1 DOMAINE MÉDICAL ET VÉTÉRINAIRE, ET RECHERCHE ASSOCIÉE

2.1.1 SITUATIONS D'EXPOSITION

- **Activités et métiers**

Sont concernées, par le risque d'exposition interne, les activités de médecine nucléaire *in vivo* et *in vitro*.

Pour la médecine nucléaire à visée diagnostique avec ou sans TEP, et à visée thérapeutique :

Les activités exposantes sont principalement :

- la préparation et le transport interne des sources et radiopharmaceutiques,
- la prise en charge et le suivi du patient en particulier lors de l'administration des substances radiopharmaceutiques, et de la réalisation des examens,
- la gestion des déchets et l'entretien des locaux.

Les métiers concernés sont principalement :

- les médecins, internes et externes en médecine,
- les infirmiers et aides-soignants,
- les personnels chargés de l'entretien des chambres plombées,
- les radio-physiciens,
- les manipulateurs en électroradiologie médicale,
- les radio-pharmaciens et préparateurs en pharmacie,
- les vétérinaires et auxiliaires vétérinaires.

Pour la médecine nucléaire *in vitro*, laboratoires d'analyses médicales avec radio-immunologie et laboratoires de recherche :

Les activités exposantes sont principalement :

- le décolisage des sources,
- les analyses et dosages,
- les activités de recherche en laboratoire,
- la gestion des déchets.

Les métiers concernés sont principalement :

- les biologistes, vétérinaires, chercheurs,
- l'ensemble du personnel technique des laboratoires.

Pour l'ensemble du domaine, sont concernées également les activités :

- de logistique et de maintenance des produits et équipements,
- d'entretien, nettoyage et servitudes,
- en qualité, sécurité, radioprotection et environnement,



- de transport des patients (ayant eu une administration de produits radioactifs),
- des stagiaires professionnels médicaux, vétérinaires, ingénieurs, techniciens …

Les principaux radionucléides utilisés :

Sondage relatif au retour d'expérience des acteurs du terrain du secteur « médecine nucléaire »
[5-2 – question Q3]

- dans les services de médecine nucléaire et vétérinaire *in vivo* : l'I-131, le Tc-99m, l'In-111 et l'I-123,
- dans les services de médecine nucléaire *in vitro* et laboratoires RIA : l'I-125, le C-14, le Cr-51 et le tritium.

2.1.2 BILAN DE LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INTERNE

Les laboratoires de l'IRSN réalisent la majorité des analyses radiotoxicologiques et des mesures anthroporadiométriques pour les travailleurs exposés hors domaine nucléaire. Ces deux techniques ne sont pas nécessairement exclusives et peuvent être mises en œuvre conjointement pour un meilleur suivi de l'exposition. Les mesures peuvent être réalisées à intervalle régulier, à l'occasion d'une manipulation inhabituelle ou encore en cas d'incident.

SCHÉMA N° 3 - SURVEILLANCE RÉALISÉE À INTERVALLE RÉGULIER : BILAN SUR 4 ANS

Données d'après les données du LAMR de l'IRSN* et des bilans annuels publiés par l'IRSN**

ANNÉE	DOMAINE	MÉDICAL ET VÉTÉRINAIRE				TOTAL
	SECTEUR	MÉDECINE NUCLÉAIRE	MÉDECINE VÉTÉRINAIRE	LABO RIA	RECHERCHE MÉDICALE, VÉTÉRINAIRE ET PHARMACEUTIQUE	
2010*	**Effectifs suivis**	**1 650**	**16**	**560**	**374**	**2 600**
	Nb analyses RTU	12 085	40	1 380	1 270	14 775
	Nb de « positifs »	37	0	0	1	38
	% « positifs »	0.3%			0.08%	0.3%
2011*	**Effectifs suivis**	**1 626**	**18**	**526**	**254**	**2 424**
	Nb analyses RTU	11 751	40	1 309	792	13 892
	Nb de « positifs »	41	0	3	4	48
	% « positifs »	0.3%		0.2%	0.5%	0.3%
2012*	**Effectifs suivis**	**1 634**	**18**	**403**	**230**	**2 285**
	Nb analyses RTU	11 801	35	920	737	13 493
	Nb de « positifs »	39	0	3	1	43
	% « positifs »	0.3%		0.3%	0.1%	0.3%
2013**	**Effectifs suivis**	**1 541**	**7**	**389**	**250**	**2 187**
	Nb analyses RTU	10 792	22	1 079	611	12 504
	Nb de « positifs »	37	0	1	3	41
	% « positifs »	0.3%		0.09%	0.5%	0.3%

LAMR : laboratoire d'analyses médicales et radiotoxicologie



RTU analyses radiotoxicologiques sur urines

La périodicité des examens sur prélèvements urinaires est le plus souvent semestrielle.

Les effectifs suivis correspondent au nombre de travailleurs ayant eu au moins un prélèvement au cours de l'année observée, sachant qu'il peut y avoir plusieurs analyses réalisées à partir d'un même prélèvement, en fonction des radioéléments dont la nature a été demandée.

Les examens considérés comme positifs sont ceux dont le résultat est supérieur à la limite de détection (LD).

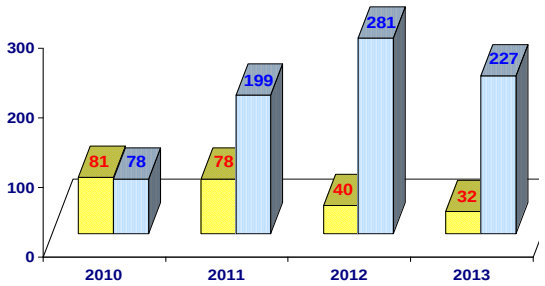
Les radionucléides détectés dans les prélèvements « positifs » (0.3% des analyses RTU) sont :

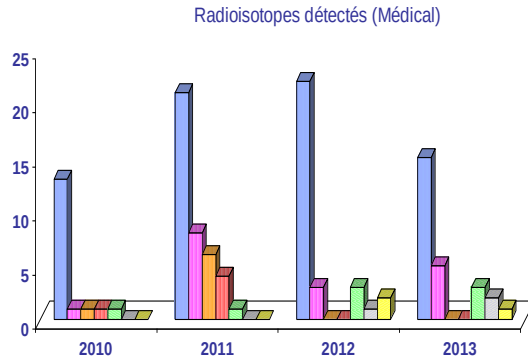
- pour la médecine nucléaire : Tl-201, Tc-99m, I-131,
- pour les laboratoires d'analyse médicale avec radioimmunologie: I-125,
- pour la recherche médicale, vétérinaire, pharmaceutique : H-3, I-131, P-32, I-125.

SCHÉMA N° 4 – SURVEILLANCE PAR EXAMENS ANTHROPORADIOMÉTRIQUES

La surveillance par examens anthroporadiométriques est réalisée dans les installations fixes ou mobiles de l'IRSN. **Bilan sur 4 ans**

Nombre de travailleurs suivis par des examens anthroporadiométriques dans le domaine médical et la recherche	Nombre d'examens « positifs » anthroporadiométriques réalisés dans le domaine médical





Recherche

Médical

Tc-99 m
Traces de Tc-99 m

I-31
Traces I-131

Divers : Tl-201 ; In-11
Traces divers : Tl-201 ; In-11

Fluor-18



SCHÉMA N°5 - SURVEILLANCE SPÉCIALE SUITE À ÉVÈNEMENT : BILAN SUR 4 ANS

Données issues des bilans annuels publiés par l'IRSN

ANNÉE	DOMAINE	MÉDICAL ET VÉTÉRINAIRE				TOTAL
	SECTEUR	MÉDECINE NUCLÉAIRE	MÉDECINE VÉTÉRINAIRE	LABO ET RIA	RECHERCHE MÉDICALE, VÉTÉRINAIRE ET PHARMACEUTIQUE	
2010	Nb analyses	180		15	142	337
	Nb de « positifs »	18		1	8	27
	% « positifs »	10%		6.6%	5.6%	8%
2011	Nb analyses	213		16	239	468
	Nb de « positifs »	7		1	1	9
	% « positifs »	3.2%		6.3%	0.4%	1.9%
2012	Nb analyses	166	9	33	260	468
	Nb de « positifs »	11	0	4	5	20
	% « positifs »	6.6%		12%	1.9%	4.3%
2013	Nb analyses	337		6	149	492
	Nb de « positifs »	9		2	2	13
	% « positifs »	2.7%		33%	1.3%	2.6%

Les examens considérés positifs sont ceux dont le résultat est supérieur à la limite de détection (LD).

BILAN DES ÉVALUATIONS DE DOSE DÉCLARÉES À L'IRSN

Sur les années 2010 à 2013, 6 doses supérieures à 1 mSv ont été déclarées pour le secteur de la médecine nucléaire uniquement : 3 déclarations en 2010, 2 en 2011 et 1 en 2013 avec une dose maximale déclarée respectivement de 14 mSv (préparation d'un médicament avec de l'I-131), de 1,5 mSv et de 1.4 mSv.
Données rapports IRSN

2.1.3 ÉLÉMENTS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

- **Exigences liées aux prélèvements**

L'ensemble des domaines hors industrie nucléaire rencontre des difficultés au niveau de la mise en œuvre des examens :

Pour les examens *in vitro* :

- contraintes du recueil sur 24 heures,
- contraintes d'ordre logistique pour la collecte des prélèvements et leur envoi dans les laboratoires.

Pour les mesures *in vivo* :

Contraintes liées aux déplacements des travailleurs vers des installations de mesures anthroporadiométriques.

Ces difficultés ont des répercussions sur la pertinence des examens.

Les radionucléides rencontrés sont majoritairement des radionucléides à périodes radioactives courtes et très courtes (inférieures à 0,5 jour). Afin de mettre en évidence une éventuelle exposition interne, le recueil des urines devrait donc être réalisé le plus tôt possible après les manipulations et les prélèvements transportés rapidement vers le laboratoire d'analyses médicales de l'IRSN.



Des opérations ponctuelles de contrôle, organisées par campagnes de mesures anthroporadiométriques sur site, ont révélé la présence de contaminations du personnel amenant à s'interroger sur des pratiques au poste de travail.

Actuellement, la périodicité de la surveillance individuelle est semestrielle ou annuelle (analyses radiotoxicologiques et examens anthroporadiométriques). Il s'agit donc d'une surveillance de contrôle. En effet, une surveillance individuelle de routine (c'est-à-dire respectant les intervalles de surveillance) nécessiterait des examens plus fréquents (par exemple, tous les 15 jours pour l'iode 131)

Une réflexion à poursuivre concerne la possibilité d'utiliser les matériels de détection disponibles dans les services de médecine nucléaire. Cette réflexion a fait l'objet du stage réalisé dans le cadre du Master de Radioprotection.

Risque d'exposition interne / postes de travail et activités

Sondage relatif au retour d'expérience des acteurs du terrain du secteur « médecine nucléaire »

- Le risque d'exposition interne n'est pas pris en compte dans l'étude de poste :
  - pour le secteur *in vivo* dans 15% des cas (questions Q5-6 – 75 réponses) et dans au moins 36% des cas pour les intervenants extérieurs. (question Q18 – 70 réponses),
  - pour le secteur *in vitro*, le risque est mieux pris en compte, respectivement non pris en compte dans 1% et 31% des cas (17 réponses).
- Des dispositifs de contrôle de la contamination corporelle externe sont présents dans toutes les installations : pour le secteur *in vivo* dans 50% des cas il s'agit d'un contrôleur mains pieds (question Q14– 75 réponses) et dans 30% des cas pour le secteur i*n vitro* (17 réponses).
- Des contrôles techniques d'ambiance radiologique, complémentaires à la périodicité imposée par la réglementation sont réalisés dans environ 2/3 des cas (questions Q10-11-12-13 – 62 à 74 réponses).
- Des résultats positifs de ces contrôles techniques d'ambiance radiologique ont été relevés :
  - pour le secteur *in vivo* dans 60% des cas pour les contrôles surfaciques et 21% des cas pour les contrôles atmosphériques, avec dans 3 cas seulement, une action d'évaluation de l'impact dosimétrique interne pour le personnel initiée (questions Q-12-13 – 62 et 73 réponses),
  - résultats positifs pour le secteur *in vitro* respectivement de 29% et 9%. (17 et 11 réponses).
- Des protocoles formalisés en cas d'incident existent :
  - pour le secteur *in vivo* dans 68% des cas : 10% avec un contrôle externe, 55% avec un contrôle par gamma-caméra et sonde thyroïdienne, 3% avec analyses radiotoxicologiques. (question Q-16- 73 réponses),
  - pour le secteur *in vitro* dans 58% des cas : 18% avec un contrôle externe, 17% avec un contrôle par gamma-caméra, 17% avec analyses radiotoxicologiques ou examens anthroporadiométriques, 6% via une fiche de liaison avec le médecin du travail. (17 réponses).



Retour d'expérience des participants à l'atelier

Au niveau du domaine médical et vétérinaire, le risque d'exposition interne est principalement du à l'inhalation de radionucléides volatils ou d'aérosols utilisés à des fins thérapeutiques (activités élevées) ou diagnostiques (scintigraphies pulmonaires avec inhalation d'aérosols).

En termes d'impact en dosimétrie interne, le plus préoccupant est l'I-131.

La prévention et la surveillance du risque d'exposition interne reposent essentiellement d'une part sur la conformité des locaux et d'autre part sur les contrôles techniques d'ambiance radiologique et le suivi des lieux de travail, la formation des personnels, l'étude de poste, mais également sur les mesures individuelles de surveillance de la contamination interne. Le développement actuel des techniques utilisant les radionucléides émetteurs alpha en médecine nucléaire est à prendre en compte lors de l'établissement des protocoles de contrôles techniques d'ambiance radiologique, et de surveillance individuelle.

Malgré la mise en place des protections collectives et individuelles, adaptées et efficaces (gants, lunettes, vêtements,…), des évènements responsables de contaminations à bas niveau peuvent survenir et sont difficilement évitables.

Trois aspects sont à considérer :

- l'intérêt de détecter les contaminations même minimes, à des fins de pédagogie, sensibilisation et formation du personnel,
- l'intérêt de mettre en œuvre des contrôles techniques d'ambiance radiologique, atmosphériques ou surfaciques réguliers (moniteur mains/pieds, frottis, etc.) en respectant la fréquence des contrôles et la traçabilité des résultats à des fins de prévention et détection du risque de contamination corporelle externe (voire interne) par voie cutanée ou projections lors des manipulations,
- l'intérêt d'avoir des critères d'alerte au niveau des résultats des contrôles techniques d'ambiance radiologique afin de permettre le déclenchement d'analyses de surveillance individuelle réactives au plus près de l'évènement.

Au niveau des laboratoires de recherche employant des sources non scellées, le risque d'exposition interne est principalement lié à divers phénomènes :

- les processus de radiolyse (principalement pour les sources-mères contenant des molécules marquées au H-3, C-14, S-35 ...) conduisant à la production de substances radioactives gazeuses,
- la genèse d'aérosols lors de l'agitation de solutions actives (vortex, centrifugeuses...),
- les protocoles expérimentaux eux-mêmes (réactions d'oxydo-réduction, changements de pH, chocs thermiques...) affectant le comportement physico-chimique du radiotraceur,
- des défauts concernant la mise en œuvre d'EPC ou d'EPI ou encore leur emploi inadapté.



Les acteurs

Sondage relatif au retour d'expérience des acteurs du terrain du secteur « médecine nucléaire »

- Le médecin du travail dépend dans 61% des cas d'un service de santé au travail autonome pour le secteur *in vivo* (question Q17 - 75 réponses) et dans 50% des cas pour le secteur *in vitro* (16 réponses).
- Les relations entre PCR et médecin du travail sont jugées bonnes dans 82% des cas pour le secteur *in vivo* (question Q20 – 33 réponses) et dans 88% des cas pour le secteur *in vitro* (9 réponses).
- Des rencontres régulières entre PCR et médecin existent dans 33% des cas : limitées dans 43% des cas à des rencontres semestrielles et annuelles pour le secteur *in vivo* (question Q20 – 43 réponses) et respectivement 40% et limitées à 100% des cas pour le secteur *in vitro* (5 et 4 réponses).
- Le temps dédié à la mission des PCR est dans 60% des cas inférieur à 1/3 temps par semaine pour le secteur *in vivo* (question Q19 – 74 réponses) et 79% des cas pour le secteur *in vitro* (17 réponses).
- Le médecin du travail ne participe pas à la formation en radioprotection des travailleurs dans 86% cas pour le secteur *in vivo* (question Q22- 74 réponses) et 94% des cas pour le secteur *in vitro* (17 réponses).

Retour d'expérience des participants à l'atelier

C'est la PCR de l'établissement qui assure sur le plan fonctionnel la surveillance des expositions, qu'il s'agisse d'une PCR interne ou externe à l'établissement.

Les médecins du travail sont assez peu présents au niveau de leur contribution, en raison de leur charge de travail en terme de nombre de salariés en suivi médical. Ils font état d'un manque de formation sur le risque spécifique.

Peu de protocoles formalisés sur la conduite à tenir en cas d'évènement d'exposition existent.

Les PCR n'informent pas systématiquement le médecin du travail de tous les évènements concernant le personnel, et le médecin du travail n'informe pas systématiquement les PCR des résultats des examens radiotoxicologiques.

Traçabilité

Sondage relatif au retour d'expérience des acteurs du terrain du secteur « médecine nucléaire »

La traçabilité des contrôles techniques d'ambiance radiologique, hors contrôles réglementaires, n'est pas systématique, pour les deux secteurs *in vivo* et *in vitro*.

REX des participants à l'atelier

Les résultats des mesures au poste de travail et les analyses du niveau de risque sont conservés par chaque établissement.

Les résultats des examens radiotoxicologiques sont conservés dans les dossiers médicaux en santé au travail et transmis à l'application SISERI de l'IRSN.

La traçabilité des évènements dans les dossiers médicaux en santé au travail n'est pas garantie, dès lors que l'évènement ne donne pas lieu à prescription d'examens radiotoxicologiques.



Une bonne pratique identifiée : l'émission par la PCR, chaque année, d'une fiche d'étude de poste pour chaque catégorie de personnel exposé recensant une synthèse des activités relevées au niveau des contrôles techniques d'ambiance radiologique, et du suivi des expositions individuelles (dosimétrie externe). Ce document est transmis au médecin du travail.

2.1.4 CONCLUSIONS DE L'ÉTUDE RÉALISÉE DANS LE CADRE DU MASTER

Un stage réalisé à l'IRSN dans le cadre du Master Européen de Radioprotection a permis d'initier une étude sur l'évaluation de nouvelles approches méthodologiques pour le suivi des expositions internes des travailleurs en milieu médical [Master 2 RP - IRSN . Maîtres de stage : C. Challeton de Vathaire et D. Franck].

Les conclusions sont les suivantes :

« Les pratiques actuelles de surveillance de l'exposition interne des travailleurs des services de médecine nucléaire en France (examens anthroporadiométriques et des analyses radiotoxicologiques réalisés par les laboratoires de dosimétrie interne) ne permettent pas la mise en place d'une surveillance de routine « dosimétrique » compte tenu de l'intervalle maximal à respecter entre les mesures pour ce type de surveillance ».

Ce constat nous a amené à étudier une nouvelle approche méthodologique, qui consisterait en l'utilisation des appareils déjà présents dans les services de médecine nucléaire (gamma caméras ou sonde thyroïdienne) pour réaliser des mesures chez les travailleurs directement sur leur lieu de travail.

Cette étude a permis dans un premier temps de réaliser un état des lieux des pratiques actuelles concernant la surveillance de l'exposition interne des travailleurs des services de médecine nucléaire en France et à l'étranger mais également d'identifier les points réglementaires et normatifs pouvant avoir un impact sur la mise en place de ces méthodes de mesures dans les services de médecine nucléaire.
À partir de ces informations une étude pratique des performances d'une gamma caméra a été réalisée pour la mesure de l'Iode-131 dans le service de médecine nucléaire de l'hôpital Saint-Antoine.

Les résultats confirment que la limite de détection de l'I-131 dans la thyroïde qui peut être obtenue avec une gamma caméra, est compatible avec celle requise pour une surveillance de routine et/ou une surveillance spéciale après incident.

Cependant, il est clairement apparu qu'un certain nombre de problèmes réglementaires et techniques devront être réglés avant cette mise en place.

Deux points ont été particulièrement identifiés :

- *La sécurité pour les comptages effectués sans collimateur (avec un risque d'endommager le cristal qui engendrerait des coûts de remplacement considérables).*
- *Les contraintes temporelles hospitalières. Ce dernier est un paramètre à prendre sérieusement en considération en raison de l'interférence des mesures avec le travail de routine du service.*

Ces problèmes conduisent à réfléchir à la possibilité de l'utilisation de sondes thyroïdiennes, même si elles n'ont pas été testées dans ce travail et tendent à disparaître des services de médecine nucléaire, elles présentent



l'avantage d'être relativement faciles à utiliser et comme le montrent certains travaux présentent des performances compatibles à la surveillance de routine.

Enfin cette nouvelle pratique, comme toutes celles existant de nos jours devrait être encadrée. Des protocoles de mesure standard devront être réalisés ainsi que des contrôles qualité interne et externe avec la nécessité d'une traçabilité in situ comme l'exige la réglementation avec notamment l'entrée de ces résultats dans la base de données nationale SISERI (conditions d'enregistrement, fiabilité de la mesure …). Tous ces paramètres restent donc à déterminer et à mettre en place. »

2.2 DOMAINE NUCLÉAIRE

2.2.1 SITUATIONS D'EXPOSITION

- **Activités et métiers**

Sont concernées, par le risque d'exposition interne, l'ensemble des secteurs :

- de la fabrication du combustible : extraction et traitement du minerai d'uranium, enrichissement et fabrication du combustible, retraitement,
- de l'armement,
- de la production d'énergie : les réacteurs civils ou militaires (propulsion nucléaire),
- du démantèlement des installations nucléaires,
- du traitement des effluents, déchets et matériaux (y compris ceux ne provenant pas du cycle).

Les métiers sont tous concernés, métiers industriels et de laboratoires (chimie, environnement..).

Les activités exposantes sont liées à l'utilisation de sources non scellées, ou aux activités de maintenance, d'assainissement ou de démantèlement des installations.

Pour l'ensemble du domaine, sont concernées également les activités :

- de logistique et de maintenance des produits et équipements,
- d'entretien, nettoyage et servitudes,
- en qualité, sécurité, radioprotection et environnement,
- des stagiaires professionnels …

- **Les principaux radionucléides concernés sont :**

- Ceux issus du cycle du combustible :
  - Uraniums : U-238, U-235, U-234,
  - Plutoniums : Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241,
  - Autres actinides :Am-241, Cm-244, Cm-242, Np-237,
- Ceux issus de l'exploitation
  - Tritium H-3,
  - Produits d'activation (PA) : Co-60, Co-58, Ag-110m, etc.,
  - Produits de fission (PF) : Cs-137, I-131, Sr-90, etc.,



2.2.2 BILAN DE LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INTERNE

Pour le domaine nucléaire, la majorité des exploitants dispose de laboratoires de biologie médicale (LBM) ou de services de santé au travail (SST) compétents et agréés pour réaliser les analyses radiotoxicologiques ou les mesures anthroporadiométriques de l'ensemble des intervenants (incluant les salariés des entreprises prestataires) sur leurs installations.

SCHÉMA N°6 - SURVEILLANCE RÉALISÉE À INTERVALLE RÉGULIER : BILAN SUR 4 ANS

Données issues des bilans annuels publiés par l'IRSN

DOMAINE NUCLÉAIRE								
ANALYSES SUR PRÉLÈVEMENTS	2010		2011		2012		2013	
	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS
URINES	24 040	49	23 439	267	24 753	405	25 279	924
SELLES	8 835	46	6 888	15	8 347	299	8 624	318
IN VIVO ATP	188 214	Non connu *	209 263	55	204 305	95	199 389	66
TOTAL	221 089	95 0.04%	239 590	337 0.14%	237 405	799 0.33%	233 292	1 308 0.56%

Les examens considérés comme positifs sont ceux dont le résultat est supérieur à la limite d'interprétation opérationnelle définie au préalable avec le prescripteur, ou, à défaut, à la limite de détection (LD).

* Information non communiquée car non comptabilisée en 2010 par les organismes.

DOMAINE NUCLÉAIRE								
ANALYSES SUR PRÉLÈVEMENTS	2010		2011		2012		2013	
	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS
MUCUS NASAL	62 508	6 0.01%	75 910	3 < 0.01%	87 178	1 044 1.2%	96 500	1 301 1.3%

Le prélèvement de mucus nasal est un indicateur d'exposition adapté comme examen de dépistage du risque d'expositions aux émetteurs alpha. C'est un examen à réponse rapide qui n'a pas de visée dosimétrique.

C'est une mesure complémentaire :

- des contrôles techniques d'ambiance radiologique (qui peuvent être négatifs compte tenu de la distribution dans l'espace et le temps du relâchement des radioéléments, alors que l'événement d'inhalation est ultérieurement confirmé),
- et de la surveillance effectuée par des examens individuels qui ont un délai de réponse plus important, et pour lesquels un prélèvement journalier imposerait trop de contraintes.



Les résultats des prélèvements de mucus nasal ne permettent pas de préjuger de ce qui a été incorporé : ils sont le reflet de ce qui est déposé au niveau des fosses nasales.

- Un résultat « positif » fournit une bonne indication du risque d'inhalation.
- Un résultat « négatif » ne permet pas d'exclure une incorporation par inhalation, bien que la probabilité d'occurrence soit faible.

Concernant l'augmentation du nombre des résultats positifs, les informations reçues par le groupe de travail permettent de les expliquer par le démarrage de nouvelles opérations sur les chantiers de démantèlement et les caractéristiques des expositions liées à certaines opérations de type découpage de matériaux.

SCHÉMA N° 7 - SURVEILLANCE SPÉCIALE SUITE À ÉVÈNEMENTS : BILAN SUR 4 ANS

Données issues des bilans annuels publiés par l'IRSN

INDUSTRIE NUCLÉAIRE								
	2010		2011		2012		2013	
	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS	NB TOTAL D'EXAMENS	NB DE POSITIFS
TOUS EXAMENS	10 039	86	14 264	455	10 151	797	9 156	1 466
		1%		3%		8%		16%

Le nombre de travailleurs concernés par ces examens n'est pas fourni, les laboratoires comptabilisant essentiellement le nombre d'analyses effectuées.
Rapporté au nombre de travailleurs exposés, cela représenterait moins de 7% des travailleurs exposés (avec comme hypothèse minimaliste que chaque travailleur a deux examens suite à un évènement).

BILAN DES ÉVALUATIONS DE DOSE DÉCLARÉES À L'IRSN

Sur les années 2010-2011-2012-2013, respectivement 14 – 6 - 10 et 12 doses supérieures à 1 mSv ont été déclarées pour le domaine nucléaire, avec des doses maximales déclarées respectivement de 10 mSv, 2.2 mSv, 4 mSv et 9 mSv.
Les secteurs concernés sont la propulsion nucléaire et l'armement, la fabrication du combustible, le démantèlement et les opérations de logistique et maintenance.
En complément, une dose en 2011 de 3.2 mSv concerne le secteur de la recherche liée au nucléaire.
Données rapports IRSN



2.2.3 ÉLÉMENTS DU RETOUR D'EXPÉRIENCE

Les éléments du retour d'expérience ont été apportés par les participants à l'atelier. Aucun questionnaire n'a été envoyé aux différents acteurs du domaine.

- **Exigences liées aux prélèvements**

Les exigences liées aux mesures ou aux prélèvements peuvent entraîner des contraintes au niveau du personnel concerné et expliquer un « non rendu des prélèvements ou une non présentation au laboratoire pour la mesure », notamment pour les examens prescrits dans le cadre de la surveillance de routine.
Les personnels concernés sont les personnels des installations nucléaires et les entreprises intervenantes pour la maintenance des installations.
Par ailleurs, selon les installations et les activités, le nombre de personnes intervenant en co-activité peut être important, ce qui associé à leur temps de présence sur une installation variable peut compliquer la mise en œuvre de la surveillance de chantier, quand elle s'avère nécessaire.

- **Risque d'exposition interne / postes de travail et activités**

Dans les Installations Nucléaires de Base (INB), le concept d'installations propres permet de sectoriser les locaux en fonction de leur « niveau de propreté » et d'éviter le transfert de la contamination.
Dans les locaux ou activités identifiés à risque d'exposition interne, des dispositions spécifiques de confinement statiques (SAS, boite à gants) et dynamiques (mise en dépression) ainsi que des systèmes de détection complémentaires (balises) sont installés, et les intervenants sont protégés par le port d'équipements de protection individuelle autant que de besoin (masques à cartouche, tenue étanche ventilée…).
Des systèmes de contrôle de la contamination corporelle externe sont installés en sortie des locaux : contaminamètres, contrôleur mains pieds, portiques de détection …

Les résultats « positifs » sont dus, soit à des alertes amont insuffisantes, soit des erreurs/négligences de l'intervenant au niveau radioprotection.
Néanmoins, la majorité des résultats « positifs » le sont pour des examens déclenchés dans le cadre de la surveillance spéciale suite à évènement radiologique identifié.

- **Les acteurs**

Les PCR et les médecins du travail des entreprises utilisatrices des INB travaillent en coopération.
Les médecins du travail dépendent en majorité de services de santé au travail autonomes, installés sur chaque site industriel.
Les médecins du travail des INB ont obligation réglementaire de pouvoir justifier d'une formation spécifique définie par la réglementation. Ils ont en charge le suivi de l'exposition interne de l'ensemble des intervenants pour toute exposition interne survenant sur l'INB.

- **Traçabilité**

Les résultats des mesures au poste de travail et les analyses du niveau de risque sont conservés par chaque établissement.



Les résultats des examens anthroporadiométriques et examens radiotoxicologiques sont conservés dans les dossiers médicaux en santé au travail et transmis par le laboratoire à l'application SISERI de l'IRSN.
Les évaluations de dose sont conservées dans les dossiers médicaux en santé au travail et obligatoirement transmises par les médecins du travail à l'IRSN pour intégration dans SISERI, dès lors que la dose est supérieure ou égale à 1 mSv.

Les médecins des salariés des entreprises intervenantes ont connaissance des examens réalisés dans le cadre de la surveillance de l'exposition interne, soit via les médecins des INB, soit via la consultation des résultats qui sont transmis à SISERI.

2.3 DOMAINES INDUSTRIE NON NUCLÉAIRE ET RECHERCHE (HORS MÉDICAL ET NUCLÉAIRE)

2.3.1 DOMAINE INDUSTRIE NON NUCLÉAIRE

- **Activités et métiers**

Bien que peu nombreuses, il existe certaines activités spécifiques non nucléaire pouvant être exposantes au risque de contamination interne.

L'industrie non nucléaire est le domaine où le moins d'examens de surveillance de l'exposition interne est réalisé. Ceci s'explique par le peu d'activités industrielles mettant en jeu des sources non scellées.
Sur les 956 examens de surveillance individuelle de l'exposition interne réalisés en 2013, 93% correspondent à des analyses radiotoxicologiques urinaires et 7% des examens anthroporadiométriques.

Sont concernées actuellement, par le risque d'exposition interne, les activités de :

- Production et conditionnement de radio-isotopes.
  Ce secteur est celui qui fait l'objet actuellement du plus grand nombre d'analyses radiotoxicologiques, avec plus de 500 examens urinaires. Ces examens portent sur une large gamme de radioisotopes à mesurer (Pb-210, Na-22, Sr-85, Se-75, Co-58 ….). Il est en hausse par rapport aux trois dernières années.
- Contrôle pour la sécurité des personnes et des biens, et logistique et maintenance.
  La demande d'analyses radiotoxicologiques urinaires dans le secteur des examens pour la sécurité des personnes et des biens et le secteur des opérations de logistique et de maintenance par des prestataires reste, quant à elle, du même ordre de grandeur que les trois dernières années avec respectivement une cinquantaine et moins d'une centaine d'analyses.
- Autres : activités utilisant des sources non scellées : activités diverses parmi lesquelles on peut citer le reconditionnement de biens contenant des sources de radio-isotopes, tels que les détecteurs de fumées, l'expertise et la restauration d'œuvre d'art (utilisation de C-14 pour le travail sur les tableaux des musées) et des utilisations diverses dans l'industrie cosmétique, agro-alimentaire, électrique et électronique. En tout état de cause, les effectifs suivis par chaque entreprise relevant de cette catégorie « autres » restent faibles (inférieurs à la dizaine)



- **Les principaux radionucléides surveillés :**

- Emetteurs béta, gamma, X : H-3, I-125 et C-14 (par ordre décroissant d'examens radiotoxicologiques demandés sachant que le nombre de travailleurs ayant eu au moins une mesure urinaire de tritium est de l'ordre de la centaine en 2013). Les secteurs utilisateurs sont variés.
- Emetteurs alpha : Am-241 (le nombre de travailleur ayant eu au moins une analyse d'américium est de l'ordre de la cinquantaine en 2013), U-238, U-234 et U-235. Les principaux secteurs utilisateurs sont ceux du reconditionnement de biens et de la fabrication de composants électroniques.

2.3.2 DOMAINE RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT HORS DOMAINE NUCLÉAIRE ET MÉDICAL

ACTIVITÉS ET MÉTIERS

Sont concernées principalement les activités de recherche des laboratoires nationaux de recherche et d'enseignement des centres universitaires, utilisant des sources non scellées.

- **Les principaux radionucléides utilisés :**

- Émetteurs béta : H-3, C-14, S-35, P-32, P-33 manipulés sous forme libres ou sous forme de molécules marquées (par ordre décroissant d'examens radiotoxicologiques demandés sachant que le nombre de travailleur ayant eu au moins une analyse de tritium est de l'ordre de la quarantaine en 2013),
- l' I-125, utilisé sous forme libre ou sous forme de molécules marquées,
- Emetteurs alpha: Am-241 (sachant que le nombre de travailleur ayant eu au moins une mesure d'américium en 2013 est de l'ordre de la trentaine), U-238, U-235, U-234, Ra-226, Th-228 (activité d'expertise privée ou d'intervention essentiellement).

2.3.3 BILAN DE LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INTERNE

Les laboratoires de l'IRSN réalisent la majorité des analyses radiotoxicologiques et des examens anthroporadiométriques pour les travailleurs exposés hors secteur nucléaire. Ces deux techniques ne sont pas nécessairement exclusives et peuvent être mises en œuvre conjointement pour un meilleur suivi de l'exposition. Les mesures peuvent être réalisées à intervalle régulier, à l'occasion d'une manipulation inhabituelle ou encore en cas d'incident.



SCHÉMA N°8 - SURVEILLANCE RÉALISÉE À INTERVALLE RÉGULIER : BILAN SUR 4 ANS

Données d'après les données du LAMR de l'IRSN* et des bilans annuels publiés par l'IRSN**

ANNÉE	DOMAINE	INDUSTRIEL NON NUCLÉAIRE	RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT (HORS MÉDICAL ET NUCLÉAIRE=)
	SECTEUR	PRODUCTION RADIO ISOTOPES/ CTRL PERSONNES / DIVERS INDUSTRIE	
2010*	**Effectifs suivis**	**87 [1/47/39]**	**64**
	Nb analyses RTU	298	267
	Nb de « positifs »	[0/0/5]	0
	% « positifs »	1.7%	
2011*	**Effectifs suivis**	**82**	**38**
	Nb analyses RTU	266 [4/33/45]	103
	Nb de « positifs »	0	1
	% « positifs »		0.7%
2012*	**Effectifs suivis**	**67(2/29/36)**	**50**
	Nb analyses RTU	186	156
	Nb de « positifs »	0	0
	% « positifs »		
2013**	**Effectifs suivis**	176	175
	Nb analyses RTU	892	495
	Nb de « positifs »	10	1
	% « positifs »	1.12%	0.2%

LAMR : laboratoire d'analyses médicales et radiotoxicologie

RTU analyses radiotoxicologiques sur urines

La périodicité de la surveillance individuelle par prélèvements urinaires est le plus souvent semestrielle.

Les effectifs suivis correspondent au nombre de travailleurs ayant eu au moins un examen au cours de l'année observée. Il peut y avoir plusieurs analyses réalisées à partir d'un prélèvement.

Les examens considérés positifs sont ceux dont le résultat est supérieur à la limite de détection (LD).

Les radionucléides détectés dans les prélèvements « positifs » (0.3% des analyses RTU) sont :

- Pour le secteur « divers » industrie : U-234, U-238, Am-241.



SCHÉMA N° 9 - SURVEILLANCE SPÉCIALE SUITE À ÉVÈNEMENT : BILAN SUR 4 ANS

Données issues des bilans annuels publiés par l'IRSN

ANNÉE	DOMAINE	INDUSTRIEL	RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT (HORS MÉDICAL ET NUCLÉAIRE=)
	SECTEUR	PRODUCTION RADIO ISOTOPES PRESTATAIRES DIVERS INDUSTRIE	
2010	Nb analyses	3/200/16	41
	Nb de « positifs »	0/0/8	3
	% « positifs »	50%	7%
2011	Nb analyses	2/2/158	77
	Nb de « positifs »	0/0/3	0
	% « positifs »	1.9%	
2012	Nb analyses	2/2/223	75
	Nb de « positifs »	0/0/60	0
	% « positifs »	27%	
2013	Nb analyses	12/10	60
	Nb de « positifs »	0/2	0
	% « positifs »	20%	

BILAN DES ÉVALUATIONS DE DOSE DÉCLARÉES À L'IRSN

Sur les années 2010 à 2013, aucune doses supérieure à 1 mSv n'a été déclarée pour le secteur. Données rapports IRSN.

2.4 CAS PARTICULIERS

Dans l'ensemble des secteurs, se pose le problème du suivi et de la traçabilité du suivi des catégories de personnel à contrats particuliers : stagiaires, scolaires professionnels, travailleurs à employeurs multiples…



3 INTERROGATIONS ET RÉFLEXIONS

Deux questions ont été abordées :

- Comment définir un programme de surveillance pertinent et adapté ?
- Comment améliorer la traçabilité de la surveillance des expositions ?

3.1 COMMENT DÉFINIR UN PROGRAMME DE SURVEILLANCE PERTINENT ET ADAPTÉ ?

Pour définir un programme de surveillance pertinent et adapté, il faut :

- évaluer le niveau du risque d'exposition interne à partir de l'analyse de poste et des expositions, sous la responsabilité de l'employeur,
- définir un protocole de surveillance à partir de l'évaluation du niveau d'exposition interne potentiel, sous la responsabilité du médecin du travail qui peut faire appel à l'IRSN,
- pouvoir réaliser une évaluation de dose à partir des résultats du protocole de surveillance, sous la responsabilité du médecin du travail qui peut faire appel à l'IRSN.

L'ensemble des actions, le bilan annuel statistique des résultats et leur analyse doivent faire l'objet d'échanges entre les différentes parties prenantes que sont les employeurs, les PCR, les équipes médicales et les représentants du personnel.

L'évaluation préalable du risque d'exposition au poste de travail est basée sur l'étude des situations représentatives des conditions normales d'utilisation les plus pénalisantes en intégrant les aléas prévisibles inhérents à ces conditions d'utilisation et sans tenir compte des moyens de protection individuelle [23].

Cette évaluation doit permettre de répondre aux interrogations suivantes :

1. Comment évaluer le niveau du risque potentiel en exposition interne à partir de l'analyse de poste et des expositions ?
2. Comment définir un protocole de surveillance à partir de l'évaluation de ce niveau ?
3. Comment réaliser une évaluation de dose à partir des résultats d'un protocole de surveillance ?

3.1.1 COMMENT ÉVALUER LE NIVEAU DU RISQUE POTENTIEL EN EXPOSITION INTERNE À PARTIR DE L'ANALYSE DE POSTE ET DES EXPOSITIONS ?

L'évaluation du niveau de risque potentiel en exposition interne passe par l'estimation de la dose efficace engagée potentielle.

LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE POTENTIELLE (E_{inh} en Sv) pour un radionucléide est égale au produit de l'activité susceptible d'être incorporée (en Bq) par le coefficient de dose ($h_{(g)inh}$ **en** Sv Bq^{-1}) pour l'inhalation du radionucléide.

23 Circulaire DGT/ASN du 18/01/2008 relative à l'arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont apposées



$$E_{inh} \text{ en Sv} = A_{incorporée} \times h_{(g)inh}$$

Explications :

La conséquence, en termes de radioprotection (impact dosimétrique), d'une exposition interne s'évalue par l'estimation d'une dose délivrée sur l'organisme entier (dose efficace) sur une durée (heures, jours, mois, années) variable selon l'élimination du radionucléide.

Cette estimation est réalisée à partir des résultats des analyses individuelles des travailleurs.

Le calcul de la dose efficace prend en compte la durée de rétention dans l'organisme, d'où la dénomination de dose efficace engagée (dans le temps). Règlementairement pour le travailleur, le calcul est réalisé sur une période de 50 ans après l'incorporation.

L'estimation de la dose efficace engagée associée (E_{inh} en Sv), à partir d'un résultat de mesure anthroporadiométrique et/ou d'analyse radiotoxicologique, est un exercice simple dans le principe :

- une première étape consiste à calculer l'activité incorporée, c'est-à-dire la quantité de radionucléide entrée dans l'organisme, à partir des résultats des mesures individuelles,
- une deuxième étape aboutit à estimer la dose à partir de l'activité incorporée (en Bq), en appliquant les coefficients de dose ($h_{(g)}$ en Sv Bq^{-1}) fournis par les instances internationales et validés par la réglementation.

SCHÉMA N° 10 - ESTIMATION DE L'ACTIVITÉ INCORPORÉE

L'activité susceptible d'être incorporée peut être évaluée à partir des mesures atmosphériques par la formule : $A \text{ incorporée} = A_j \times C_m \times D_t \times T_{travail}$

1	ACTIVITÉ CUMULÉE PRÉSENTE SUR LE LIEU DE TRAVAIL
A_j	activité cumulée (Bq) du radionucléide *j* présent sur le lieu de travail au cours de l'année
D_t	débit ventilatoire du travailleur (1,2 $m^3.h^{-1}$)
C_m	activité volumique du radionucléide dans l'air ($Bq.m^{-3}$) homogène au poste (effet de la ventilation)
$T_{travail}$	durée de présence du travailleur dans l'atmosphère radioactive (h)

A défaut de mesures atmosphériques (ou de mesures individuelles issues du REX) disponibles pour évaluer l'activité susceptible d'être inhalée, celle-ci peut être estimée par la formule suivante :

$$A \text{ incorporée} = A_j \times [f_{activité_manipulée} \times f_{incorporation}] \times [f_{fS} \text{ (ou } k_v) \times f_{hS} \times f_{pS} \text{ (ou } k_s)] \times f_{charge\ de\ travail}$$

2	ACTIVITÉ RÉELLEMENT MANIPULÉE ET / OU INCORPORÉE
$f_{activité_manipulée}$	fraction de l'activité totale manipulée par le travailleur dans un scénario, sachant qu'en pratique, chaque travailleur, selon sa fonction, ne manipule qu'une fraction de l'activité totale détenue dans la zone considérée. Sa valeur est ≤1
$f_{incorporation}$	fraction de l'activité manipulée qui pourrait être assimilée par le travailleur par aérosolisation ou volatilisation.



FACTEURS DE SÛRETÉ EN FONCTION DU COMPOSANT, DE L'ACTIVITÉ, DES ÉQUIPEMENTS DE PROTECTION [24]	
f_{fS} (ou k_v)	facteur de sûreté de forme physique, basé sur les propriétés physiques et chimiques du composant manipulé, ou facteur de volatilité. Valeur par défaut de 0.01. Une valeur de 0.001 pourrait être utilisée à condition d'être justifiée.
f_{hS}	facteur de sûreté de manipulation, basé sur l'expérience que l'on possède de l'opération effectuée et sur la forme du matériau
f_{pS} (ou k_s)	facteur de sûreté de protection, basé sur l'utilisation d'équipements de protection de laboratoire permanents (par exemple : boite à gants, hotte de laboratoire).
TEMPS PLAUSIBLE D'EXPOSITION	
$T_{travail}$	durée de présence du travailleur dans l'atmosphère radioactive (h)
$f_{charge\ de\ travail}$	fraction de temps consacré à l'activité exposante. Sa valeur est ≤1
FACTEURS DE PRÉCAUTION	
Évènements	Prise en compte des « situations dégradées : survenue d'évènements, prise en compte du Retour d'EXpérience

Valeurs pour les facteurs f_{hS} et f_{pS} guide de sûreté AIEA [Safety Standards series N° R G 1-3**]**

Facteurs de sûreté de manipulation f_{hS}	
Processus	**f_{hS}**
Stockage (solution mère)	0,01
Opérations très simples en milieu humide	0,1
Opérations chimiques normales	1
Opérations complexes en milieu humide avec risque de projections	10
Opérations simples en milieu sec	10
Manipulation de composés volatils	100
Opérations en milieu sec et poussiéreux	100

Facteurs de sûreté de protection f_{ps}	
Mesure de protection	**f_{ps}**
Boîte à gants	0,01
Sorbonne de laboratoire	0,1
Opérations sur paillasse non protégée	1

Valeurs pour les facteurs de sûreté de forme physique f_{fS} (ou facteur de volatilité k_v) extraites du guide pratique [25]

Facteur de sûreté de forme physique f_{fS} (ou facteur de volatilité k_v)	f_{fS} ou k_v
Substances non volatiles à tension de vapeur (0,01 atm à 20°C),	0,001
Substances peu volatiles à tension de vapeur (0,01 atm à 20°C), ex l'eau Composés non spécifiés, oxydes, hydroxydes, halogénures, carbures et nitrates [10]	0,01
Substances à tension de vapeur (0,1 atm à 20°C), particules > 5 µm	0,1
Gaz, Substances à forte tension de vapeur (1 atm à 20°C), Substances pénétrant à travers la peau, particules < 5 µm	1

24 AIEA Safety Standards series N° R G 1-3
25 Guide Radionucléides et Radioprotection Guide pratique – D. Delacroix et coll. – EDP Sciences – ISBN 2-86883-864-2



RÉFLEXIONS SUR LA CARACTÉRISATION DU TEMPS D'EXPOSITION :

- le temps de travail annuel : soit 1 607 heures ①
- le temps global potentiel de l'activité de la personne à son poste de travail correspondant à un temps plausible d'exposition :
  - basé sur l'étude de la répartition des activités dans l'année,
  - en différenciant les temps de séjour dans les lieux de travail exposants et non ou moins exposants (1),
  - en veillant à intégrer les situations dégradées (2) nécessitant de prendre en compte un facteur de sécurité.

(1) pour exemple : temps de séjour en médecine nucléaire et temps dans la chambre avec I-131
Temps de présence dans la chambre : < 100h par an : estimation déjà péjorative, le dosimètre électronique indique 30 mn par jour,

(2) pour exemple : présence 1 fois par an d'un patient dépendant qui impose une présence plus importante du personnel médical.

① La durée légale du travail effectif des salariés est fixée à 35 heures par semaine civile par l'article L3121-10 du code du travail, ce qui correspond à 1 607 heures par an.

Seul le risque par inhalation est retenu en systématique. Les risques d'ingestion, de passage percutané et d'exposition interne suite à une plaie relèvent d'un évènement détecté, connu et consigné.
Les valeurs des critères retenus dépendent du secteur d'activité et des activités manipulées.

À titre d'exemple :

Manipulation d'Iode-125

- Caractéristiques :
  - émetteur gamma d'énergie 35.5 keV,
  - coefficient de dose par inhalation tous composés 5µm : 7.3 x E-03 µSv/Bq
- <u>Activité cumulée totale maximale par an :</u>
  190 MBq : activité maximale de 3.28 MBq et 58 manipulations de 1h chacune
- Activité volumique du radionucléide dans l'air :
  190 MBq x 0.01 (f_{fS}) x 1 (f_{hS}) x 1 (f_{pS}) = 1.90 MBq dispersés dans la pièce (65 m^3)
  Activité engagée par m^3 : 1.90 / 65 = 0.029 MBq, soit 29 kBq
- <u>Activité susceptible d'être incorporée</u> : 29 x 1.2 = 34.8 kBq
- <u>Dose efficace engagée potentielle en exposition interne</u>
  7.3 x E-03 (µSv/Bq) x 34 800 (Bq) = 254 µSv

Cette estimation préalable initiale doit être réévaluée périodiquement pour en évaluer la pertinence et réviser les programmes de surveillance, sur la base :

- des résultats des données de contrôles techniques d'ambiance radiologique et de surveillance individuelle,
- de l'analyse des évènements d'exposition interne, issus des données du retour d'expérience et du benchmark



3.1.2 COMMENT DÉFINIR UN PROTOCOLE DE SURVEILLANCE À PARTIR DE L'ÉVALUATION DU NIVEAU DE RISQUE POTENTIEL EN EXPOSITION INTERNE ?

1. *Quand doit-on mettre en place une surveillance individuelle ?*
2. *Dans quelles conditions les contrôles techniques d'ambiance radiologique pourraient-ils permettre de s'affranchir de la surveillance individuelle de l'exposition interne ?*
   Comment garantir la détection d'une situation anormale ?
   Comment rendre recevable les contrôles techniques d'ambiance radiologique pour répondre à la finalité ?
   Quelle représentativité de ces contrôles ?
3. *Comment juger de la pertinence du programme ?*

UN FACTEUR DE DÉCISION, ÉGAL À L'ESTIMATION DE LA DOSE EFFICACE ENGAGÉE POTENTIELLE, PEUT ÊTRE CALCULÉ À PARTIR DES DONNÉES PRÉCÉDENTES [26].

$$D_j \text{ en Sv} = E_{j,inh} = A_{j,incorporée} \times h_{j(g)inh}$$

3.1.2.1 Quand doit-on mettre en place une surveillance individuelle ?

Les autres ateliers ont défini une valeur dénommée VDA : valeur d'exposition déclenchant une action de prévention renforcée.

Pour l'exposition interne, la valeur de la VDA serait le seuil de 1 mSv et correspondrait à la valeur déclenchant une « action de prise en charge médicale », orientée vers la mise en œuvre d'un suivi individuel à visée dosimétrique, soit dans le cadre d'une surveillance de routine ou de chantier, soit en déclenchant une surveillance spéciale suite à évènement.

Cette action vient en sus des actions initiées dans le cadre de la prévention : EPI, EPC et contrôles techniques d'ambiance radiologique.

Le facteur de décision D (mSv) est la somme de tous les facteurs de décision spécifiques de chaque radionucléide manipulé au poste de travail

Si D est supérieur ou égal à 1 mSv, il convient d'effectuer une surveillance individuelle,

Si D est inférieur à 1 mSv, cette surveillance individuelle peut ne pas être nécessaire.

Lorsque plusieurs radionucléides sont présents au poste de travail, tous les radionucléides pour lesquels D est supérieur ou égal à 1 mSv doivent faire l'objet d'une surveillance.

26 AIEA Safety Standards series N° R G 1-3



3.1.2.2 Dans quelles conditions les contrôles techniques d'ambiance radiologique pourraient-ils permettre de s'affranchir de la surveillance individuelle de l'exposition interne ?

Si D, représentant l'estimation de la dose efficace engagée potentielle en exposition interne, est inférieur à 1 mSv, une surveillance individuelle de routine peut ne pas être nécessaire, à condition de :

- définir et justifier les contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail, en montrant que les concentrations atmosphériques mesurées reflètent celles de l'air respiré par le travailleur.
- en avoir défini des critères d'alerte, en concertation PCR et Médecin du travail,
- avoir défini des protocoles d'action pour les évènements anormaux, en concertation PCR et Médecin du travail, en terme de prévention du chantier, de mise en œuvre de la surveillance spéciale et de prise en compte du retour d'expérience,
- avoir défini la nécessité ou pas de la mise en œuvre d'une surveillance individuelle de contrôle pour valider que les modalités de suivi des contrôles techniques d'ambiance radiologique sont pertinents,

- garder la traçabilité des alertes et évènements dans les dossiers médicaux.

Comment garantir la détection d'une situation anormale ?

Il est impératif de définir des critères d'alerte pertinents (seuil d'alerte et périodicité) pour les contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail.

Cette surveillance est basée, selon les situations :

- sur la détection de contamination corporelle externe (contaminamètres ou contrôleurs mains-pieds ou portiques de détection),
- sur des contrôles techniques d'ambiance atmosphériques,
- sur des contrôles techniques d'ambiance surfaciques ou frottis.

Le critère d'alerte doit garantir :

- qu'un évènement ou une situation anormale seront détectés,
- que quelqu'un en deçà du seuil d'alerte pendant un an (ou le temps maximal d'exposition au poste de travail) restera à une dose efficace engagée potentielle en exposition interne inférieure à 1 mSv,
- que tous les contrôles de contamination corporelle à l'aide des détecteurs mains/pieds resteront à un niveau de détection permettant une alerte de dose équivalente à la peau inférieure à 50 mSv/cm² (estimée sur le cm² le plus contaminé et à une profondeur des cellules basales de 0,07 mm).

Le critère d'alerte est à définir en fonction de l'enjeu radioprotection, dosimétrique et sanitaire.

- Il est égal à un multiple de la limite de détection ou du bruit de fond.
- Il est nécessaire de définir deux seuils :
    - un seuil qui correspond au seuil d'alerte radioprotection,
    - et un seuil qui correspond au seuil « d'action médicale » avec mise en œuvre d'une surveillance individuelle spéciale selon un protocole pré défini entre PCR et médecin du travail.



Il peut être nécessaire pour ce dernier seuil d'établir une corrélation entre la valeur du critère et la dose potentielle.

- Pour le critère de contamination atmosphérique :

Un critère d'alerte est le niveau Repère de Contamination Atmosphérique (RCA) qui correspond à l'activité conduisant par inhalation à la dose efficace de 0,025 mSv en une heure (limite inférieure de la zone contrôlée) [27] .

Pour exemple : Valeur Repère de Concentration Atmosphériques (RCA)
d'après les recommandations de bonne pratique publiées en juillet 2011 [28]

LDCA en Bq/m^3	RCA	Dose potentielle correspondante
2 000	800	20 mSv
100	40 4	1 mSv
10	1	0.1 mSv
		25 microSv

- Pour le critère de contamination surfacique :

Un critère d'alerte est la comparaison aux Limites Pratiques de Contamination Surfacique (LPCS) qui permettent de quantifier les risques d'exposition résultant d'une contamination de surface fixée ou non.

Ce critère correspond au risque lié à la contamination de surface, pas à celui liée à une éventuelle contamination atmosphérique qui aurait pu être à l'origine de cette contamination de surface

Les valeurs des Limites Pratiques de Contamination Surfacique prennent en compte l'ensemble des contributions du dépôt surfacique aux différents modes d'exposition (inhalation, ingestion, cutanée) et elles ont été publiées par nucléide dans le Guide pratique radionucléides et radioprotection en distinguant les Limites Pratiques de Contamination Labile (LPC_L) et Limites Pratiques de Contamination Fixée (LPC_F).

Ces valeurs limites sont exprimées en Bq cm^{-2}, en prenant en compte des facteurs par défaut comme le facteur de remise en suspension (10^{-4}), le coefficient de transfert par ingestion (1 cm² h^{-1}), le coefficient de transfert à la peau (10%) et la fraction labile (10%). Pour tous écarts à ces valeurs, les Limites Pratiques de Contamination Surfacique devront être recalculées.

Comment rendre recevable les mesures d'ambiance pour répondre à la finalité ? Quelle représentativité des mesures d'ambiance ?

Une surveillance de contrôle individuelle est à instaurer pour valider la pertinence de la non mise en place d'une surveillance de routine individuelle.

27 Arrêté du 15 mai 2006 et circulaire du 18 janvier 2008
28 Surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en installations nucléaires de base – Recommandations pour la pratique clinique – Juillet 201



Des interrogations subsistent :

- la surveillance de contrôle doit-elle concerner tous les travailleurs exposés, ou seulement un échantillonnage représentatif ?
- une surveillance de contrôle plus « pertinente » pour le suivi des expositions peut-elle être mise en place ?

Serait-il plus pertinent de multiplier les prélèvements en acceptant un recueil d'urines de courte durée ?

Peut-on améliorer la surveillance de contrôle par des recueils d'urines de 24 heures tous les 6 mois, en programmant ces recueils juste après les manipulations ?

Les contrôles techniques d'ambiance radiologique en amont du poste de travail devront être prépondérants, avec des actions « individuelles » qui devront être déclenchées dès l'atteinte d'un seuil d'alerte, comme explicitée au paragraphe précédent, pour évaluer la dose reçue. Ceci nécessite une surveillance atmosphérique continue ou systématique.

3.1.2.3 Comment juger de la pertinence du programme ?

L'analyse des résultats des contrôles techniques d'ambiance radiologique et de la surveillance individuelle permet de juger de la pertinence d'une modification du programme de surveillance.

Axes de réflexion :

Si l'ensemble des résultats de la surveillance de routine sont négatifs pendant une période représentative, la réflexion vers un allègement vers une surveillance de contrôle ou une surveillance de routine à visée collective sur un échantillonnage est à initier.

Si l'ensemble des résultats des contrôles techniques d'ambiance radiologique sont négatifs, et si le niveau d'alerte permet de garantir la détection des évènements, une réflexion sur l'absence de mise en place d'une surveillance individuelle est à initier.

Si plusieurs résultats de la surveillance individuelle ou d'ambiance sont positifs, la réflexion sur la mise en œuvre d'une surveillance individuelle plus ciblée est à initier ; par exemple d'une surveillance de contrôle à une surveillance de routine, ou d'une surveillance de routine plus ciblée par rapport aux activités.

Le retour d'expérience des évènements permet de mesurer le niveau de risque d'exposition lors des aléas (la dose reçue) et de quantifier l'occurrence des aléas. Ces éléments seront à intégrer dans l'évaluation de dose potentielle.

Il permet aussi en outre de mettre en œuvre des actions de prévention complémentaires.

À titre d'exemples pour le milieu médical : vomissements d'un patient, nécessité d'une réanimation au cours de l'examen ou du traitement, etc…

3.1.2.4 Réflexions sur l'échantillonnage représentatif - sur la notion de surveillance individuelle a visée collective

Une surveillance appliquée à un échantillonnage représentatif est dénommée surveillance individuelle à visée collective, qui peut être déclinée de différentes façons, selon qu'on l'approche par l'objectif ou les moyens.



Pour un même poste de travail, une même durée d'exposition et donc un risque identique, la notion de groupe d'individus exposés représente un moyen de surveiller avec une prescription individuelle sur un de ses membres, un risque d'exposition interne potentiel pour l'ensemble du groupe. Cette notion est utilisée en dosimétrie externe et donc applicable pour la dosimétrie interne.

C'est l'approche généralement retenue pour le risque chimique..

Extrait du document La traçabilité des expositions professionnelles IGAS RM2008 – 108P

La notion de groupe d'exposition homogène (groupe de personnes exposées à des nuisances identiques pour des pratiques de travail similaires: tâches, procédés, protections…) réalise d'ailleurs à cet égard un niveau intermédiaire entre les deux approches. C'est aujourd'hui l'approche généralement retenue en matière de risque chimique.

Une réflexion sur l'optimisation d'un suivi individuel permettant à la fois d'assurer un bon suivi médical et d'améliorer la prévention, tant au niveau de l'entreprise qu'au niveau collectif, devrait être engagée.

Les aspects juridiques d'un dispositif individuel sont importants mais ne doivent pas constituer, en eux-mêmes, un objectif, au risque de biaiser voire de paralyser toute la démarche par le caractère précontentieux qu'ils introduisent.

Pourquoi un échantillonnage ?

La base de l'échantillonnage est l'optimisation.

L'échantillonnage peut se justifier sur des arguments de faisabilité (fortes contraintes en termes de fréquence, de nombre de travailleurs, de difficultés d'analyse, de contraintes de prélèvement) et de coût.

La surveillance par échantillonnage nécessite une concertation de toutes les parties prenantes : travailleurs, préventeurs, médecins du travail, employeurs, représentants du personnel.

Il sert, par ailleurs, de donnée supplémentaire pour conforter l'absence d'exposition, en l'absence de surveillance individuelle.

Comment ? Qui ?

L'échantillonnage est basé sur la notion de groupe d'exposition homogène qu'il faut caractériser.

Il est nécessaire ensuite de définir le nombre de personnes concernées et la périodicité des examens.

Il faut valider la conduite à tenir en fonction des résultats de la surveillance :

- si les résultats sont négatifs, pas d'action complémentaire,
- si un résultat est positif, contrôle de l'ensemble du groupe.

Quelle traçabilité ?

Pour chaque personne surveillée : preuve individuelle de leur suivi.

Pour les personnes non contrôlées du groupe, preuve collective qui complète les données d'ambiance, mais sans possibilité de pouvoir justifier d'une preuve individuelle de suivi.



3.1.3 COMMENT RÉALISER UNE ÉVALUATION DE DOSE À PARTIR DES RÉSULTATS D'UN PROTOCOLE DE SURVEILLANCE ?

Pour évaluer une dose, il est nécessaire de disposer, entre autres informations, des circonstances de la contamination.

Lorsque des résultats sont « positifs » dans le cadre des examens périodiques de routine ou de contrôle, il est nécessaire de rechercher par une enquête la date de contamination :

- dans le cadre d'une surveillance de routine, la date retenue par défaut, selon la CIPR, sera le milieu de l'intervalle de surveillance,
- dans le cadre d'une surveillance de contrôle, la dose ne pourra pas être évaluée en l'absence d'information sur la date ou la période de contamination,
- suite à évènement radiologique, la question ne se pose pas pour les examens réalisés.

Des analyses complémentaires peuvent s'avérer nécessaires pour cibler une date la plus plausible.

3.2 COMMENT AMÉLIORER LA TRAÇABILITÉ DE LA SURVEILLANCE DES EXPOSITIONS ?

Pourquoi ?

La traçabilité des expositions répond à une obligation réglementaire et la non traçabilité peut avoir des impacts juridiques.

Sur ce dernier point, une différence existe en fonction des secteurs d'activité, pour exemple hôpital et fonction publique et ministère de la défense (assimilé à la fonction publique étatique).

Quoi ? et comment ?

Au niveau individuel, la traçabilité comprend :

- tous les résultats des examens,
- mais aussi la traçabilité des examens prescrits et non réalisés par le travailleur, par exemple flacon de prélèvement non rendu,
- les modalités de l'évaluation de dose avec les paramètres utilisés (fiche de traçabilité *) [29],
- l'attestation d'exposition post exposition et post professionnelle [30].

** La fiche de traçabilité permet de garantir la traçabilité de l'évaluation des doses, car il n'y a pas de re-calcul systématique de toutes les doses évaluées en cas de changement de méthode. Le re-calcul n'est fait que sur décision du médecin à partir des données contenues dans le dossier médical en santé au travail, ou en cas de saisine juridique.*

Au niveau « collectif », la traçabilité concerne les bilans annuels, pour exemples :

- CHSCT interne et CIESCT externe,
- IRSN bilan de l'exposition des travailleurs,
- Bilan annuel de l'exposition interne dans le dossier médical en santé au travail.

29 Surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en installations nucléaires de base – Recommandations pour la pratique clinique – Juillet 2011
30 Code de Sécurité Sociale D 461-25 et arrêtés d'application



Il est en outre nécessaire de s'interroger sur la traçabilité « collective », pour exemples :

- **la justification et la décision de ne pas faire de surveillance individuelle, suite à l'analyse de poste,**
- le suivi par échantillonnage.

Quel archivage et où ?

Services de santé au travail et laboratoires d'analyses :

Obligation réglementaire des laboratoires : conservation 10 ans, justification du résultat, de la méthode, des consommables, etc…,

Dossier médical en santé au travail : obligation de conservation pendant au moins 50 ans après la fin de période d'exposition (Art. R4451-90 du code du travail),

Réflexion sur la redondance : renforce l'efficacité de la traçabilité, mais a un coût.

Problématique du transfert du dossier médical en santé au travail lorsque le salarié change d'entreprise et donc de service médical : le transfert nécessite l'accord du salarié, et le médecin du travail peut ne transmettre qu'une synthèse et pas l'ensemble du dossier.

- Réflexion à avoir sur la nécessité de la transmission intégrale de tous les éléments d'expositions.

Quelle place de SISERI dans le dispositif : collecte d'informations, vision en temps réel, historique ?

- Les laboratoires transmettent les résultats en activité en Bq,
- Les médecins transmettent la dose estimée en mSv.

Qui est concerné ?

Chef d'établissement, PCR, médecin du travail de chaque entreprise : rôle de chacun défini dans la réglementation

Communication CHSCT/DP – Inspecteur du travail - ASN en cas de déclaration de dose : art. R 4451-77 du code du travail

Importance de la relation médecin et laboratoire par rapport au travailleur

Réflexion pour les salariés des entreprises extérieures

- au niveau des INB, c'est le médecin de l'entreprise utilisatrice qui a en charge le suivi de l'exposition interne survenue sur le site de l'EU. Ne devrait-on pas étendre cette obligation aux hôpitaux ?
- au niveau des déclarations des doses à SISERI, c'est le médecin du salarié de l'EE qui en a la responsabilité, mais le retour d'expérience montre que l'information n'est pas toujours relayée.



- **Comment assurer la traçabilité de la surveillance basée sur les contrôles externes et d'ambiance ?**

Quel archivage et quelle durée de conservation ?

- Contrôle mains pieds et portiques de détection,
- Résultats des données d'ambiance,
- Analyse de risque du poste de travail, du chantier ou de l'intervention selon le domaine concerné.

Réflexions autour de la fiche de poste et d'exposition qui pourraient porter le bilan des contrôles techniques d'ambiance radiologique ou à défaut la mention des contrôles réalisés.

Réflexions sur la transmission d'informations entre Entreprise Extérieure et Entreprise Utilisatrice.

- **Dans quelle mesure les données des contrôles techniques d'ambiance radiologique ou de surveillance individuelle à visée collective pourraient-elles permettre d'enregistrer une dose dans SISERI ?**

La question se pose si la surveillance est basée sur des données d'ambiance, sans surveillance individuelle de routine.

Comment tracer une dose individuelle qu'on rattacherait à un groupe d'individus ?

Comment tracer une dose collective d'ambiance qu'on rattacherait à un groupe d'individus ?



RAPPORT DE L'ATELIER 4

STATUT DES DONNÉES DOSIMÉTRIQUES

Atelier 4

M. LALLIER

G. ABADIA-BENOIST	INRS
A. ACKER	AREVA
C. BARRET	CoRPAR
JP. CHARLET	GE Health Care
G. CORDIER	EDF - retraité
E. DEBONDANT	CoRPAR
A. DEVITA	AREVA
C. LEFAURE	CoRPAR
P. MOUREAUX	INRS
C. OMNES	ETT
P. PERRAN	Prism Emploi
F. PIC	CEA
A. ROUSSELET	ACMS
P. SCANFF	IRSN
M. VARESCON	EDF

Administration

C. BARDELAY	ASN
V. LE-SOURD-THEBAUD	DGT
N. MICHEL DIT-LABOELLE	MSNR



SOMMAIRE

SYNTHÈSE

1 FINALITÉS DU SUIVI DOSIMÉTRIQUE

Objectifs du suivi dosimétrique

Objectifs de la traçabilité des résultats dosimétriques

2 ÉTAT DES LIEUX SUR LES SITUATIONS DE CONTRATS DE TRAVAIL PRÉCAIRES OU PARTICULIÈRES

Les contrats précaires

Le recours aux entreprises extérieures

Autres réflexions générales

3 REQUESTIONNER LE STATUT DE LA RADIOTOXICOLOGIE

Discussion

Positionnement des différents moyens de surveillance de l'exposition

Contexte général de la prévention

4 L'ACCÈS AUX DONNÉES DOSIMÉTRIQUES

5 SISERI

Rappel du rôle de SISERI

Discussion et recommandations

6 EXPLOITATION DES RÉSULTATS NULS ET NON NULS

SCHÉMAS

SCHÉMA 1 Statut des données individuelles

SCHÉMA 2 Exploitation des résultats



SYNTHÈSE

L'atelier 4 a formulé 24 recommandations regroupées selon les thèmes suivants :

- Les finalités du statut dosimétrique
- État des lieux sur els situations de contrats de travail précaires ou particulières
- Le requestionnement sur le statut de la radiotoxicologie
- L'accès aux données dosimétriques
- L'application SISERI de l'IRSN
- L'exploitation des résultats nuls et non nuls

1 FINALITÉS DU STATUT DOSIMÉTRIQUE

1.1 OBJECTIFS DU SUIVI DOSIMÉTRIQUE

L'objectif du suivi dosimétrique est de mesurer l'exposition afin de vérifier le respect des limites réglementaires de dose et de faciliter la mise en œuvre et le contrôle de l'optimisation.

Par ailleurs, il permet de :

- Constituer un des indicateurs de la maitrise du risque radiologique
- Alerter lors de situations anormales d'exposition.

Enfin, il permet de gérer les situations post-incidentelles ou post-accidentelles et les conséquences éventuelles sur la santé du travailleur.

1.2 OBJECTIFS DE LA TRAÇABILITÉ DES RÉSULTATS DOSIMÉTRIQUES

La traçabilité de la dosimétrie individuelle et collective permet au salarié de s'investir dans sa radioprotection et sa santé. Elle permet d'estimer la dose carrière du travailleur en vue d'une éventuelle reconnaissance de maladie professionnelle non inscrite au tableau N°6 ou inscrite mais ne satisfaisant pas aux critères de délais ou de fonction. Elle permet également d'alimenter des études épidémiologiques. Enfin, elle est nécessaire sous l'aspect juridique.

En France, le système de traçabilité est spécifique par rapport aux autres risques professionnels. Ce système fonctionne bien et constitue une référence au niveau international.

1.2.1 PRÉOCCUPATIONS JURIDIQUES POUR L'ENTREPRISE

La préoccupation d'un responsable d'entreprise est d'identifier ses obligations au titre des lois et réglementations applicables en matière de radioprotection. La « préoccupation juridique » découle de cette obligation.



Le chef d'entreprise doit satisfaire à l'ensemble de ses obligations réglementaires dans le domaine des risques professionnels et, notamment, dans le domaine de la radioprotection, il doit de plus :

- déclarer ou demander une autorisation pour une activité nucléaire (CSP),
- mettre en place un contrôle interne et un contrôle externe de cette activité (CT),
- mettre en place une démarche d'évaluation et d'optimisation des doses des travailleurs (CT),
- déclarer et traiter les événements significatifs (CSP et CT),
- traiter les cas de dépassements de limites réglementaires des travailleurs (CT).
- intégrer ces risques dans les bilans du CHSCT (CT).

Pour cela, il doit préalablement évaluer le risque et, pour ce faire, il a accès aux doses collectives et individuelles, non nominatives, en complément de l'accès qui est accordé à la PCR, aux fins d'optimisation.

1.2.2 PRÉOCCUPATIONS JURIDIQUES POUR LE TRAVAILLEUR

Le suivi dosimétrique joue un rôle important dans la prévention du risque et dans la reconnaissance des maladies professionnelles ou sur la déclaration de responsabilité pour faute inexcusable de l'employeur.

La maladie professionnelle est la conséquence de l'exposition plus ou moins prolongée à un risque lors de l'exercice d'une activité professionnelle.
Si la maladie n'est pas inscrite aux tableaux des maladies professionnelles, l'appréciation du lien de causalité entre maladie et travail habituel de la victime est confiée à un Comité régional de reconnaissance des maladies professionnelles (CRRMP), composé d'experts médicaux, dont l'avis s'impose à la caisse d'Assurance Maladie.
Le dossier, constitué par la caisse d'Assurance Maladie, doit comprendre : un avis motivé du médecin du travail de l'entreprise de la victime et un rapport de son employeur permettant d'apprécier les conditions d'exposition au risque professionnel.

Pour la fonction publique, c'est l'administration, après avis d 'une commission de réforme, qui décide de l'imputabilité.

Dans les deux cas, le lien direct et essentiel doit être reconnu avec un taux d'incapacité au moins égal à 25%.

L'atelier 4 a estimé, au cours de ses débats que « Bien qu'il ne revienne pas à notre groupe de travail d'étudier les critères de reconnaissance des pathologies radio- induites, nous préconisons toutefois au COCT et la CNAMTS de compléter le guide des CRRMP en ce qui concerne les critères de reconnaissance des maladies visées au troisième et quatrième alinéa de l'article L. 461-1, en prenant en compte les connaissances actuelles en la matière, et notamment en ce qui concerne les cancers inscrits dans le décret n° 2010-653 du 11 juin 2010 ainsi que les réflexions des organismes internationaux sur ce sujet. »

Par ailleurs, la traçabilité dosimétrique du travailleur ne doit pas conduire à rendre possible toute gestion de l'emploi ou des parcours professionnels en fonction des doses reçues.



2 ÉTAT DES LIEUX SUR LES SITUATIONS DE CONTRATS DE TRAVAIL PRÉCAIRES OU PARTICULIÈRES

L'entrée dans le dispositif de suivi dosimétrique est difficile à mettre en œuvre dans le cas de certaines organisations du travail qui concernent des catégories de travailleurs (précaires, chercheurs, travailleurs étrangers, mobiles, multi-employeurs, stagiaires, étudiants, auto-entrepreneurs, …).

2.1 LES CONTRATS PRÉCAIRES

2.1.1 L'INTÉRIM

- Les motifs du recours à l'intérim (remplacement, accroissement temporaire d'activité, emploi temporaire par nature, complément de formation, difficultés sociales et professionnelles particulières) font que de nombreuses entreprises utilisatrices détentrices de matières radioactives font appel à l'intérim. Le recours à l'intérim existe dans toutes les entreprises.
- La réglementation interdit aux intérimaires de travailler dans des zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2 mSv (art. D. 4154 CT).
- La Surveillance Médicale Renforcée (SMR) des intérimaires est prise en charge par les EU dans lesquelles ils sont mis à disposition. Les visites réalisées dans le cadre de la SMR ne sont valides que pour l'EU concernée.
- A chaque changement d'EU, l'intérimaire repasse donc une visite pour SMR. Certains intérimaires peuvent cumuler plusieurs visites pour SMR en une année.
- La dosimétrie de chaque intérimaire intervenant en zone réglementée est suivie par la PCR de l'ETT par un accès à SISERI.
- Le dosimètre opérationnel est fourni par l'EU alors que la dosimètre passif est fourni par l'ETT.
- La PCR de l'EU est informée de tous les contrats de mise à disposition en zone réglementée qui sont établis. Cela lui permet de suivre la dosimétrie de chaque intérimaire.
- Les intérimaires bénéficient du « prorata-temporis » qui consiste à ramener les 20 mSv/an à la durée de la mission. Ce qui évite tout risque de dépassement de dose réglementaire avant l'écoulement des 12 mois glissants, et ne pénalisant pas ainsi le salarié dans son emploi si un dépassement est avéré.

Discussion sur l'Intérim :

- La spécificité de l'intérim est que les médecins du travail des ETT délivrent une APTITUDE A UN EMPLOI et non à un POSTE DE TRAVAIL, et sont donc très éloignés des spécificités des postes sur lesquels les intérimaires sont mis à disposition.
- Tout médecin du travail a accès à SISERI à condition que l'employeur l'ait déclaré. Les médecins du travail des EU, compétents pour la SMR des intérimaires, n'ont pas toujours accès à SISERI pour ces salariés et doivent rappeler aux ETT de les inclure dans les protocoles d'accès afin d'obtenir les résultats dosimétriques des intérimaires et d'avoir accès à la carte de suivi médical.



- Pour les médecins du travail des ETT, compte tenu des populations mobiles, les consultations nécessitent d'installer le certificat SISERI sur le(s) poste(s) de travail du médecin. Si ce n'est pas fait, les transferts d'information sur la dosimétrie passive avec les médecins du travail des EU ne sont pas systématiques. Bien qu'ayant accès à SISERI, certains médecins du travail des EU demandent parfois des relevés manuscrits de doses aux médecins des ETT.
- Il y a ambiguïté sur les modalités de délivrance des attestations d'exposition (article D. 461-25 du code de la sécurité sociale pour le suivi post-professionnel), qui fait que bien souvent les salariés ne la reçoivent pas car ni l'ETT, ni l'EU ne s'accordent sur qui doit la délivrer.
- Il y a difficulté pour le médecin du travail de l'ETT d'établir sa fiche d'entreprise du fait du manque fréquent d'informations transmises par les médecins du travail des EU sur le détail des risques.
- L'atelier s'interroge sur les éventuelles difficultés rencontrées par les PCR des ETT, mais n'a pas pu recueillir les éléments suffisants dans ce domaine.

2.1.2 LES CDD

Comme pour les intérimaires, le travail en zones où le débit de dose horaire est susceptible d'être supérieur à 2 mSv leur est interdit (art. D. 4154 CT).
La responsabilité de l'employeur vis à vis du salarié en CDD est identique à celle pour un salarié en CDI.
Le prorata temporis s'applique aux CDD.
L'atelier n'a pas identifié de difficultés particulières liées au statut dosimétrique de cette catégorie de travailleurs mais s'interroge en ce qui concerne les contrats de très courte durée.

L'atelier souligne d'autant plus cet aspect du problème que l'évolution historique montre que, si la répartition entre CDI / CDD [31] reste stable (87% de salariés sont en CDI, 10% en CDD et 3% en intérim), les intentions d'embauche en CDD ont augmenté de 76% entre 2000 et 2012. Par ailleurs, la durée moyenne d'un CDD est en baisse (en 2012, la part des CDD de moins d'un mois constituait près de 40% des contrats de ce type, soit une augmentation de 15 points par rapport à 2000), ce qui peut conduire à une multiplication des CDD.

2.1.3 LES TRAVAILLEURS ÉTRANGERS

Bien que le passeport Européen (tel que décliné dans l'article 51 de la directive 2013/59/ Euratom du 5 décembre 2013 fixant les normes de base en radioprotection) ait été établi dans l'objectif de protéger le salarié, il ne résout pas en lui-même les problématiques de suivi. Son rôle risque de se limiter à une vérification, avant l'embauche (ce qui est normalement interdit car discriminatoire), du non dépassement des doses réglementaires et du suivi médical : ce serait donc dans ce cadre plus une fonction « d'employabilité » que de traçabilité, même si dans l'esprit de leurs auteurs, cela doit servir avant tout à protéger le salarié. De fait, la notion de confidentialité n'est pas assurée et le risque de discrimination est existant. Le support papier n'offre pas les garanties de sécurité d'accès et d'exactitude des données.

31 Données DARES Analyse, n° 056 juillet 2014.



2.1.4 LES CDIC

Les Contrats à durée indéterminée de chantier, initialement prévus dans le cadre de la convention collective du BTP mais désormais appliqués dans toutes les branches professionnelles, sont considérés comme étant des CDI compte tenu de l'absence d'indication sur la fin du chantier. En conséquence, ils permettent ainsi d'exposer les salariés concernés à l'ensemble des risques figurants sur la liste des « travaux interdits » aux contrats précaires, et ce, quelle que soit la durée du contrat dont certains peuvent ne pas dépasser quelques jours. Cela constitue manifestement un écart à l'esprit de la Loi (art D. 4154 CT).

2.1.5 LES ÉTUDIANTS

Il existe de nombreuses faiblesses dans l'organisation du suivi dosimétrique des étudiants et des stagiaires. Dans de nombreux secteurs, notamment hospitaliers et vétérinaires, ils ont un risque d'exposition comparable aux autres travailleurs.

Leur statut et leur mobilité conduisent à l'hétérogénéité dans le suivi médical, dans l'utilisation de SISERI et dans la surveillance médicale et ne permettent pas une application rigoureuse du suivi dosimétrique réglementaire.

La PCR et le médecin du travail de l'établissement dans lequel travaille l'étudiant ne dispose pas toujours ni de l'information sur la présence, ni de retour sur les résultats dosimétriques.

2.1.6 LES DIFFÉRENTS CAS OBSERVÉS DANS LA FONCTION PUBLIQUE HOSPITALIÈRE ET TERRITORIALE ET DANS LES HÔPITAUX PRIVÉS

Une présentation devant l'atelier 4 a souligné les difficultés profondes et particulières qui existent dans la fonction publique hospitalière. Ces difficultés s'expliquent par le manque de moyens consacrés à la prévention des risques et par une grande complexité liée à la multiplicité des statuts et corps présents dans les hôpitaux.

Cet éclairage amène l'atelier à s'interroger sur l'existence de telles difficultés dans d'autres secteurs

2.1.7 LES TRAVAILLEURS INDÉPENDANTS (DONT LES AUTO-ENTREPRENEURS, …)

Par exception, ils sont assujettis aux dispositions du CT.

En pratique, ils sont suivis lorsqu'ils interviennent en INB en application de règles internes. Mais on ne peut pas imposer aux services de santé au travail (SST) d'assurer la surveillance médicale d'un travailleur non salarié (car le scope de compétence des SST est centré sur les salariés).

Ces deux aspects révèlent une contradiction/incohérence réglementaire, d'autant plus que la directive européenne (89/391/CEE du Conseil du 12 juin 1989 concernant la mise en œuvre de mesures visant à promouvoir l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs au travail) impose le suivi des travailleurs.

2.1.8 LES SALARIÉS MULTI-EMPLOYEURS (GROUPEMENT D'ENTREPRISES, …)

Réglementairement, ils doivent avoir plusieurs dosimètres passifs, ce qui empêche d'avoir une vision globale de la dose reçue.

Ou alors certains choisissent de n'avoir qu'un seul dosimètre passif mais, dans ce cas, l'imputabilité de la dose à l'activité pose problème. De ce fait, il est difficile voire impossible, pour la PCR, de faire de l'optimisation.



2.2 LE RECOURS AUX ENTREPRISES EXTÉRIEURES

Les salariés des entreprises sous-traitantes sont majoritairement en CDI (à environ 90%) ou se retrouvent dans les catégories énoncées dans le paragraphe précédent. Toutefois, parmi ces salariés, certains se trouvent dans la situation de devoir intervenir au sein de plusieurs établissements, ce qui pose la question de l'attribuabilité de la dose à l'activité et, de fait, pose la question de la prévention et de la mise en œuvre de l'optimisation.
La dosimétrie opérationnelle, quand elle existe, peut répondre, en partie, à cette question.

En ce qui concerne le suivi de l'exposition interne, en pratique, il est assuré par le médecin du travail de l'EU mais les résultats ne sont pas toujours communiqués au médecin du travail assurant le suivi du salarié (sous-traitant), ce qui pose un problème de traçabilité des expositions dans le dossier médical.

Dans de nombreuses organisations, les difficultés rencontrées dans l'établissement des plans de prévention conduisent, notamment, à une coordination insuffisante entre les PCR. S'y rajoutent les contraintes liées à l'activité (plan de charge, modification des plannings, demande de réactivité, durée de l'intervention, …). Par conséquent, la PCR de l'entreprise sous-traitante, notamment quand elle est PCR externe, ne dispose pas toujours des informations dont elle a besoin.

L'atelier 4 s'interroge sur le fonctionnement de cette coordination dans le cadre d'une sous-traitance en cascade.

2.3 AUTRES RÉFLEXIONS GÉNÉRALES

2.3.1 LES MULTI EXPOSITIONS

De nombreux travailleurs exposés aux rayonnements ionisants sont également soumis à d'autres risques (chimiques, biologiques, horaires atypiques…). La problématique du risque globale n'est donc pas limitée à celle des seuls rayonnements ionisants. Il convient de privilégier une approche intégrée dans l'ensemble des risques professionnels auxquels les travailleurs sont exposés.

2.3.2 IMPACT DES ENJEUX LIÉS À LA MÉDECINE DU TRAVAIL SUR LE SUIVI DOSIMÉTRIQUE

Les contraintes temporelles et celles dues à la démographie pesant sur les médecins du travail actuellement ne doivent pas constituer un frein à la prévention. Il faudrait homogénéiser les approches et renforcer la communication entre médecins du travail de l'entreprise de travail temporaire ou extérieure et ceux de l'entreprise utilisatrice.
Pour les médecins suivant des travailleurs hors INB, la connaissance de l'accès à SISERI est insuffisante et passe par l'inscription administrative par l'entreprise suivie. Dans ce cadre, le rôle du devoir d'alerte du médecin du travail a été rappelé (article L. 4624-3 du CT) : comment les médecins du travail peuvent-ils le remplir s'ils n'ont pas accès à la dose du salarié qu'ils suivent?



RECOMMANDATIONS

N°1 : Faciliter les liens entre les différents médecins du travail assurant la surveillance des travailleurs ainsi qu'entre les PCR et qu'entre les préventeurs
A titre d'exemple, le médecin du travail de l'Entreprise Utilisatrice (EU) devrait intégrer les risques et expositions des salariés intérimaires et CDD, dans sa fiche d'entreprise et communiquer les éléments correspondants au médecin du travail de l'Entreprise de Travail Temporaire (ETT).

N° 2 : L'atelier 4 attire l'attention de l'administration sur les difficultés de surveillance médicale et de suivi dosimétrique des statuts précaires et l'invite à élaborer un guide prenant en compte les différentes situations qui ne peuvent obéir à une règle unique.

N°3 : L'ETT doit délivrer aux salariés l'attestation d'exposition après avoir reçu les éléments de la part de l'EU (attestation à délivrer lorsque le salarié quitte l'ETT).

N°4 : Ouvrir la certification des entreprises extérieures (aujourd'hui seulement pour les INB) aux autres secteurs (médical et industriel) dans le cadre de l'article R. 4451-122 du CT.

N°5 : Proposer un outil global de traçabilité (de type SISERI), à l'échelon Européen.

N°6 : A l'échelon national, développer un outil global de traçabilité des expositions individuelles, couvrant les risques professionnels présents dans les cas de multi expositions.

N°7 : Étendre aux CDIC les dispositions applicables aux CDD et intérimaires (interdiction zones orange et rouge, prorata-temporis, modalités SMR).

3 REQUESTIONNER LE STATUT DE LA RADIOTOXICOLOGIE

Les salariés appelés à travailler en zones réglementées nucléaires font l'objet d'un suivi dosimétrique individuel adapté au mode d'exposition.
« *Lorsque l'exposition est interne, le suivi dosimétrique est assuré par des mesures d'anthroporadiométrie ou des analyses radiotoxicologiques* » (art. R. 4451-62 du Code du travail), en complément des mesures de radioprotection collectives par les contrôles atmosphériques, mesures de frottis, contrôle mains-pieds, etc.

Les analyses radiotoxicologiques sont considérées comme des examens de biologie médicale. Un examen de biologie médicale est « *un acte médical qui concourt à la prévention, au dépistage, au diagnostic ou à l'évaluation du risque de survenue d'états pathologiques, à la décision et à la prise en charge thérapeutiques, à la détermination ou au suivi de l'état physiologique ou physiopathologique de l'être humain* » (Art. L. 6211-1. du CSP).



L'arrêté du 11 juin 2013 détermine la liste des tests, recueils et traitements de signaux biologiques qui ne constituent pas un examen de biologie médicale, les analyses radiotoxicologiques n'y figurent pas.

Les analyses radiotoxicologiques relèvent d'une prescription du médecin du travail et entrent dans le cadre général de la surveillance médicale des travailleurs (surveillance médicale renforcée pour les travailleurs exposés : article R 4451-84, fiche n°6 de la circulaire du 21 avril 2010 relative aux mesures de prévention des risques d'exposition aux rayonnements ionisants) et sont définis dans les protocoles de surveillance établis par les médecins du travail. (Annexe II de l'arrêté du 17 juillet 2013 pour la dosimétrie interne) ; ils sont effectués par des laboratoires de biologie médicale qui doivent répondre aux exigences :

- du code de la Santé Publique (secret médical) ;
- de l'ordonnance n°2010-49 du 13 janvier 2010 relative à la biologie médicale ;
- de la loi n° 2013-442 du 30 mai 2013 portant réforme de la biologie médicale ;
- de l'arrêté du 21 juin 2013 relatif aux conditions de délivrance du certificat et de l'agrément pour les organismes en charge de la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants ;
- à l'arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.

Les examens anthroporadiométriques relèvent également de la surveillance médicale des travailleurs ; ils sont prescrits par le médecin du travail et effectuées par l'IRSN, ou des SST accrédités ou par un Laboratoire de Biologie Médicale (LBM) titulaire d'un certificat d'accréditation, délivré par le Cofrac, et agréé par l'ASN.

Les mesures et les calculs de l'exposition interne sont effectués par ces organismes. Dans la majorité des cas, le calcul de dose est effectué par le médecin du travail ou l'IRSN. Il s'avère toutefois que dans certains cas (notamment dans le secteur médical et de la recherche), le médecin du travail se rapproche de la PCR, qui, dans ce cas, a alors accès aux doses internes nominatives des travailleurs concernés.
Le respect de l'anonymat du travailleur ne peut souvent être assuré de même lorsque l'employeur doit déclarer un ESR (déclaration prévue anonyme dans la réglementation).
Or tout examen prescrit par un médecin est soumis au secret médical : prescription et résultats. Ces faits constituent une transgression aux règles du secret médical dans le but d'améliorer la radioprotection des travailleurs.

3.1 DISCUSSION

Deux types de données sont à distinguer :

- détection de la contamination : type de radionucléide, activité en Bq
- résultat de la dose en Sv et traçabilité de celle-ci.



Distinguer « connaissance de la dose » et connaissance d'une exposition » :

Rappel : le risque professionnel est la « *probabilité d'apparition d'effets plus ou moins graves (dommages) suite à une exposition plus ou moins longue à un danger ou à des facteurs de risques* » (Circulaire DRT n° 6 du 18 avril 2002 prise pour l'application du décret n° 2001-1016 portant création d'un document relatif à l'évaluation des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, prévue par l'article L. 230-2 du code du travail et modifiant le code du travail).

- **Les Dangers** : Ce sont les rayonnements ionisants qui sont caractérisés par leur identification et activité,
- **Les Risques** : Ce sont les pathologies (effets déterministes ou stochastiques), qui sont caractérisés par la dose,
- **L'exposition** : est caractérisée par le milieu de travail, le poste de travail et les dangers auxquels sont exposés les travailleurs.

En principe, c'est donc bien la connaissance et l'analyse de l'exposition aux dangers qui permettent d'évaluer le risque en estimant la dose et ainsi de faire de la prévention selon l'article L. 4121-1 et 2 du CT. Dans ce contexte l'optimisation de la radioprotection n'est pas une optimisation de la dose mais consiste à optimiser les expositions afin de réduire le risque. L'information utile est donc le danger et les caractérisations de l'exposition.

En cas de contamination interne, c'est à la fois la connaissance des radionucléides et de leur activité en Becquerels qui permet de faire de la prévention (les informations sur la mise en évidence d'un radionucléide inattendu ou exceptionnel sont importantes car peuvent être un indicateur d'un problème d'exploitation. Un ancien classement A à E sans gradation de la dose exacte existait auparavant dans certaines entreprises).

Pour les examens systématiques de radiotoxicologie, un rendu collectif et anonyme à la PCR est actuellement possible dans le cadre d'une culture de radioprotection partagée. Si le nombre de travailleurs est trop faible pour garantir leur anonymat, une organisation au sein de l'entreprise (en définissant qui dans l'entreprise) pourrait être trouvée pour garantir la confidentialité des données spécifiques de l'individu.

3.2 POSITIONNEMENT DES DIFFÉRENTS MOYENS DE SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION

La fonction des moyens mis en œuvre par les entreprises et les PCR doit être clarifiée. Ces moyens (portiques notamment) n'indiquent pas de dose, mais constituent un indicateur d'exposition (Becquerels ou choc/s).

Leur rôle est celui d'alerte ou de contrôle (ou de surveillance afin d'éviter les examens systématiques inutiles) dans le cadre d'une protection individuelle ou collective. Ils participent au contrôle de la surveillance radiologique et doivent conserver cette fonction quelque soit leur évolution technique.

Tous les moyens de mesure mis en œuvre par l'employeur ont pour but de s'inscrire dans les principes généraux de prévention, afin d'assurer la protection collective des travailleurs, ils relèvent de la surveillance radiologique et non de celui du suivi dosimétrique.

3.3 CONTEXTE GÉNÉRAL DE LA PRÉVENTION

De façon plus générale, l'utilisation appropriée d'outils déjà disponibles en matière de PRP (notamment DUER et fiches d'entreprise, visites préalables de chantier…) permettrait d'aller dans le sens d'une protection optimisée des travailleurs exposés aux rayonnement ionisants, la prévention primaire et collective étant au premier plan, le recueil collectif des données individuelles correspondant à un retour d'expérience, nécessaire pour évaluer et faire progresser les mesures de prévention mises en place.



RECOMMANDATIONS :

La réglementation relative à la protection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants n'a cessé d'évoluer depuis plus de 50 ans, et est intégré dans le Code du travail ; la surveillance dosimétrique en est un des outils.

Le statut de la radiotoxicologie est clair, et garantit la qualité et l'indépendance des résultats rendus. Si une évolution de ce statut paraît difficilement envisageable au vu des nombreux textes impliqués directement ou indirectement (code la santé publique, code du travail, code pénal…) et des conséquences potentielles pour les résultats des autres examens prescrits par le médecin du travail, c'est par une culture partagée de prévention des risques professionnels et par conséquent de radioprotection mise en œuvre par des acteurs différents (employeur, salariés, PCR, , services de santé au travail, biologistes, CHSCT…) que la protection des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants sera optimale.

N°8 : Harmoniser et simplifier les préconisations en les rendant applicables à tous les types d'entreprises et secteurs d'activité concernés par les rayonnements ionisants, INB et hors INB, secteur médical, secteur de la recherche…

N°9 : Clarifier le statut des moyens de contrôle mis en œuvre par l'entreprise, en tenant compte des évolutions technologiques

N°10 : Garder à l'esprit la protection de la santé du travailleur, ne considérer que l'exposition professionnelle, éviter toute tentation de sélection par la dose et de négligence par le travailleur de sa santé au profit de son emploi. Informer le travailleur des risques sanitaires liés à ses expositions.

N°11 : Favoriser le partage d'une culture de prévention entre les différents acteurs :

- PCR et médecin du travail mais aussi les autres préventeurs de l'entreprise ou acteurs de santé au travail (CHSCT, employeur, salarié, équipe pluridisciplinaire du service de santé au travail, salarié compétent, experts IRSN, …),
- Partager une démarche globale de prévention avec les outils déjà existants (DUER, fiche d'entreprise..), la prévention primaire étant primordiale, devant la prévention individuelle,
- Favoriser les visites préalables de chantiers avec le donneur d'ordre, CHSCT, …
- Intégrer la PCR au CHSCT des entreprises en tant que membre consultatif.

N°12 : Favoriser la communication des résultats des mesures de l'exposition interne

- Favoriser la connaissance de l'existence et de l'utilisation de l'outil SISERI auprès des acteurs de la radioprotection,
- Favoriser la communication entre les médecins du travail des entreprises utilisatrices et les médecins du travail des entreprises extérieures et des entreprises de travail temporaire,
- Favoriser les échanges entre la PCR et le médecin du travail, niveau d'échanges qui actuellement semble assez disparate selon les entreprises,
- Former des médecins experts ou faire connaitre ceux existant pour assister les médecins qui assurent le suivi des travailleurs des entreprises hors INB dans le calcul de la dose.

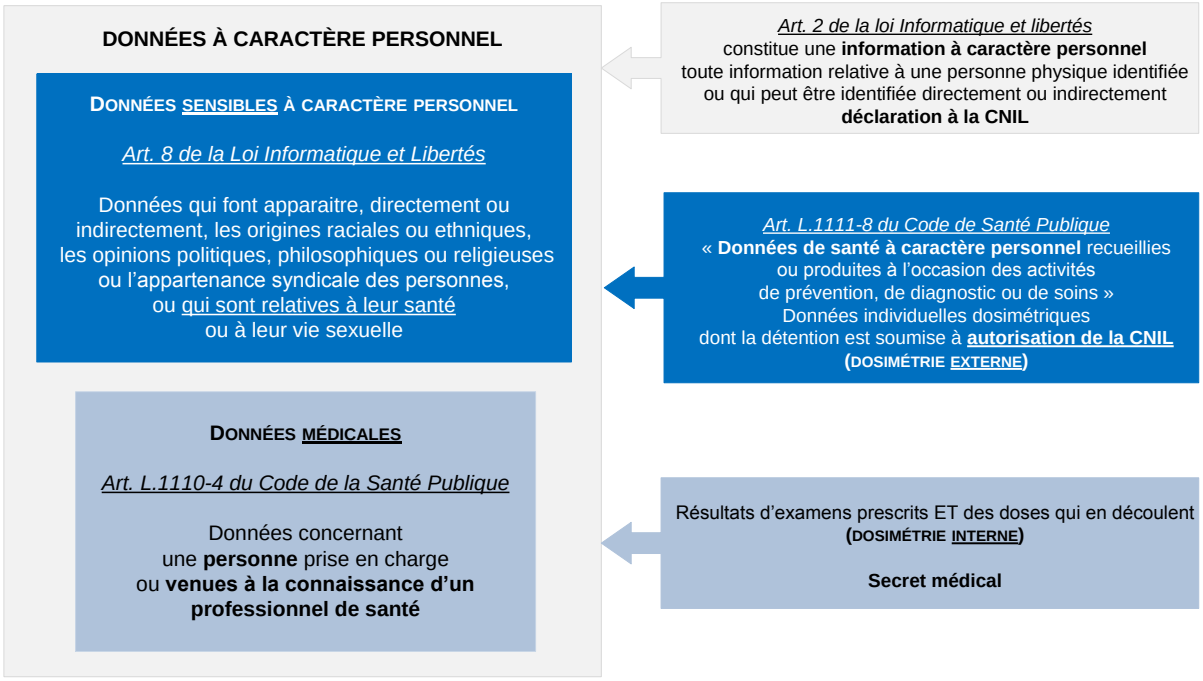


4 L'ACCÈS AUX DONNÉES DOSIMÉTRIQUES

La spécificité française en ce qui concerne l'accès aux données dosimétriques repose sur la distinction opérée entre ces données au regard des dispositions qui régissent la confidentialité et le secret médical.

Caractère confidentiel ou secret des données peuvent se résumer de la façon suivante.

SCHÉMA N°1 – STATUT DES DONNÉES INDIVIDUELLES



4.1 SALARIÉS ET LEURS AYANTS DROIT

Situation actuelle article R. 4451-69 CT

Dose efficace	Dosimétrie externe passive	Dosimétrie interne	Dosimétrie opérationnelle
OUI	OUI	OUI	OUI

Le travailleur a droit à tout, il est propriétaire de ses propres données. Son intérêt est de connaître le niveau de son exposition professionnelle, passée et prévisionnelle, et la signification de la dose qu'il a reçue en matière de conséquences sur sa santé.

Le salarié peut dire tout ce qu'il veut à qui il veut, à condition que ce soit en dehors de toute pression de l'employeur. Il ne doit pas négliger sa santé au profit d'avantages sociaux. Il est interdit aux employeurs de demander ou de se faire communiquer la dose d'un salarié en vue de l'obtention d'un emploi (*Fondé sur l'article L. 225-1 et 2 du code pénal concernant la discrimination à l'emploi*).



Pour le salarié, la traçabilité des expositions a pour but de protéger sa santé et de permettre la reconnaissance de pathologies induites éventuelles. Il a donc besoin d'avoir accès à l'ensemble de ses doses et à sa dose carrière. Il a également besoin de ses attestations d'exposition (suivi médical post-professionnel).
Par ailleurs, cette traçabilité ne doit pas conduire à une gestion des emplois ou des parcours professionnels discriminatoires en terme de santé ou d'emploi.

4.2 MÉDECIN DU TRAVAIL ET MÉDECIN INSPECTEUR RÉGIONAL DU TRAVAIL

Situation actuelle article R. 4451-69 du CT

Dose efficace	Dosimétrie externe passive	Dosimétrie interne	Dosimétrie opérationnelle
OUI	OUI	OUI	OUI si résultat anormal sans délai (arrêté SISERI art 24)

Discussion et recommandations :

L'atelier 4 ne fait pas de proposition de modification car le médecin du travail a déjà accès à l'ensemble des données. En revanche, il faut rappeler l'obligation de l'employeur d'inscrire le médecin du travail à SISERI.
Le médecin inspecteur régional du travail a accès à toutes ces données à sa demande.

N°13 : Donner la possibilité aux médecins du travail notamment des entreprises extérieures de s'inscrire eux-mêmes à SISERI.

N°14 : Le groupe estime qu'il faut mettre en place des mesures qui facilitent l'accès aux données dosimétriques aux médecins du travail d'entreprises de travail temporaire.

4.3 INSPECTEUR DU TRAVAIL, INSPECTEUR RADIOPROTECTION, CONTRÔLEUR CARSAT

Situation actuelle articles R. 4451-73 et R. 4451-129 du CT

Dose efficace	Dosimétrie externe passive	Dosimétrie interne	Dosimétrie opérationnelle
OUI à leur demande	OUI à leur demande	NON	OUI À leur demande

Discussion et recommandations :

L'inspection du travail souhaite avant tout maintenir la cohérence des accès des Inspecteurs aux différentes bases de données relatives aux différents risques suivis (RI, amiante, produits chimiques). Aucune base de données n'étant en accès direct, contrairement aux inspecteurs de la radioprotection, ils ne souhaitent pas créer une exception avec les RI.



Pas de recommandation sur l'étendue de l'accès mais une recommandation sur les modalités de cet accès (cf. chapitre sur SISERI).

4.4 EMPLOYEUR

Situation actuelle

Dose efficace	Dosimétrie externe passive	Dosimétrie interne	Dosimétrie opérationnelle
NON	**NON (Connaissance sous forme excluant toute identification R 4451-70 2éme alinéa Exploitation statistique anonyme sans limitation de durée R 4451-74)**	**NON**	**OUI en garder la confidentialité) R 4451-70 1er alinéa (Exploitation statistique anonyme sans limitation de durée R 4451-74)**

Discussion et recommandations :

La transposition de la directive en droit français portera sur la notion d'employeur (undertaking) et chef de l'entreprise extérieure. L'employeur est celui qui, via les délégations de pouvoirs, est responsable de l'activité nucléaire, des contrats de travail et de l'hygiène / sécurité.

A l'instar de l'article 29 de la directive de 1996, l'article 44 de la directive exige que l'employeur ait accès à la surveillance radiologique individuelle. La PCR a accès par délégation de pouvoir aux doses efficaces et opérationnelles nominatives, il n'y pas de raison de changer et pas d'obligation juridique supplémentaire de la nouvelle directive. L'atelier 4 estime que dans le cadre de son obligation d'évaluation des risques et de prévention l'employeur doit avoir accès à la dose collective et aux doses individuelles passives non nominatives (rappel recommandation N°1).

N°15 : L'atelier 4 estime toutefois qu'en cas de dépassement des limites réglementaires, l'employeur doit avoir accès aux doses individuelles nominatives (doses efficaces et doses équivalentes) selon des modalités à définir.

N°16 : L'atelier 4 estime aussi que la personne en charge de l'encadrement de proximité devrait avoir accès à la dose opérationnelle afin de mieux coordonner les activités et la radioprotection avec la PCR. L'arrêté certification prévoit d'ailleurs que la « personne en charge de l'encadrement des opérations » doit avoir des compétences en matière de radioprotection.

L'atelier 4 souligne les difficultés à manager des situations pour lesquelles une déclaration à l'ASN doit être effectuée en cas de dépassement des critères de déclaration (1/4 de limite de dose) qui tiennent compte à la fois de la dose mais aussi du caractère non maitrisé de l'exposition. Dans ces situations, l'employeur est tenu à la fois de satisfaire aux contraintes réglementaires (inspection, CHSCT extra ordinaire, …) et/ou médiatiques tout en respectant la confidentialité des données.



Toutefois il est rappelé que les données demandées pour ces déclarations ESR sont anonymes et ne visent pas la dose précisément reçue par le travailleur. Pour les inspections à suivre, le cas est différent car l'accès à la dose efficace est prévu.

Débat sur la notion de contrainte de dose :
Il a d'abord été discuté de l'opportunité d'établir une valeur limite d'exposition professionnelle indicative (article R4412-150 du CT) à 2 mSv/mois. Des positions divergentes se sont exprimées sur ce sujet et le groupe n'a pas retenu cette proposition.

L'article 6 de la directive impose aux États de s'assurer « le cas échéant » que des contraintes de dose soient établies aux fins d'optimisation de la protection.

Le Code du travail n'a pas retenu antérieurement cette notion de contrainte de dose ayant considéré le terme comme trop fort et l'a remplacée par celui d'objectif de dose. Les contraintes de dose sont toutefois mentionnées dans les guidelines selon les métiers.
Faut-il établir des contraintes mensuelles ? Par secteur ? Par métier ?

N°17 : Sans retenir d'orientation contraignante, l'atelier 4 estime que l'établissement de contrainte de dose temporelle, en tant qu'outil d'optimisation lié à l'activité, constitue un objectif de progrès.

4.5 LES JUGES

Situation actuelle : Pénal (juge d'instruction) art 80 et suivants du Code de procédure Pénale, (tribunal correctionnel également). Civil (juge des référés) : art 145 du Code de procédure civile

Dose efficace	Dosimétrie externe passive	Dosimétrie interne	Dosimétrie opérationnelle
OUI À leur demande	OUI À leur demande	OUI À leur demande	OUI À leur demande

Discussion et recommandations :
Comme dans le cas des médecins du travail les juges ont accès à toutes les données quand ils en ont besoin pour remplir leur mission : il n'y a donc pas de changement à prévoir.

N°18 : Toutefois compte tenu de la relative méconnaissance des juges en matière de radioprotection, il est affirmé le bien fondé de les informer sur la radioprotection, ainsi que la nécessité pour eux de disposer d'experts spécifiquement formés à la radioprotection



4.6 LA PCR

Situation actuelle :

Dose efficace et équivalente	Dosimétrie externe passive	Dosimétrie interne	Dosimétrie opérationnelle
OUI (efficace) NON (équivalente) sur 12 derniers mois R 4451-71	NON	NON	OUI R 4451-68 et article 20 arrêté SISERI

Rappel : dans le cas d'un intérimaire, le tableau ci-dessus s'applique à la PCR de l'ETT. La PCR de l'EU n'a accès qu'à la dosimétrie opérationnelle par la lecture des dosimètres opérationnels, le temps de la mission de l'intérimaire. Il convient de garder cette pratique en l'inscrivant dans la réglementation.

Discussion et recommandations :

Plusieurs éléments sont à prendre en compte : la préservation du droit du travailleur au respect de ses données personnelles, les obligations de déontologie médicale, le souci d'éviter la gestion des emplois et parcours professionnels par la dose et bien évidemment l'obligation particulière d'optimisation de la radioprotection qui s'inscrit dans l'obligation générale de prévention (art. L. 4121-2 du CT).

Un nombre de travailleurs soumis aux rayonnements ionisants est également exposé à d'autres risques, notamment CMR. C'est le cas dans les INB et dans certains secteurs hospitaliers. La radioprotection doit par conséquent s'inscrire aussi dans une approche multirisque. C'est pourquoi l'atelier 4 insiste sur la nécessité d'une connaissance étendue des PCR aux domaines de la prévention des risques professionnels sans se limiter à la seule radioprotection. L'approche pluridisciplinaire, lorsqu'elle est possible avec d'autres préventeurs, doit être encouragée ; elle est dans tous les cas indispensable avec les médecins du travail.

En ce qui concerne la dosimétrie externe :

N°19 : Il est nécessaire que la PCR ait accès aux doses équivalentes externes aux tissus et parties du corps sur 12 mois glissants en vue du respect des limites.

Les doses individuelles nominatives externes sont des données sensibles de santé à caractère personnel (donc pas soumises stricto sensu au secret médical comme les doses internes) mais elles sont confidentielles ; si la PCR les reçoit, elle ne peut pas les divulguer : devoir de confidentialité notamment vis à vis de l'employeur. Son indépendance doit être alors renforcée.

<u>En ce qui concerne la dosimétrie interne.</u>

L'accès de la PCR, ou de toute autre personne, à la dosimétrie interne est un sujet sensible qui fait débat. Cela pour deux raisons essentielles :

- Parce que les données issues des examens anthroporadiamétriques et analyses radiotoxicologiques relèvent d'une prescription médicale et sont donc couverts par le secret médical, ceci concerne les valeurs en Becquerels ainsi que les doses calculées en mSv.



- Parce que la connaissance de ces valeurs par la PCR qui est sous l'autorité de l'employeur sans statut particulier (la plupart du temps « missionné » et non dans un emploi dédié et exclusif), conduit de facto à ce que l'employeur ait lui aussi la possibilité de connaître ces doses (ce qui est d'ailleurs le cas dans certaines très petites entreprises ou l'employeur assure lui-même la mission de PCR).

Dans la majorité des autres Pays, les RPE/RPO ont accès aux mêmes données que les médecins du travail. Cependant, le médecin du travail de ces pays n'a pas les mêmes compétences, notamment en terme de prévention.

Pourquoi la PCR a-t-elle besoin des données de dosimétrie interne ?

La contamination interne résulte de situations accidentelles ou incidentelles ou de situations d'exposition « chronique » (exemple : tritium, Uranium naturel).

- Une partie des prescriptions médicales (qui conduisent au statut des données) se situent dans ce cadre.
- L'autre partie relève d'examens systématiques dans des conditions normales d'exploitation.

Dans le premier cas, une réaction rapide de la PCR qui demande de connaître a minima l'ordre de grandeur et surtout les radionucléides concernés est nécessaire. Le calcul de la dose finale ne présente pas beaucoup d'intérêt.

Dans le second cas, la connaissance de la dosimétrie interne est importante pour les études de postes ; une forme anonyme pourrait être suffisante, mais dans beaucoup de cas cette anonymisation n'est que de pure forme au regard du nombre de salariés concernés.

Le médecin du travail a besoin de connaître les doses internes dans le cadre d'une évaluation clinique et des enjeux sanitaires individuels qui en résultent.

Pour la PCR, la connaissance des résultats du suivi individuel de l'exposition interne est un élément qui permet d'assurer de façon réactive la protection collective dans le cadre d'une activité quotidienne et permanente.

Ainsi le partage de ces données permet à chaque acteur de prévention d'atteindre les finalités de sa mission.

En ce qui concerne la dosimétrie interne, il en résulte :

- d'une part que les données (caractérisation et dose) ayant le même statut de confidentialité (couvertes par le secret médical) et que l'anonymisation ne peut couvrir l'ensemble des cas.
- d'autre part que le partage de ces données est un élément qui permet d'accroitre l'optimisation, la prévention individuelle, collective et quotidienne des travailleurs.

N°20 : l'atelier 4 recommande que les résultats du suivi individuel de l'exposition interne d'origine professionnelle soient accessibles, sur les douze derniers mois glissants, aux PCR.

Conséquences pour les PCR:

Il sera nécessaire de clarifier les modalités d'accès aux données dosimétriques qu'elles soient externes ou internes. En effet, la DAJ dans sa réponse à l'atelier 4 estime que « *les résultats de dosimétrie externe doivent être considérés comme constituant des données de santé au sens de l'article 8 de la loi n° 78-17 et sont soumis à ce titre à un régime de protection renforcée* ».



« *La PCR ne pourrait avoir communication des données de la dosimétrie interne que si des dispositions intervenaient pour :*

- *soumettre la PCR au secret professionnel (disposition législative ou réglementaire) ;*
- *prévoir une dérogation législative au secret médical afin de permettre à la PCR d'accéder aux données nominatives de dosimétrie interne ;*
- *compléter l'article R. 4451-112 relatifs aux missions de la PCR. »*

« Cependant, dès lors que la PCR serait soumise au secret professionnel, c'est l'ensemble du dispositif de la « circulation des données de dosimétrie » qu'il faudrait reconsidérer en conséquence. »

« Le secret professionnel imposerait à la PCR de conserver la confidentialité des informations venues à sa connaissance dans le cadre de ses fonctions, sauf dérogation expresse qui l'autoriserait à transmettre ou partager ces données avec d'autres personnes à condition que ces personnes aient besoin d'accéder à ces données dans le cadre de leurs missions. »

Le groupe s'est interrogé sur l'opportunité d'une part, de limiter ces accès aux seules entreprises où le risque d'exposition interne existe et d'autre part, là où il existe de donner ces accès à toutes les PCR dans les établissements où il en existe plusieurs.

Ainsi deux cas de figure se posent :

1. Le risque d'exposition interne est inexistant : cela ne change rien dans le statut actuel de la PCR (nonobstant les dispositions concernant l'accès à la dose équivalente externe aux tissus et parties du corps).
2. Le risque existe : dans ce cas il n'est pas forcement nécessaire que toutes les PCR aient accès à ces résultats dans les entreprises (centres hospitaliers ou INB) qui possèdent plusieurs PCR ; dans ce cas il pourrait être désigné une (ou des) PCR « référente(s) » ou intégrer cette question dans la distinction RPE/RPO ?

Toutefois le groupe ne dispose pas du temps nécessaire pour recueillir tous les éléments lui permettant de faire une analyse avantages/inconvénients de cette proposition.



5 SISERI

5.1 RAPPEL DU RÔLE DE SISERI

- Constituer le registre national des données du suivi de l'exposition des travailleurs en centralisant et conservant les données :
    - Vérifier le respect des valeurs limites d'exposition annuelle
    - Reconstituer l'exposition sur l'ensemble de la carrière
    - Produire des statistiques d'exposition
    - Alimenter les études épidémiologiques
- Mettre à disposition des acteurs de la radioprotection les résultats du suivi dosimétrique : PCR et médecins du travail peuvent accéder aux résultats en ligne.

Environ 1,7 millions de personnes sont référencées. 375 000 travailleurs suivis actuellement en France auxquels s'ajoutent tous les travailleurs ayant eu un suivi dosimétrique depuis le début des années 60 et dont les doses ont pu être récupérées.
Le nombre d'employeurs ayant des travailleurs exposés est estimé entre 35 et 40 000. Mais, fin 2013, seuls 10 000 ont signé un protocole d'accès à SISERI permettant avoir un « nom-clé ». Désormais, l'arrêté du 17 juillet 2013 (Arrêté « SISERI » entré en vigueur le 1er juillet 2014) fait obligation à l'employeur de signer un protocole d'accès.

Nature des données dosimétriques :

- Dosimétrie externe passive corps entier, extrémités, cristallin,
- Dosimétrie externe opérationnelle,
- Examens du suivi de l'exposition interne et, le cas échéant, la dose engagée calculée par le médecin du travail,
- Dose calculée pour le suivi de l'exposition au rayonnement cosmique (personnel navigant),
- Dosimétrie de l'exposition au radon et/ou à la radioactivité naturelle dans les industries NORM.

Les accès actuels des différents acteurs sont indiqués dans les tableaux du chapitre précédent.

5.2 DISCUSSION ET RECOMMANDATIONS

Les travailleurs :

L'accès en ligne sur SISERI par les travailleurs à leurs doses ne sera techniquement possible que lorsque l'ensemble des n° RNIPP des travailleurs auront été consolidés (effet attendu de l'entrée en vigueur du nouvel arrêté). Cela nécessiterait cependant le développement de nouvelles fonctionnalités conséquentes.
Toutefois, l'atelier 4 estime que cela risquerait d'entrainer une « fragilisation » du travailleur, celui-ci pouvant alors être soumis à des pressions pour fournir son « statut » dosimétrique. Il est donc préférable que les données soient communiquées aux salariés par le médecin du travail, lequel peut accompagner cette communication des explications nécessaires, le cas échéant.
La possibilité qu'a le travailleur de demander les valeurs enregistrées dans SISERI, par courrier, doit être maintenue.



N°21 : Les travailleurs devaient être plus largement informés (dans le cadre de la formation à la radioprotection des travailleurs) de la possibilité, qui reste méconnue, d'avoir accès à leurs doses par le médecin du travail ou par courrier à SISERI.

Les médecins du travail :

Le médecin accède en ligne sur SISERI à toutes informations dosimétriques sur 12 mois. Le groupe estime qu'il n'y a pas de changement à prévoir sur la nature des données disponibles.

N°22 : mais il est souhaitable que le médecin puisse les consulter sur 24 mois, compte tenu des fréquences des visites revues avec la récente réforme de la médecine du travail.

Le médecin du travail devrait aussi pouvoir télécharger (et non pas simplement imprimer, comme c'est le cas actuellement) les résultats dosimétriques individuels afin de pouvoir compléter le dossier médical du travailleur

Les PCR :

Il est nécessaire que la PCR ait accès aux doses équivalentes externes aux organes sur 12 mois glissants en vue du respect des limites. L'atelier 4 recommande que les données dosimétriques internes sur les douze derniers mois glissants soient accessibles aux PCR (recommandations 19 et 20).

N°23 : Extension de la période de visibilité des données (13 ou 14 mois au lieu de 12 mais seulement pour des raisons opérationnelles) si l'application du nouvel arrêté ne le permet pas.

Possibilité de téléchargement des résultats individuels et conservation de ces résultats par la PCR au-delà de douze mois (si même employeur).

Les Inspecteurs du travail, inspecteur radioprotection, contrôleur Carsat

Les inspecteurs de radioprotection n'ont pas accès à la dosimétrie individuelle : les demandes sont à faire à l'IRSN par courrier : activité chronophage dans des délais souvent courts : un accès direct à SISERI serait plus facile. L'atelier 4 est toutefois réservé quant à l'accès direct d'une entité qui n'est pas le gestionnaire de la base et estime que, pour les besoins de contrôle en fonctionnement normal, les doses individuelles nominatives sont inutiles.

N°24 : L'atelier 4 préconise toutefois de prévoir un autre outil dans lequel toutes les informations non nominatives utiles au pilotage des inspections et aux analyses statistiques seraient déversées. On pourrait alors avoir deux outils, deux systèmes répondant à des objectifs différents. Il conviendrait de définir un cahier des charges pour ce deuxième système.

Un tel outil pourrait permettre l'intercomparaison entre entreprises d'un même secteur et constituer un outil de transparence vis-à-vis des parties prenantes. Il conviendrait de définir un cahier des charges définissant l'utilisation et l'accès à cet outil.

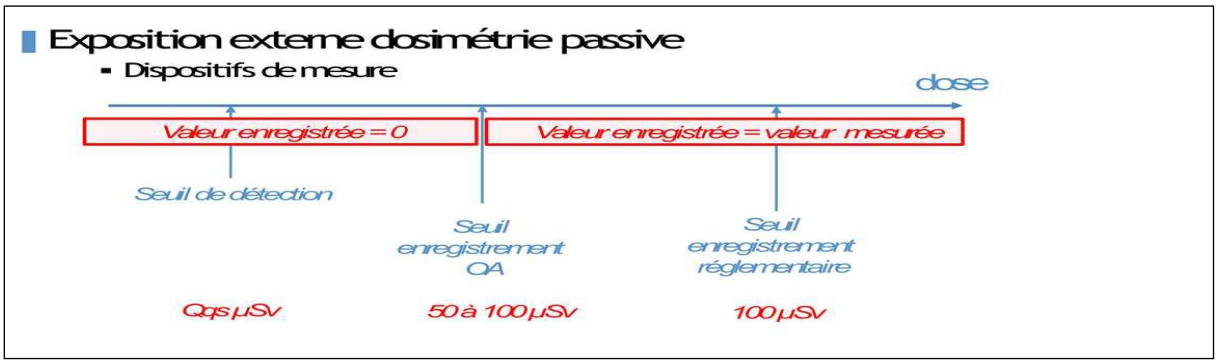


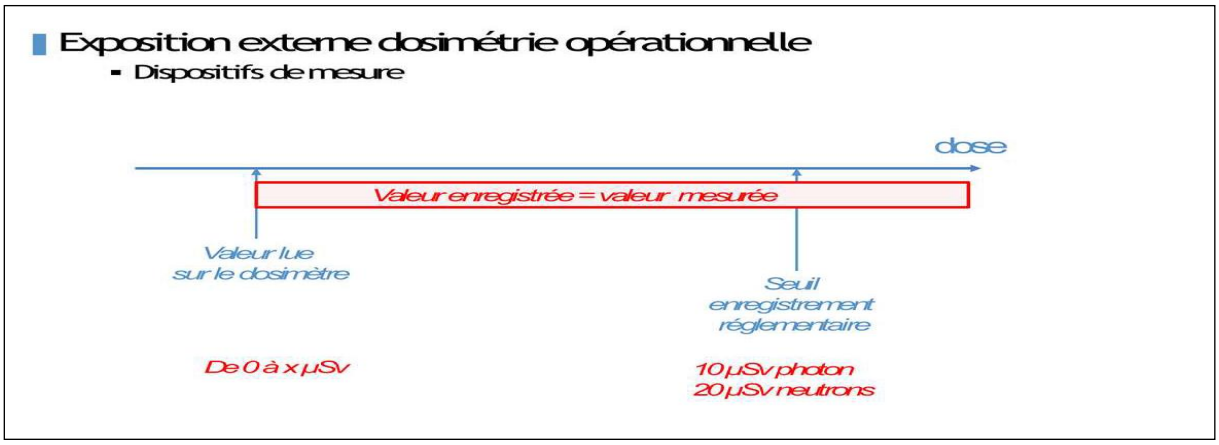
6 EXPLOITATION DES RÉSULTATS NULS ET NON NULS

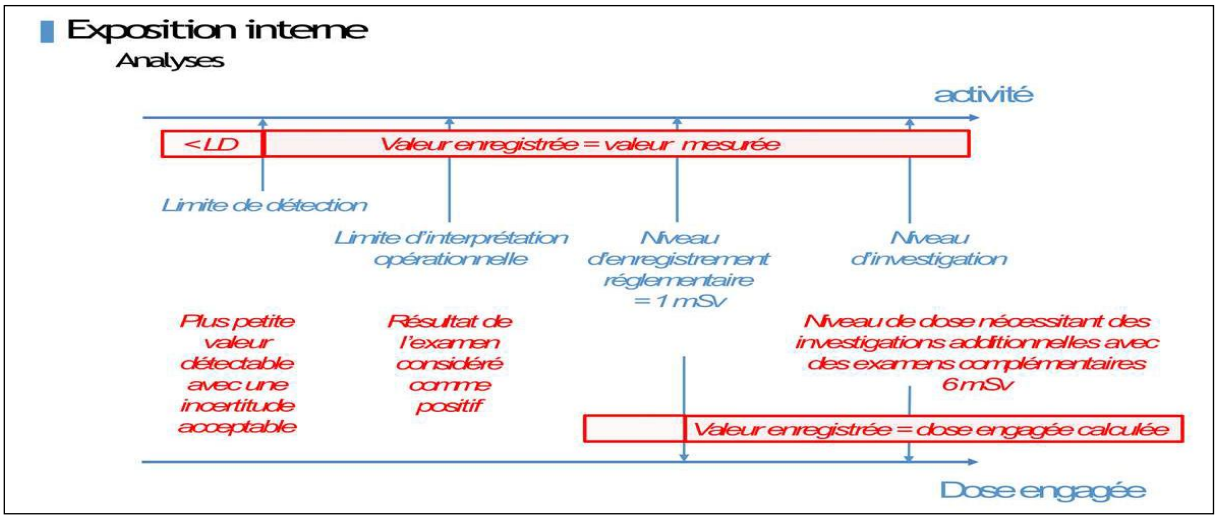
Il convient de distinguer :

- le suivi des expositions internes et externes,
- le suivi des expositions externes par la dosimétrie passive et la dosimétrie opérationnelle,
- le suivi de l'exposition interne par : les résultats en terme de contamination et la dose,
- et prendre en compte la variation dans le temps liée à l'évolution des techniques.

SCHÉMA N°2 –EXPLOITATION DES RÉSULTATS







Un résultat nul ne correspond pas à un zéro métrologique, mais à une limite de détection ou à un seuil raisonnable de rendu d'un résultat, compte-tenu des performances des techniques de mesure, celles-ci étant toujours plus performantes : « un 0 d'aujourd'hui n'est pas le 0 de demain ni celui d'hier »

Le zéro enregistré doit donc toujours être conservé avec les éléments permettant d'en apprécier sa signification à l'époque où il a été enregistré.

Pour le suivi des travailleurs, l'enregistrement des 0 est capital pour tracer le suivi de l'exposition du travailleur. Sur la période 1976 à 1993, l'OPRI avait fait le choix de ne plus centraliser les résultats dosimétriques nuls des travailleurs. En conséquence, la traçabilité du suivi de certains travailleurs a été perdue pour la période concernée.

Le seuil d'enregistrement réglementaire est une valeur pour contraindre les dispositifs de mesure à présenter des caractéristiques minimales. Si les dispositifs sont plus performants, il faut tenir compte des mesures obtenues dans le domaine de validité de la technique (garantie par le Cofrac). C'est ce qui est actuellement fait dans SISERI.

L'atelier 4 estime qu'il faut maintenir les dispositions en place, aucune évolution n'est à envisager.



SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE EN FRANCE

HISTORIQUE ET ACTUALITÉS

SOMMAIRE

1 HISTORIQUE DE LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE

2 BILAN DE LA DOSIMÉTRIE EXTERNE

3 BILAN DE LA DOSIMÉTRIE INTERNE

4 RADIOACTIVITÉ NATURELLE

5 QUELQUES CHIFFRES SUR LES TENDANCES ÉVOLUTIVES DE LA SURVEILLANCE DOSIMÉTRIQUE DES TRAVAILLEURS

SCHÉMAS

SCHÉMA 1 Évolution du nombre de travailleurs disposant d'une surveillance dosimétrique

SCHÉMA 2 Nombre de travailleurs et dose collective par secteur (2013)

SCHÉMA 3 Évolution du nombre de travailleurs disposant d'un suivi dosimétrique, du nombre de travailleurs exposés et de la dose collective

SCHÉMA 4 Évolution du nombre de travailleurs disposant d'un suivi dosimétrique, du nombre de travailleurs exposés, de la dose collective et de la dose moyenne des travailleurs exposés dans différents secteurs

SCHÉMA 5 Dépassements de la limite réglementaire de 2008 à 2013



1 HISTORIQUE DE LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE EN FRANCE

Les premiers textes réglementaires relatifs à la radioprotection (un décret suivi de deux arrêtés) seront publiés en France en décembre 1934. Cependant, il faudra attendre le décret n°66-450 du 20 juin 1966 relatif aux principes généraux de protection contre les rayonnements ionisants [32], pour voir apparaître des mesures particulières, dont l'obligation de mettre en place une surveillance radiologique des travailleurs.

Le décret n°66-450 du 20 juin 1966 définit les limites d'exposition externe et interne annuelles (mais aussi trimestrielles) ainsi que des limites d'exposition « exceptionnelles concertées » pour les personnels classés DATR [33] ou non DATR. Il décline une surveillance « adéquate » des lieux de travail portant sur (1) les champs de rayonnements, (2) la contamination atmosphérique et (3) la contamination des surfaces et du matériel. Le décret indique que les personnes DATR « doivent faire l'objet d'une surveillance individuelle de l'irradiation externe et de la contamination interne ». Il institue l'attestation médicale d'aptitude à de tels travaux et l'obligation (toujours pour les DATR) d'une « surveillance médicale particulière » comprenant :

- un examen médical approprié,
- des examens médicaux périodiques,
- et des examens médicaux exceptionnels.

Pour ces personnes, les résultats dosimétriques, ainsi que les résultats des examens médicaux, « doivent être conservés pendant la durée de vie de l'individu et, en tout cas, pendant au moins 30 ans après la fin de la période d'exposition ».

Le décret n°67-228 du 15 mars 1967 concernant la protection des travailleurs (hors INB) précisera que le contrôle des équivalents de dose reçus par les travailleurs DATR exposés au risque d'irradiation externe « doit être assuré au moyens de dosimètres individuels ». En outre, les résultats de ces contrôles « doivent faire l'objet de relevés précis reportés sur la fiche d'irradiation du dossier médical » et ils sont communiqués, sur leur demande aux inspecteurs du travail et aux médecins-inspecteurs. C'est aussi ce décret qui donne naissance à la PCR (appelée ici « personne compétente »). Il institue pour chaque travailleur un « dossier médical spécial », tenu par le médecin du travail, comportant (1) une fiche de nuisance (incombant à la PCR), (2) une fiche d'irradiation mentionnant les résultats dosimétriques (incombant au médecin) et (3) les résultats des examens médicaux. Pour les chantiers et zones attenantes à la zone contrôlée, une dosimétrie collective est établie afin de vérifier le respect des limites réglementaires et les résultats de cette dosimétrie collective sont inscrits sur la fiche médicale des travailleurs concernés.

L'arrêté du 19 avril 1968 est un texte important pour l'objet de ce travail comme l'indique son titre : « conditions d'utilisation des dosimètres individuels destinés au contrôle des équivalents de dose reçus par les travailleurs directement affectés à des travaux sous rayonnements ionisants et exposés au risque d'irradiation externe, prescrits par le décret n°67-228 du 15 mars 1967… ». Il aura une longue longévité puisque, pour l'essentiel, il demeurera en vigueur jusqu'au nouvel arrêté du 23 mars 1999.

32 Décret qui prend en compte les recommandations de la CIPR-2 de 1958.

33 Directement Affectés à des Travaux sous Rayonnement (aujourd'hui la catégorie A).



Ce texte, qui se résume à une annexe technique, précise la nature des rayonnements et le seuil en énergie à partir duquel la dosimétrie individuelle est mise en œuvre. En préambule, il indique que le « contrôle d'ambiance ne doit en aucun cas se substituer au contrôle dosimétrique individuel ». Reconnaissant les récents progrès concernant les dosimètres TLD et RPL, il conclut néanmoins en imposant le dosimètre photographique pour le suivi individuel. Dans certains cas, l'usage de dosimètres à lecture immédiate (stylo-dosimètres), mis en œuvre à titre complémentaire, est recommandé. Le seuil de mesure de ces dosimètres « doit être au moins de 0,5 mSv » même si dans la pratique la plupart des laboratoires retenaient un seuil de 0,2 mSv. « Tout dosimètre ne présentant pas de noircissement décelable doit être considéré comme ayant reçu une dose nulle » ; en conséquence toute dose inférieure à 0,2 mSv est enregistrée comme égale à 0 mSv. Le « dosimètre est obligatoirement porté pendant les heures de travail ; hors ces dernières, il est obligatoirement rangé sur un tableau nominatif…portant en permanence un dosimètre témoin ». Le port du dosimètre est le mois civil et sa lecture doit être effectuée dans la première quinzaine du mois suivant. Le port d'une dosimétrie complémentaire, notamment au poignet, est à la discrétion du responsable de la radioprotection. Les résultats mensuels nominatifs doivent être présentés en deux exemplaires, l'un pour centralisation par le SCPRI, l'autre pour le médecin du travail. Dans un article de la revue Radioprotection, Alain BIAU, mémoire vivante de ce domaine, reconnait qu'en pratique, seule l'adresse de l'entreprise étant connue des laboratoires, l'enveloppe était souvent ouverte par l'employeur qui adressait ensuite (mais pas toujours) une copie au médecin du travail.

Au début des années 70, le programme électronucléaire va considérablement s'intensifier. **Le décret n°75-306 du 28 avril 1975** concerne la protection radiologique des travailleurs en secteur INB. Il permettra à certains chefs d'établissements - sous autorisation du Ministère du Travail – d'assurer eux-mêmes la surveillance dosimétrique externe, ce qui entrainera la mise en place de protocoles d'intercomparaison et instaure l'obligation de l'habilitation des services médicaux chargés de la surveillance médicale des travailleurs d'entreprises extérieures en INB. Ce décret, **modifié par le décret n° 88-662 du 6 mai 1988 sera abrogé par le décret du 31 mars 2003, hors les dispositions relatives à l'obligation d'habilitation des services médicaux** ; il insiste sur l'obligation de l'employeur de « veiller à ce que les travailleurs respectent les consignes de sécurité et portent les dispositifs et équipements de protection individuelle ainsi que les dosimètres individuels ». Ce qui peut être traduit comme une obligation de moyens, mais également de résultats. Quant à l'examen médical dont les travailleurs de catégorie A font l'objet, sa fréquence est établie à « au moins tous les 6 mois ».

Le décret n°86-1103 du 2 octobre 1986 (champs d'application hors INB), prenant en compte la publication N°26 de la CIPR de 1976, abrogera le décret du 15 mars 1967 mais les limites d'exposition annuelle restent le mêmes, à ceci près que le pas de temps annuel porte désormais sur les 12 mois glissants. La classification des travailleurs est maintenant déclinée en catégories A et B et le médecin du travail délivre désormais une carte de suivi médical pour les personnes classées en catégories A. Les modalités de surveillance dosimétrique individuelle restent encore celles de l'arrêté du 19 avril 1968.

L'arrêté du 28 août 1991 précise dans son annexe les recommandations aux médecins du travail pour la surveillance médicale. Il décline, de façon détaillée, les dispositions relatives à l'information individuelle et collective, à la surveillance médicale (modalités, examen clinique général, examens spécialisés complémentaires, surveillance de l'exposition individuelle) ainsi qu'aux dossiers médicaux (dossier médical, transmission des documents…) des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants.



L'arrêté du 31 juillet 1991 va fixer le modèle de la carte individuelle de suivi médical des travailleurs affectés à des travaux sous rayonnements ionisants (volet remis à l'intéressé et volet adressé au SCPRI).

L'arrêté du 23 mars 1999 (qui abrogera l'arrêté du 19 avril 1968) est pris en application des décrets d'avril 75 modifié et d'octobre 86 et précise les modalités de mise en œuvre de la dosimétrie externe. Concernant la dosimétrie passive, il met fin au monopole de la dosimétrie photographique et le seuil de mesure (que l'on appelle aujourd'hui seuil d'enregistrement) passe de 0,5 à 0,2 mSv. La gamme couverte passe de 250 à 500 mSv. Le texte fixe également les caractéristiques de la dosimétrie « active », notamment il impose pour l'ensemble des rayonnements mesurés un seuil de mesure du débit de dose qui doit être inférieur ou égal à 0,5 µSv/h. Il précise en outre que la transmission des données de dosimétrie opérationnelle au système centralisé (l'OPRI à l'époque) doit s'effectuer « dans le respect des dispositions de la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 modifiée relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés ». Cet arrêté traite en détail la gestion (y compris au niveau local) des données dosimétriques tant passives qu'actives.

Un second arrêté du 23 mars 1999 va fixer les règles de l'habilitation par l'OPRI relatives à « l'accès aux résultats nominatifs de l'exposition individuelle des travailleurs soumis aux rayonnements ionisants » pour la PCR mais aussi pour le « personnel compétent relevant d'un service compétent en radioprotection » ou encore la « personne qualifiée » visée au décret d'avril 75.

A partir du début des années 2000, commence l'étape de réorganisation institutionnelle mais aussi réglementaire qui va refonder totalement le dispositif de protection contre les rayonnements ionisants en vigueur actuellement. Vraisemblablement connu du lecteur assidu de ce Livre Blanc, ce nouveau socle ne sera pas évoqué ici, mais les éléments relatifs à la surveillance radiologique des travailleurs sont abordés dans les chapitres précédents.

2 BILAN DE LA DOSIMÉTRIE EXTERNE

L'IRSN établit chaque année le bilan des expositions professionnelles des travailleurs dans tous les secteurs d'activités soumis à un régime d'autorisation ou de déclaration en application du code de la santé publique ou du code de l'environnement (INB) ainsi que des travailleurs de la défense et de ceux exposés à des sources naturelles de rayonnement sur leur lieu de travail.

DOSE CORPS ENTIER

En 2013, 352 082 travailleurs ont été suivis. La dose collective de l'effectif total a été de 68,47 homme.Sv en très légère baisse par rapport à celle des 4 années précédentes. La dose efficace annuelle moyenne est de 0,19 mSv. Parmi ces travailleurs, 13 892 travailleurs ont reçu une dose efficace supérieure à 1 mSv, 1 894 une dose efficace supérieure à 6 mSv et 9 travailleurs ont dépassé la limite annuelle réglementaire de 20 mSv.
Au total, 78% des travailleurs exposés, tous domaines confondus, affichent une dose inférieure au seuil d'enregistrement.

Ces chiffres masquent des disparités importantes en fonction des secteurs d'activités.



Le secteur médical/vétérinaire représente à lui seul 63% des travailleurs disposant d'un suivi dosimétrique. Seul 7% de l'effectif exposé [34] reçoit des doses supérieures à 1 mSv. Les doses efficaces individuelles moyennes des travailleurs exposés sont faibles (< 0,6 mSv) avec une dose collective de 23,82 homme.Sv.
Le nombre de travailleurs suivis par le port d'un dosimètre dans ce secteur a augmenté depuis 2005 de 35%, ce chiffre est attribué à l'augmentation massive du nombre de vétérinaires surveillés.
Les travailleurs les plus exposés en France appartiennent aux domaines de la radiothérapie avec une dose individuelle moyenne de 0,74 mSv (calculée sur l'effectif exposé) et de la médecine nucléaire avec une dose moyenne de 0,70 mSv.

Le secteur de la recherche (enseignement, médical et recherche) représente 4% des effectifs avec une dose individuelle moyenne de l'effectif exposé de 0,24 mSv. Ce secteur de la recherche regroupe la recherche en milieu nucléaire (30% des effectifs), la recherche en milieu médical/vétérinaire/pharmaceutique, la recherche universitaire ainsi que l'enseignement.

Le secteur nucléaire représente 20% des travailleurs disposant d'un suivi dosimétrique ; la dose efficace moyenne des travailleurs exposés du nucléaire est de 1,27 mSv.
Globalement, 2/3 des travailleurs des secteurs du nucléaire sont exposés à des doses inférieures au seuil d'enregistrement. Cependant, dans les secteurs de la fabrication du combustible, des prestations pour la logistique et la maintenance, la proportion de travailleurs exposés est la plus importante et représente 43% de l'effectif suivi.

En examinant la répartition de l'effectif exposé en fonction des différentes classes de dose efficace corps entier on peut noter que :

- 30 à 38% des travailleurs exposés appartenant aux secteurs des réacteurs de production d'énergie, des secteurs de la fabrication du combustible, de la maintenance et des prestations pour la logistique ont reçu des doses comprises entre 1 et 6 mSv ;
- 15% des travailleurs exposés du secteur de fabrication du combustible ont reçu des doses annuelles supérieurs à 6 mSv ;
- 7% des travailleurs exposés du secteur de la maintenance et des prestations pour la logistique sont concernés par une exposition annuelle supérieure à 6 mSv.

Les travailleurs exposés de l'**industrie non nucléaire**, quant à eux, ont reçu la dose efficace moyenne la plus élevée : 1,62 mSv ; ce sont ceux dont la nature de l'activité professionnelle est la moins bien connue.

DOSE EXTRÉMITÉS, PEAU, CRISTALLIN

Au-delà de l'évaluation de la dose efficace, la surveillance des expositions de certaines parties de l'organisme (extrémités, peau et cristallin) n'est pas encore généralisée dans les activités générant une exposition non homogène ; en effet, dans ces secteurs, la dose efficace n'est pas représentative de l'exposition de certains organes.

34 Effectif exposé : effectif pour lequel la dose est supérieure au seuil d'enregistrement



En 2013, 7% des travailleurs ont bénéficié d'une surveillance de l'exposition aux extrémités dont plus de la moitié appartiennent au domaine médical.

Dans le milieu médical et vétérinaire, 13 000 travailleurs environ bénéficient d'une surveillance aux extrémités dont 75% par dosimètre bague. Dans ce contexte, la dose équivalente individuelle moyenne annuelle est de 5,6 mSv annuelle et la dose équivalente maximale annuelle de 438 mSv au cours de l'année 2013. Concernant les travailleurs surveillés par dosimètre bague, 50% de ceux travaillant en radiologie et 70% de ceux travaillant en médecine nucléaire ont reçu une dose équivalente annuelle inférieure à 150 mSv et seul 1 % des travailleurs a reçu une dose comprise entre 150 et 500 mSv.

Dans le milieu nucléaire, 6 800 travailleurs (soit 27% de l'effectif total suivi) bénéficient d'une surveillance des extrémités avec une dose équivalente individuelle moyenne de 5,6 mSv.

3 BILAN DE LA DOSIMÉTRIE INTERNE

En ce qui concerne le suivi de l'exposition interne (surveillés par analyses radiotoxicologiques des excrétas et examens anthroporadiométriques), 354 878 examens ont été réalisés en 2013, mais le nombre total de travailleurs suivis n'est pas connu. Moins de 1% de ces examens ont donné des résultats considérés comme positifs [35] et 461 travailleurs ont été concernés par une estimation dosimétrique ; une dose efficace engagée a été enregistrée pour 18 de ces travailleurs avec un résultat maximal à 9 mSv.

Dans le secteur INB, la surveillance s'effectue surtout par examens anthroporadiométriques (pour 60% des examens) et par analyses radiotoxicologiques (urinaires 29%, selles 3%).
3,7% des examens radiotoxicologiques urinaires sont positifs en 2013, soit 2 fois plus qu'en 2012 (1,6%). Le nombre de résultats d'examens de selles positifs dans le secteur nucléaire tous secteurs confondus reste stable avec quelques 8 000 examens de selles, dont environ 300 positifs (2012 : 299 sur 8 347 examens, 2013 : 318 sur 8 624 examens).

Dans le secteur médical, la surveillance repose surtout sur des examens radiotoxicologiques urinaires. La raison en est que le milieu médical ne dispose pas de d'équipements de mesure (en-dehors des sondes thyroïdiennes) et que les examens anthroporadiométriques nécessitent un déplacement en Ile de France, sauf à ce qu'ils soient réalisés lors d'un déplacement des camions mobiles de l'IRSN.
Sur l'ensemble des analyses urinaires réalisées, seules 0,3 % sont positives et, sur cette base, des estimations de dose ont été effectués pour 9 travailleurs dont 1 supérieure à 1 mSv (1,4 mSv).

Dans le cadre de la surveillance de routine, tous domaines confondus, il est à noter que le nombre de résultats positifs a augmenté de 39% par rapport à 2012, et ceci essentiellement dans le domaine nucléaire.

35 Les examens considérés positifs sont ceux dont le résultat est supérieur à la limite d'interprétation opérationnelle définie au préalable avec le prescripteur, ou, à défaut, à la limite de détection (LD).



4 RADIOACTIVITÉ NATURELLE

Le bilan de l'exposition au rayonnement cosmique du personnel navigant de l'aviation civile concerne 18 979 travailleurs de 2 compagnies aériennes ; la dose individuelle moyenne est de 1,9 mSv, la dose maximale individuelle s'élève à 4,5 mSv et la dose collective de 36,08 homme.Sv.

La surveillance concernant les travailleurs exposés aux matériaux contenant des substances radioactives naturelles renforcées (NORM) se met en place progressivement ; dans l'examen des évaluations de doses présentées par les industriels et étudiées par l'IRSN, il est apparu que l'attention devait porter :

- sur la production de zircon et de baddeleyite, dans les activités de fonderie et métallurgie les mettant en œuvre et sur le traitement des minerais d'étain, d'aluminium, de cuivre, de titane, de niobium, de bismuth et de thorium (pour lesquelles les résultats des évaluations des dose efficace engagée sont de l'ordre de 2 mSv/an à 3 mSv/an) ;
- sur la production ou l'utilisation de composés contenant du thorium (dans certains cas, ces doses peuvent atteindre plusieurs dizaines de mSv/an du fait de l'inhalation de poussières).

Il convient de noter que les évaluations de doses efficaces relatives aux établissements thermaux et aux installations de filtration d'eau souterraine sont, quant à elles, trop peu nombreuses pour qu'une tendance puisse être esquissée.



5 QUELQUES CHIFFRES SUR LES TENDANCES ÉVOLUTIVES DE LA SURVEILLANCE DOSIMÉTRIQUE DES TRAVAILLEURS

Au cours de ces 6 dernières années, on observe quelques évolutions très nettes (schéma 1) :

- une augmentation du nombre de travailleurs surveillés par dosimétrie passive externe ;
- un accroissement notable du nombre de travailleurs suivis pour l'exposition aux neutrons ;
- une forte augmentation - même si elle reste insuffisante - du suivi des doses aux extrémités ;
- un net accroissement des examens anthropogammamétriques, pour le suivi de l'exposition interne, mais accompagné d'un recul des analyses radiotoxicologiques.

SCHÉMA 1 - ÉVOLUTION DU NOMBRE DE TRAVAILLEURS DISPOSANT D'UNE SURVEILLANCE DOSIMÉTRIQUE

	2008		2013		Évolution
Exposition externe (dosimétrie passive)	306 629		352 082		+ 14,8%
Médical/vétérinaire	183 771	59,9%	222 975	63,3%	+ 21,3%
Industrie nucléaire	57 848	18,9%	68 509	19,5%	+18,4%
Industrie non nucléaire	50 412	16,4%	33 555	9,5%	- 33,1%
Recherche	14 598	4,8%	13 158	3,7%	- 9,9%
Nb de travailleur exposés < 1 mSv		80%		82%	
Neutrons	28 987		50 142		+ 73%
Extrémités					
Bague	6 900		14 307		+ 107%
Poignet	13 136		11 483		- 12,6%
Exposition interne					
Radiotoxicologie urinaire	14 231		1 3795		- 3,1%
Radiotoxicologie fécale	6 852		5 802		- 15,3%
Radiotoxicologie nasale	3 049		1 488		- 51,2%
Anthroporadiométrie	53 846		75 588		+ 49,9%



SCHÉMA 2 - NOMBRE DE TRAVAILLEURS ET DOSE COLLECTIVE PAR SECTEUR (2013)

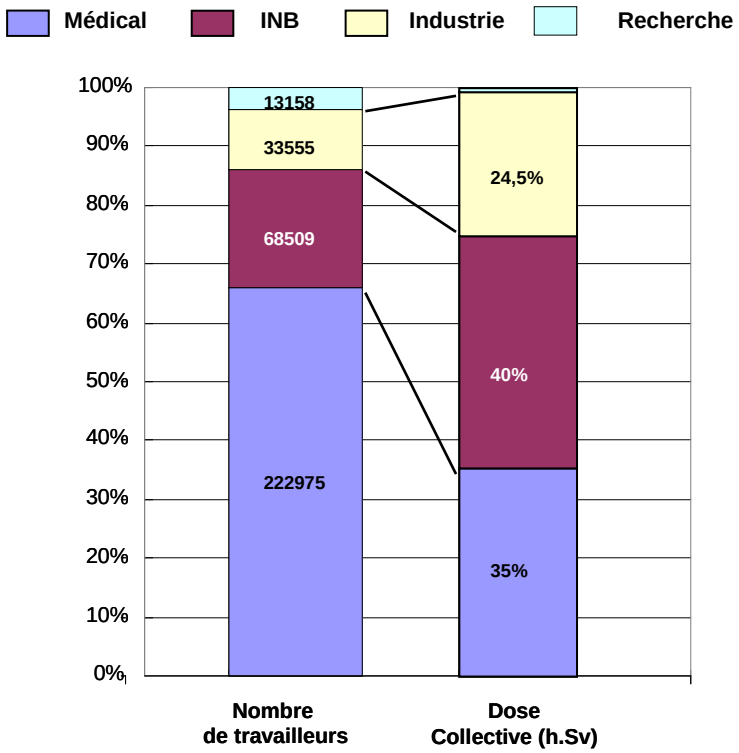
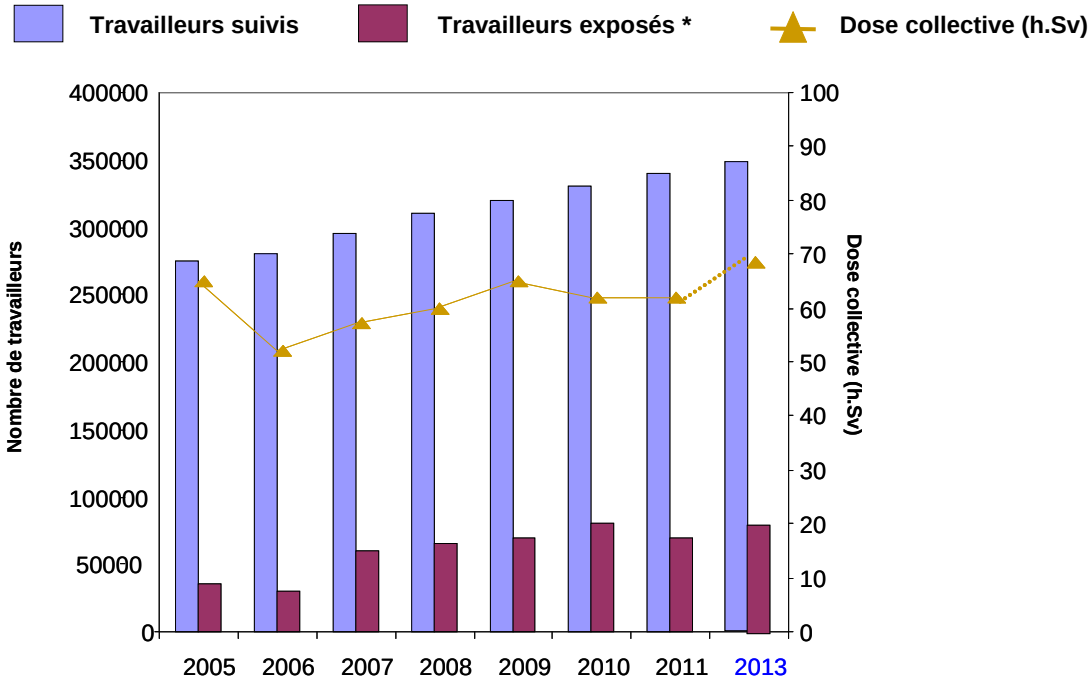


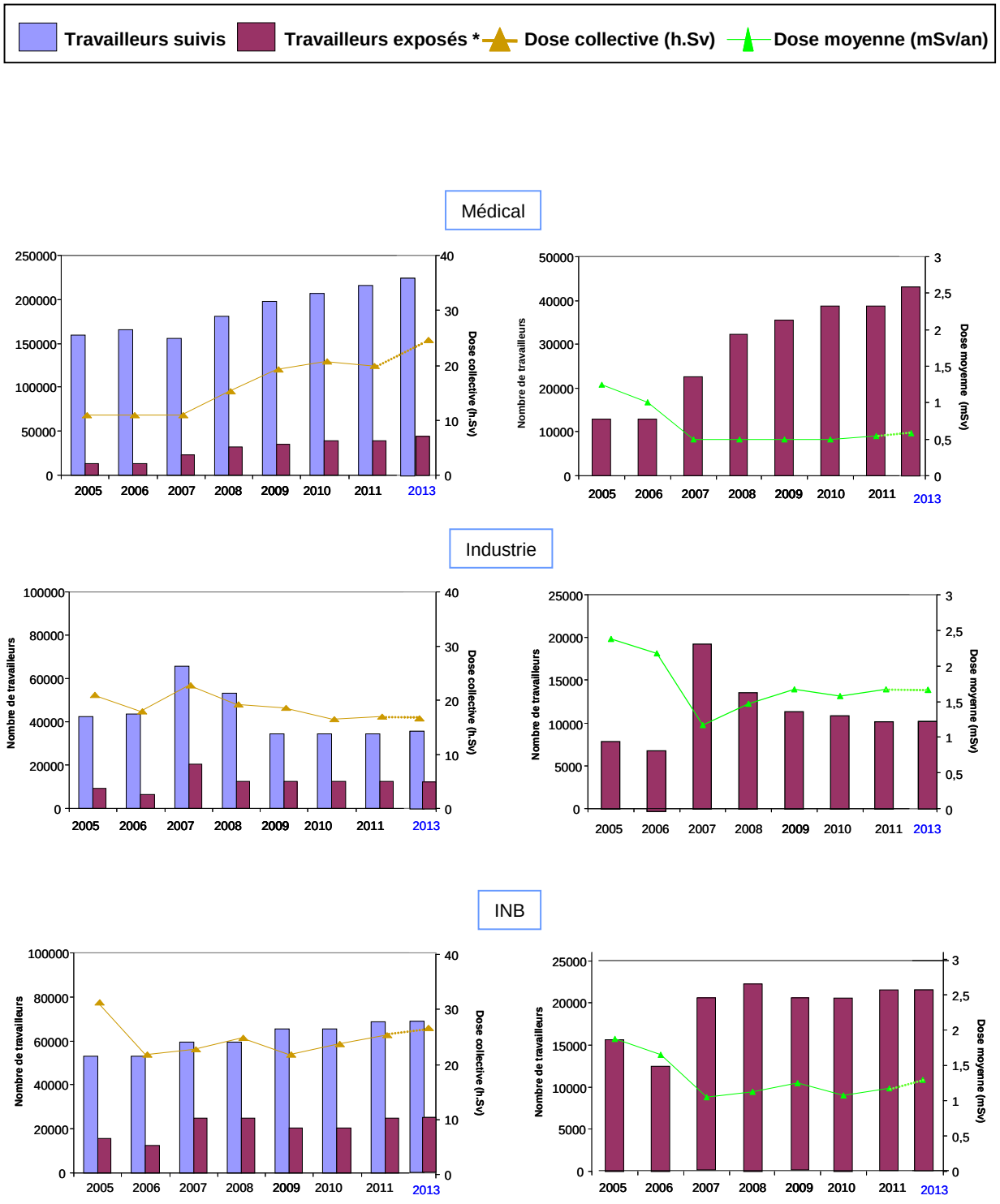
SCHÉMA 3 - ÉVOLUTION DU NOMBRE DE TRAVAILLEURS DISPOSANT D'UN SUIVI DOSIMÉTRIQUE, DU NOMBRE DE TRAVAILLEURS EXPOSÉS* ET DE LA DOSE COLLECTIVE



La Dose collective après une diminution en 2006 est remontée à 60 h.Sv et reste stable depuis 2005.



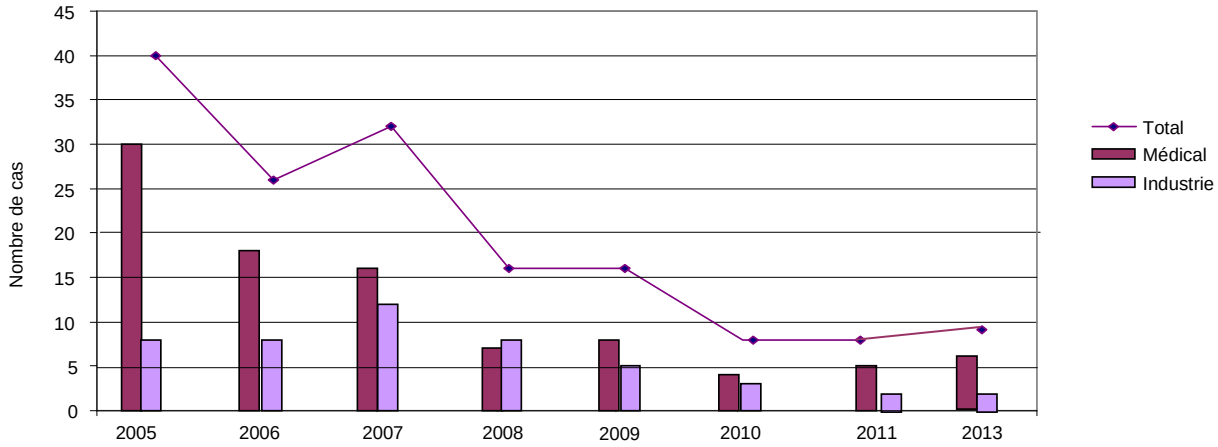
SCHÉMA 4 - ÉVOLUTION DU NOMBRE DE TRAVAILLEURS DISPOSANT D'UN SUIVI DOSIMÉTRIQUE, DU NOMBRE DE TRAVAILLEURS EXPOSÉS, DE LA DOSE COLLECTIVE ET DE LA DOSE MOYENNE DES TRAVAILLEURS EXPOSÉS DANS DIFFÉRENTS SECTEURS



Dans les 3 secteurs, après une chute en 2007, la dose moyenne reçue par exposition externe demeure stable : 0,5 mSv environ dans le milieu médical, 1,7 mSv environ dans le secteur industrie non INB et 1,2 mSv dans le secteur INB.

SCHÉMA 5 - DÉPASSEMENTS DE LA LIMITE RÉGLEMENTAIRE

Depuis 2008, le nombre de dépassements des limites réglementaires varie entre 8 et 16 par an.



En 2013 :

Il y a eu 9 dépassements de la limite réglementaire annuelle ; dans 8 cas sur 9, ce dépassement a été lié à une dose externe supérieure à 20 mSv reçue sur une seule période de port du dosimètre.

Les secteurs concernés ont été le secteur médical (6 cas), le secteur de l'industrie non nucléaire (2 cas) et le secteur de l'industrie nucléaire (1 cas).

Dans 7 cas, la dose efficace annuelle enregistrée est comprise entre 20 et 25 mSv, dans un cas entre 50 et 100 mSv et pour le dernier cas cette dose enregistrée est supérieure 7 Sv.

Aucun dépassement de la limite de dose équivalente aux extrémités n'a été relevé en 2013.

En cas de dépassement, le médecin du travail doit diligenter une enquête. Dans le cadre de cette enquête, le doute n'a pas pu être levé pour le dépassement supérieur à 7 Sv ; dans 4 cas, l'enquête du médecin du travail a confirmé les résultats, et dans les 4 derniers cas, l'IRSN n'a pas eu le retour des conclusions du médecin.



SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE

SOMMAIRE

1 MODALITÉS DE SUIVI ET DE GESTION DES DONNÉES DOSIMÉTRIQUES

Mise en œuvre de la surveillance médicale

Mise en œuvre de la surveillance radiologique des travailleurs

Modalités et gestion des résultats du suivi dosimétrique

Moyens dosimétriques mis en œuvre et données enregistrées dans la base de données

Accès aux données du suivi radiologique contenues dans les registres des doses

2 RÉSULTATS DU SUIVI DOSIMÉTRIQUE DANS 5 PAYS EUROPÉENS

Exposition professionnelle dans les différents domaines d'activité

Évolution de l'exposition des travailleurs tous domaines confondus entre 2005 et 2012

Évolution de l'exposition des travailleurs par domaine d'activité entre 2005 et 2012

Dépassement de la valeur limite d'exposition

SCHÉMAS

SCHÉMA 1 Obligations réglementaires relatives aux personnels navigants dans différents pays

SCHÉMA 2 Autorités en charge de la reconnaissance des services de dosimétrie

SCHÉMA 3 Autorités en charge de la gestion des registres de doses centralisés

SCHÉMA 4 Accès aux données du suivi radiologique selon les pays

SCHÉMA 5 Exposition professionnelle dans les différents domaines d'activité

SCHÉMA 6 Suivi dosimétrique extrémités et cristallin en Allemagne, Royaume Uni et France

SCHÉMA 7 Suivi dosimétrique du personnel navigant

SCHÉMA 8 Évolution de l'exposition des travailleurs



Ce chapitre concerne une étude réalisée sur 8 pays de l'Union Européenne : France, Belgique, Royaume Uni, Allemagne, Suisse, Norvège, Finlande et Espagne

Depuis 1997 des enquêtes régulières sont effectuées sur les modalités de surveillance dosimétrique et le niveau d'exposition des travailleurs dans les différents pays européens. La dernière enquête ESOREX (European Study of Occupational Radiation Exposure) publiée en 2010 regroupe les informations obtenues auprès de 27 pays de l'Union Européenne.

Sur la base de ce document et des résultats d'une enquête diffusée auprès de ERPAN par l'intermédiaire du CEPN et de l'enquête HERCA relative aux travailleurs extérieurs, une comparaison des modalités de suivi dosimétrique des travailleurs et de gestion de ces données a été effectuée dans 8 pays européens : France, Allemagne, Royaume Uni, Espagne, Suisse, Belgique, Norvège et Finlande.
Une étude comparative de l'exposition des travailleurs dans 6 pays européens dans les différents domaines d'activité et son évolution sur les 6 dernières années a également pu être réalisée en complétant les données ESOREX avec celles des publications citées au niveau des documents de référence.

Il est à noter que les informations contenues dans ces documents sont plus ou moins détaillées selon les pays, et voire même contradictoires.

1 MODALITÉS DE SUIVI ET DE GESTION DES DONNÉES DOSIMÉTRIQUES

La totalité des pays (sauf la Norvège) ont transposé la directive dans leur droit national.
La Belgique à ce jour n'a pas encore mis en pratique toutes les dispositions de la directive notamment le registre centralisé de la surveillance radiologique.

1.1 MISE EN ŒUVRE DE LA SURVEILLANCE MÉDICALE

Dans tous les pays, la surveillance médicale est toujours mise en œuvre mais ce n'est pas toujours un médecin du travail qui en est chargé.
Cette configuration (de suivi non réalisé par un médecin du travail) se retrouve en Grande Bretagne et en Allemagne ; en Suisse, cette surveillance est effectuée par le médecin traitant du travailleur.
La Suède, quant à elle, présente une spécificité non retrouvée dans les autres pays analysés : la surveillance médicale est effectuée par un médecin généraliste ou spécialisé en médecine du travail ou en médecine interne ; mais ce médecin n'a de contact qu'avec le travailleur ; l'entreprise peut avoir un médecin sous contrat, mais le travailleur n'est pas obligé de choisir ce médecin.
La Norvège n'a pas transmis d'information sur ce sujet.



Le plus souvent, cette surveillance est annuelle pour les catégories A, sauf en Belgique (semestrielle), en Suisse et en Suède (tous les 3 ans). On peut rapprocher la périodicité annuelle de l'obligation liée à la directive européenne 96/29.

Par contre, le plus souvent, il n'y a pas de surveillance systématique pour les travailleurs classés catégorie B. Une obligation de surveillance annuelle systématique pour les catégories B existe en Belgique.
En Slovénie, elle est triennale.
En Suisse, les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants et classés en catégorie B doivent bénéficier d'un examen avant le début de l'activité.

1.2 MISE EN ŒUVRE DE LA SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DES TRAVAILLEURS

Tous les pays ont repris littéralement la définition de travailleur exposé de la directive 96/29 Euratom à l'exception de la Norvège qui considère comme exposée toute personne travaillant en zone surveillée ou contrôlée. A noter que la Suisse ne considère pas les personnels navigants comme des travailleurs exposés. La majorité de ces pays ont adopté la classification des travailleurs en catégorie A ou B à l'exception de la Suisse (une seule catégorie, A) et de la Norvège qui utilise la notion « travailleurs entrant en zone réglementée ».

EXPOSITION EXTERNE

Dans tous les pays, les travailleurs exposés (catégories A, B ou « entrant en zone réglementée ») disposent d'un **suivi radiologique externe** dont la mise en œuvre est de la responsabilité de l'employeur ou de la personne détenant l'autorisation.
Ce suivi est individuel ou assuré, pour les travailleurs de catégorie B ou les travailleurs non susceptibles de dépasser 1/10 des limites annuelles, par une évaluation dosimétrique qui peut être effectuée à partir de la dosimétrie d'ambiance (Allemagne, Espagne). Néanmoins, en pratique, dans ces deux pays quasiment tous les travailleurs disposent d'un suivi individuel.
La période de port varie selon les pays de 1 mois à 3 mois avec la possibilité de l'étendre à 6 mois avec l'autorisation de l'autorité en Allemagne.
Dans la majorité des pays, les travailleurs disposent également d'un suivi par **dosimétrie opérationnelle**.

EXPOSITION INTERNE

Dans tous les pays, un **suivi radiologique de l'exposition interne** est mis en œuvre si les résultats de l'évaluation des risques mettent en évidence un risque d'exposition interne > 1mSv.
Cette surveillance consiste en des examens anthroporadiométriques et des analyses radiotoxicologiques dans les excrétas.
Dans de nombreux pays, des mesures de la radioactivité dans l'air au poste de travail ou des mesures de contamination sont mises en place de façon systématique (screening) et sont utilisées comme vérification de non exposition ou détection d'une possible incorporation et de critère de décision pour la mise en œuvre de mesures individuelles.



En Norvège hors INB, il n'y a ni suivi systématique, ni suivi sur un échantillonnage.

Des recommandations nationales existent en matière de suivi radiologique interne :

- **En Finlande**, en cas de manipulation d'Iode 125 ou 131 des mesures de l'activité au niveau de la thyroïde sont mises en place et les résultats > 5 kBq sont enregistrés. Pour les sources non scellées, des mesures radiotoxicologiques sont mises en place après utilisation. Dans le secteur INB des mesures anthroporadiométriques sont effectuées 2 fois par an. Le seuil d'enregistrement de la dose est de 0,1 mSv. Il est à noter, l'interdiction, pour la femme enceinte, de travailler en zone contaminante.
- **En Suisse**, pour les radionucléides les plus importants, l'ordonnance relative à la dosimétrie décrit les procédures à utiliser pour le screening et pour les mesures d'incorporation.
- Dans les INB **en Allemagne**, une surveillance sur un échantillonnage de travailleurs représentatifs est mis en place pour vérifier que l'exposition est inférieure au 1 mSv (prélèvements d'air au poste de travail, examens radiotoxicologiques et anthroporadio-métriques). Un suivi aléatoire analogue peut être mis en place au Royaume Uni pour les travailleurs ayant un risque d'exposition inférieur au 1 mSv.

PERSONNELS NAVIGANTS

Une enquête concernant la réglementation sur la **radioprotection des personnels navigants** a été effectuée par l'AEN. Sur les 14 pays ayant répondu à l'enquête, dont la Belgique, la Finlande, la Norvège, l'Allemagne et le Royaume Uni, la plupart ont l'obligation réglementaire d'évaluer les doses dues au **rayonnement cosmique** reçues par les personnels navigants quand le risque d'exposition des travailleurs est supérieur à 1mSv/an. Des obligations relatives à l'information des travailleurs, la protection de la femme enceinte et l'optimisation de l'exposition (organisation des vols) sont également mises en œuvre. Les calculs de dose sont effectués par les compagnies aériennes sauf en France (organisme de dosimétrie) et transmis au registre des doses national. En Finlande la dose annuelle de ces travailleurs ne doit pas dépasser 6 mSv.
La Norvège et la Suisse ne disposent pas de réglementation relative aux personnels navigants. Aucune donnée n'est disponible pour l'Espagne.

SCHÉMA 1 - OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES RELATIVES AUX PERSONNELS NAVIGANTS

	Obligations réglementaires	Évaluation de l'exposition	Critères complémentaires
Belgique	Mise en œuvre quand exposition > 1 mSv/an - évaluation de l'exposition - optimisation des programmes de vol - Information des travailleurs sur le risque dus aux rayonnements cosmiques - Limitation de l'exposition des femmes enceintes (enfant à naître > 1 mSv) - Transmission des doses au registre des données dosimétriques	Utilisation de critères pour l'évaluation initiale de l'exposition (altitude et temps de vol associé) Puis utilisation de software: IASONFREE, PCAIRE, CARI or GLOBALOG	Dispositions spéciales si l'exposition > 6 mSv/an : surveillance médicale, évaluation mensuelle de l'exposition…



	Obligations réglementaires	Évaluation de l'exposition	Critères complémentaires
Finlande	Mise en œuvre quand exposition > 1 mSv/an - Evaluation de l'exposition - Limitation des doses à 6 mSv/an - Optimisation des programmes de vol - Information des travailleurs sur le risque « rayonnements cosmiques » - Limitation de l'exposition des femmes enceintes à 1 mSv/an - Transmission des doses au registre des données dosimétriques	Utilisation du software : CARI-6	Limite de dose pour le personnel navigant : 6 mSv/an
France	Mise en œuvre de moyens techniques et administratifs pour réduire la dose au-dessous de 1 mSv/an. Si impossible mise en œuvre des dispositions réglementaires « travailleurs exposés » : - évaluation de l'exposition - surveillance médicale - l'information - dispositions particulières pour les femmes enceintes … - Transmission des doses au registre des données dosimétriques	Utilisation du software SIEVERT (www.sievert-system.org)	-
Allemagne	Mise en œuvre quand exposition > 1 mSv/an - évaluation de l'exposition - optimisation des programmes de vol - Information des travailleurs sur le risque dus aux rayonnements cosmiques - femmes enceintes transférées sur des postes au sol - Transmission des doses au registre des données dosimétriques	Federal Office for Aviation (LBA) Software : EPCARD, PCAIRE or FREE	Visite médicale pour les personnels dont l'exposition > 6 mSv/an
Royaume-Uni	Mise en œuvre quand exposition > 1 mSv/an - Évaluation de l'exposition - Limitation des doses à 6mSv/an - Optimisation des programmes de vol - Information des travailleurs sur le risque « rayonnements cosmiques » - Limitation de l'exposition des femmes enceintes à 1mSv/an		



EXTRÉMITÉS ET CRISTALLIN

Dans tous les pays, un suivi des doses reçues aux extrémités (main, poignet, pied…) et au cristallin est mis en œuvre quand le risque d'exposition est supérieur aux valeurs limites du public (respectivement 50 et 15 mSv/an).

RAYONNEMENTS IONISANTS D'ORIGINE NATURELLE

La mesure de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants d'origine naturelle est prévue réglementairement dans tous les pays (Radon, NORM…) et en cours de mise en place.

TRAVAILLEURS EXTÉRIEURS

En ce qui concerne les travailleurs extérieurs [36,] dans certains pays l'entreprise extérieure, tout en conservant la responsabilité officielle, peut déléguer contractuellement la mise en œuvre de la dosimétrie de référence à l'opérateur. C'est le cas en Espagne et au Royaume-Uni. En France et en Allemagne la mise en œuvre de la dosimétrie de référence est exclusivement de la responsabilité de l'entreprise extérieure. En Suisse, en Finlande et Belgique, la responsabilité est portée par l'entreprise utilisatrice, mais peut être contractuellement déléguée à l'entreprise extérieure (Finlande et Belgique).

1.3 MODALITÉS ET GESTION DES RÉSULTATS DU SUIVI DOSIMÉTRIQUE

1.3.1 RECONNAISSANCE DES SERVICES DE DOSIMÉTRIE

Tous les pays (à l'exception de la Belgique) disposent de plusieurs services de dosimétrie externe et interne approuvés par la ou les autorités compétentes au niveau national.

SCHÉMA 2 - AUTORITÉS EN CHARGE DE LA RECONNAISSANCE DES SERVICES DE DOSIMÉTRIE

	Services dosimétrie interne	Services dosimétrie externe	Total	Autorité en charge de la reconnaissance
Allemagne	25	4	29	Autorités compétentes des états fédéraux
Belgique	NC	11	11	Federal Agency for Nuclear Control
Espagne	9	21	30	CSN (Nuclear Safety Council)
Finlande	1	3	3	STUK
France	10	9	19	Autorité de sûreté nucléaire (ASN)
Norvège	1	2	2	The radiation protection authority (NRPA).
Suisse	6	11	11	Federal Office of Public Health et Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate pour le secteur nucléaire
Royaume Uni	NC	NC		HSE

[36] La définition de travailleur exposé telle qu'utilisée dans la directive 80/836 a été reprise dans son esprit par les différents pays mais pas dans sa globalité. Pour exemple, la référence à la catégorie A pour ces travailleurs n'apparaît pas dans les réglementations nationales des pays étudiés dans ce document (à l'exception du Royaume uni), de même que la référence à l'activité conduite en zone contrôlée.



Pour la dosimétrie externe, ces « agréments » couvrent l'ensemble des procédures (méthode d'exploitation des dosimètres, méthode de calcul de la dose et transmission des données).
En Allemagne, contrairement à la France, les dosimètres opérationnels sont également soumis à agrément. Dans ces deux pays la dosimétrie opérationnelle n'est pas considérée comme dosimétrie de référence.

Il est à noter que l'Allemagne (BfS) a lancé une étude dans le but de remplacer les dosimètres passifs par des dosimètres opérationnels dans les secteurs médical et nucléaire. Le pré-requis de ce changement sera la résolution des problèmes à la fois organisationnels et techniques (déchargement des batteries, mauvaises manipulations, sauvegarde des données, fiabilité et précision des mesures dans les champs pulsés...) liés à l'utilisation de ce type de matériel.

1.3.2 TRANSMISSION ET ENREGISTREMENT DES DONNÉES DOSIMÉTRIQUES DANS UN REGISTRE CENTRALISÉ

A l'exception de la Belgique et la Norvège, tous les pays disposent d'un registre des doses centralisé. Ces bases de données sont généralement gérées par la ou les autorités compétentes du pays.

SCHÉMA 3 - AUTORITÉS EN CHARGE DE LA GESTION DES REGISTRES DE DOSES CENTRALISÉS

État Membre	Institution en charge de la gestion du registre des doses
Belgique	Agence fédérale de Contrôle nucléaire (FANC) – En cours
Finlande	STUK
France	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)
Allemagne	Les autorités compétentes locales (62 registres + 1registre central géré par BfS
Espagne	CSN (Nuclear Safety Council)
Suisse	Federal Office of Public Health (database centralisée et délivrance des passeports), Swiss National Accident Insurance Fund (Médical)
Royaume Uni	Health and Safety Executive (HSE) propriétaire de la base - Opérée par HPA-RP

Les données dosimétriques des travailleurs sont transmises au gestionnaire du registre par les services de dosimétrie avec une périodicité variable selon les pays (de mensuelle à annuelle). Des données dosimétriques sont également transmises par les laboratoires de dosimétrie des INB et les compagnies aériennes (évaluations).
Il est à noter qu'en Allemagne, une évaluation des doses reçues par les travailleurs peut être effectuée à partir des données de la dosimétrie d'ambiance.



Les données dosimétriques de tous les travailleurs, qu'ils soient catégorie A ou B, sont enregistrés dans les registres à l'exception du Royaume Uni où seules les données dosimétriques des travailleurs de catégorie A sont enregistrées. Pour ce dernier pays, les données dosimétriques des travailleurs de catégorie B sont enregistrées localement et conservées a minima 2 ans par l'employeur.

En Norvège, le service de dosimétrie géré par NRPA envoie les doses à l'employeur (RPE/RPO) (dose correspondant à la période de port du dosimètre et dose annuelle) qui les enregistre (dosimétrie externe) et les transmet annuellement à NRPA. Le service de dosimétrie de NRPA gère une base de données pour les 95 % de travailleurs à qui il fournit la dosimétrie. Les 5% restant sont gérés par l'Institute of Energy Technology.

Seule la France et l'Allemagne (Belgique dans l'avenir) enregistrent les données de la dosimétrie opérationnelle.

Sur les 7 pays d'intérêt, 5 enregistrent les évaluations dosimétriques des personnels navigants dans un registre national des doses (schéma 1).
L'enregistrement dans le registre national des résultats du suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements d'origine naturelle (Radon, NORM) est variable selon les pays (UK, Allemagne, Finlande).
En complément du registre centralisé des doses, la Suisse a mis en place une base de données centralisée pour les résultats de la surveillance médicale des travailleurs exposés.

1.3.3 TRANSMISSION DES DONNÉES DE LA DOSIMÉTRIE EXTERNE AUX ACTEURS DE LA RADIOPROTECTION

Les services de dosimétrie communiquent les résultats dosimétriques des travailleurs aux différents acteurs de la radioprotection :

- **RPO/RPE** : Allemagne (INB), Suisse, UK, Belgique, Norvège ;
  En France, la PCR a un accès partiel via le système centralisé SISERI aux résultats des travailleurs de son entreprise.
- **Chef d'établissement/employeur** : Allemagne (hors INB), Suisse, UK, Belgique, Espagne et Suède
- **Travailleur** : Allemagne (si > 0,4 mSv/mois), Belgique, Norvège (hors INB), Espagne
- **Médecin du travail** : Belgique, France

Au Royaume-Uni, l'employeur a la responsabilité de communiquer les résultats dosimétriques au médecin et au travailleur.



1.3.4 TRANSMISSION DES DONNÉES DE LA DOSIMÉTRIE INTERNE AUX ACTEURS DE LA RADIOPROTECTION

Ces différents examens sont en général prescrits par l'employeur ou le RPE/RPO sauf en France où ils sont prescrits uniquement par le médecin du travail. En Belgique et en Slovénie, les médecins du travail sont également impliqués. Les résultats sont transmis au RPE/RPO (sauf en France, Belgique et Suède) et selon les pays également à l'employeur, au responsable sécurité, au travailleur et au médecin du travail.

En Allemagne, hors INB, les analyses radiotoxicologiques sont prescrites par l'autorité, les résultats sont transmis à l'employeur.

Les résultats sont enregistrés localement et au niveau national (Allemagne, Suède et Belgique) ou uniquement au niveau local (UK et Norvège).

1.3.5 DÉPASSEMENT DES DOSES D'ALERTE OU DES LIMITES DE DOSES

En Allemagne et en Suisse, en cas de dépassement des limites de dose, le laboratoire de dosimétrie en informe immédiatement l'employeur et l'autorité compétente. En France, cette information est transmise à l'employeur et le médecin du travail.
Dans ces pays, des niveaux d'investigation (exemple : 2 ou 6 mSv corps entier), à partir desquels les mêmes acteurs sont alertés, ont été fixés.

1.3.6 CAS PARTICULIER DES TRAVAILLEURS EXTÉRIEURS

En ce qui concerne les travailleurs extérieurs, presque tous les pays ont mis en place des systèmes correspondant, à des degrés divers, aux exigences minimales prévues dans la directive.
La plupart des pays utilisent des documents papier ou un passeport en complément d'une base de données centralisée pour la surveillance dosimétrique des travailleurs exposés (et donc implicitement les travailleurs extérieurs) ou uniquement pour les travailleurs extérieurs. En Finlande, le système de passeport ne s'applique qu'aux travailleurs qui interviennent à l'étranger.
Ce document suit le travailleur lors des changements d'employeur, soit à l'intérieur et à l'extérieur du pays (Espagne et Suisse), soit uniquement à l'intérieur ou bien à l'extérieur du pays (Finlande).

En France, le système de suivi individuel pour tous les travailleurs comprend l'utilisation combinée d'un système à base de papier (carte médicale) et une base de données nationale centralisée (SISERI).

La Belgique est en train d'élaborer un registre centralisé pour tous les travailleurs exposés, y compris les travailleurs extérieurs. Le registre centralisé servira pour le suivi des travailleurs extérieurs travaillant pour les opérateurs belges. Pour les travailleurs extérieurs qui interviennent à l'étranger, le système sera complété par un livret papier.



Ces documents sont délivrés soit par l'entreprise extérieure (employeur), soit par l'autorité compétente ou encore par les services de dosimétrie (UK). Selon les pays, la transcription des données dosimétriques sur le document de suivi radiologique est assurée, soit par les services de dosimétrie (Finlande, France), soit par l'employeur ou l'opérateur (Allemagne, Espagne, Suisse et Royaume Uni).

En Suisse tous les travailleurs possèdent un passeport de doses. En cas de départ d'une entreprise en cours d'année l'ancien employeur remplit un document temporaire qui est transmis au nouvel employeur.

1.4 MOYENS DOSIMÉTRIQUES MIS EN ŒUVRE ET DONNÉES ENREGISTRÉES DANS LA BASE DE DONNÉES

1.4.1 TECHNOLOGIES MISES EN ŒUVRE

Pour la **dosimétrie externe**, ces agréments couvrent les différents types de dosimètres de référence utilisés.
Ces dosimètres passifs corps entier pour les photons et les rayons X sont, dans la majorité des pays, de type TLD. La France utilise des technologies similaires de type OSL ou RPL. Seul l'Allemagne conserve un suivi dosimétrie basée les films photographiques (90% en 2008). La technologie DIS (Direct Ion Storage) est utilisé en complément du TLD en Suisse sur les sites disposant d'un service de dosimétrie.
La technologie CR39 est utilisée pour la mesure des neutrons.

En Finlande, dans le domaine médical et vétérinaire, les dosimètres sont portés sur les équipements de protections individuels (EPI). Un facteur de correction différent selon le type d'EPI (de 10 à 60) est appliqué pour le calcul de la dose du travailleur. La femme enceinte est équipée d'une double dosimétrie (sous et sur l'EPI). Dans les secteurs de la radiographie industrielle, des INB et le cas échéant la radiothérapie, un dosimètre opérationnel (photons/ou neutrons) est porté par le travailleur en complément de la dosimétrie passive.
En Belgique, pour la détermination de la dose corps entier, le travailleur doit disposer d'une double dosimétrie quand son exposition est susceptible de dépasser les 3/10 de la limite de dose.

1.4.2 DONNÉES ENREGISTRÉES

Les doses externes corps entier (photons et béta, y compris neutrons) sont enregistrées dans le registre centralisé des doses dans tous les pays, de même que les doses externes peau, extrémités et cristallin.
En ce qui concerne la dosimétrie interne et l'exposition aux sources naturelles de radioactivité, les pratiques des différents pays sont variables.

1.4.3 PÉRIODE DE PORT DU DOSIMÈTRE

La période de surveillance est la plupart du temps d'un mois pour les travailleurs de catégorie A ou B. Parfois d'autres périodes, comme une semaine, 2 mois (Norvège), un trimestre (France, travailleur catégorie B) et jusqu'à un an.



1.5 ACCÈS AUX DONNÉES DU SUIVI RADIOLOGIQUE CONTENUES DANS LES REGISTRES DES DOSES

Les pratiques varient d'un pays à l'autre.

SCHÉMA 4 - ACCÈS AUX DONNÉES DU SUIVI RADIOLOGIQUE SELON LES PAYS

Allemagne	Sur demande les travailleurs et les autorités compétentes ont un accès gratuit aux données du registre. L'accès est payant pour l'employeur, le RPE/RPO et le médecin du travail.
Suisse	Les données sont accessibles sur demande du travailleur et de l'employeur. Les autorités compétentes disposent d'un accès direct à la base de données.
UK	Un accès direct à la base est organisé pour l'autorité gestionnaire de la base, et les personnes autorisées telles le travailleur et le médecin du travail
Finlande	Les INB ont un accès direct aux doses de leurs travailleurs. L'employeur des travailleurs extérieurs à accès sur demande
Belgique	Un accès direct au registre sera mis en place pour les autorités compétentes, l'employeur et l'opérateur, le médecin du travail et le travailleur
France	Le médecin du travail et la PCR ont un accès direct à SISERI. Les autorités compétentes ont accès aux données dosimétriques sur demande
Espagne	L'accès en ligne est réservé aux services de dosimétrie et au travailleur

Les données du registre sont gardées pendant *a minima* 30 ans à compter de la date de cessation d'emploi dans tous les pays.

En ce qui concerne les **travailleurs extérieurs**, la directive prévoit que le système de protection mis en place doit, en particulier, permettre à l'opérateur d'avoir accès aux données dosimétriques du travailleur d'une entreprise extérieures avant qu'il ne rentre dans une zone contrôlée sous sa responsabilité.
En France, il est difficile de mettre en œuvre cet aspect de la directive en raison de considérations de confidentialité médicale et de prévention de la discrimination.



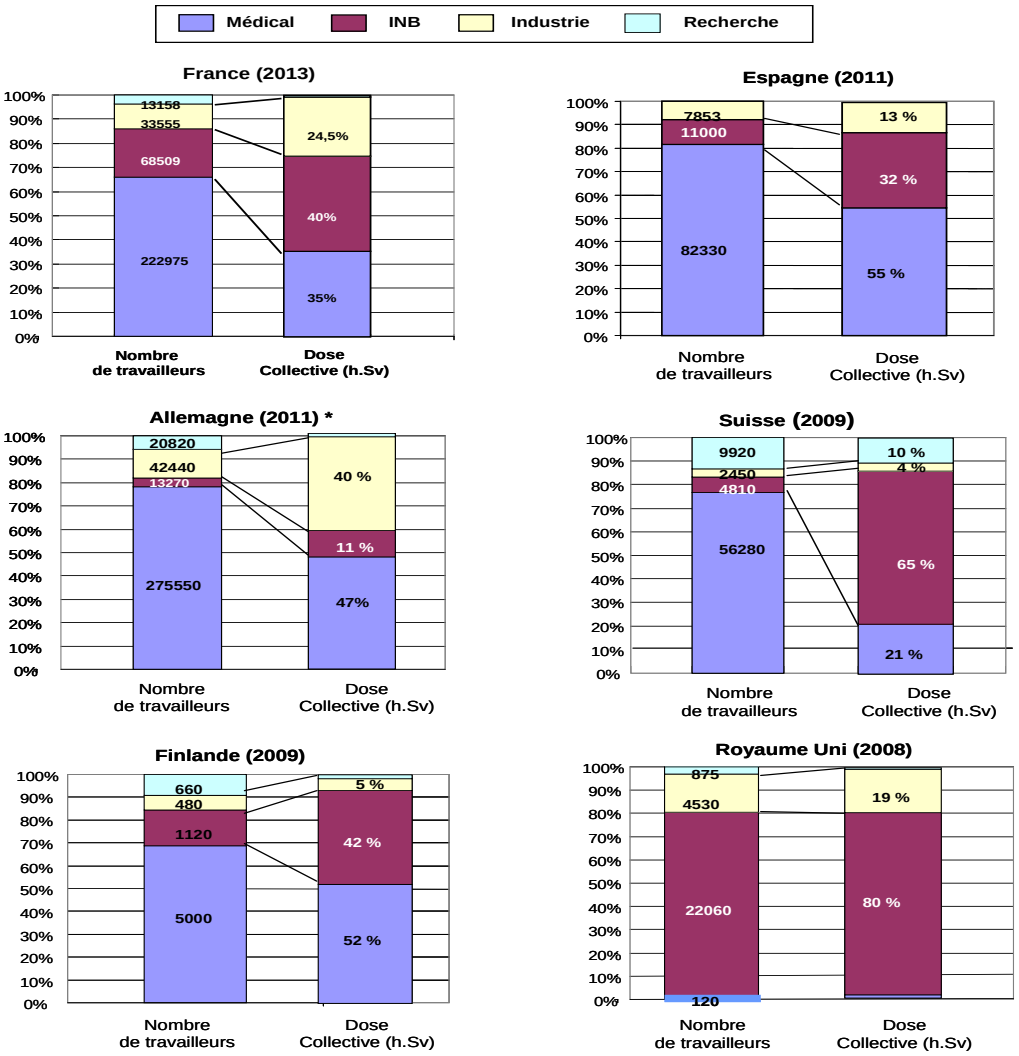
2 RÉSULTATS DU SUIVI DOSIMÉTRIQUE DANS 5 PAYS EUROPÉENS

2.1 EXPOSITION PROFESSIONNELLE DANS LES DIFFÉRENTS DOMAINES D'ACTIVITÉ

2.1.1 DOSIMÉTRIE EXTERNE CORPS ENTIER

SCHÉMA 5 - EXPOSITION PROFESSIONNELLE DANS LES DIFFÉRENTS DOMAINES D'ACTIVITÉ

Pourcentage de travailleurs possédant un suivi dosimétrique dans les secteurs industrie, médical, INB et recherche et la dose collective associée.



* Hors personnels navigants qui représentent 10 % des personnes suivies et contribuent à hauteur de 73 % de la dose collective



Le secteur médical représente à lui seul 63% (France) à 82% (Espagne) des travailleurs disposant d'un suivi radiologique dans tous les pays étudiés[37]. La dose collective associée à ce secteur d'activité représente de 33% (France) à 55% (Espagne) de la dose collective totale de chaque pays et est corrélée au nombre de travailleurs suivis. En Suisse, le secteur médical représente près de 80 % des travailleurs suivis. En revanche, la contribution de ce secteur à la dose collective ne représente que 21%.

Le secteur de l'industrie nucléaire représente entre 4% (Allemagne) et 20% (France) des travailleurs ayant un suivi dosimétrique. La contribution du secteur nucléaire à la dose collective varie entre 12 et 65% et est proportionnelle (facteur 2 à 3) au pourcentage de travailleurs suivis. La Suisse reste une exception avec 7% de travailleurs suivis dans ce secteur qui contribuent à hauteur de 65% à la dose collective (facteur 10).
Au Royaume Uni, 80% des travailleurs suivis appartiennent au secteur nucléaire et contribuent à hauteur de 80 % de la dose collective nationale.
En ce qui concerne l'exposition des travailleurs extérieurs dans les centrales nucléaires, le bilan dosimétrique espagnol apporte des précisions :

- les travailleurs extérieurs représentent 80% des travailleurs du secteur et contribuent à hauteur de 90 % de la dose collective ;
- 17 % des travailleurs extérieurs reçoivent des doses comprises entre 1 et 6 mSv et 3% des doses supérieures à 6 mSv. Le pourcentage des travailleurs CDI des INB dans ces deux catégories est respectivement de 8 et 1%.

2.1.2 DOSIMÉTRIE EXTRÉMITÉS

L'Allemagne (2012), le Royaume Uni (2008) et la France (2013) ont publié les résultats du suivi extrémités / cristallin. Le pourcentage de travailleurs exposés disposant d'un suivi extrémité (main dans le cas présent) représente 4,3% des travailleurs en Allemagne, 7% en France et 8,7% au royaume Uni.

SCHÉMA 6 - SUIVI DOSIMÉTRIQUE EXTRÉMITÉS / CRISTALLIN EN ALLEMAGNE, AU ROYAUME UNI ET EN FRANCE

Suivi dosimétrique	Pays	Nombre de travailleurs suivis	Nombre de travailleurs > 0 mSv/an	Dose moyenne Travailleurs > 0 mSv/an (mSv/an)
Extrémités (Mains)	Allemagne	22 000	6 090	19,2
	RoyaumeUni	2 770	1 980	6,6
	France	25 790		4,9 *
Cristallin	Allemagne	161	50	8,9
	RoyaumeUni	1 120	800	3,1

* moyenne de l'exposition pour tous les travailleurs suivis

[37] A l'exception du Royaume Uni où seuls 120 travailleurs du secteur médical sont catégorie A et en conséquence enregistrés dans les bases de données.



En France, le domaine des activités médicales et vétérinaires contribue majoritairement aux expositions des extrémités (52% des travailleurs suivis et 61% de la dose totale). La proportion de dosimètres bague dans ce domaine est de 75 %. La dose maximale enregistrée pour un travailleur du domaine médical a été de 437 mSv, il n'y a donc pas eu de dépassement de la limite réglementaire de dose équivalente (500 mSv).

Au Royaume-Uni, la quasi-totalité des travailleurs possédant un suivi extrémité appartiennent aux domaines de l'industrie et du nucléaire.

En Allemagne, le nombre de travailleurs ayant un suivi extrémité ainsi que la dose collective augmente depuis 2008. Cette augmentation peut être expliquée à la fois par le développement de la médecine interventionnelle et l'augmentation du port effectif des dosimètres. En 2012, 6 cas de dépassement de la limite réglementaire ont été observés.

2.1.3 DOSIMÉTRIE DU PERSONNEL NAVIGANT

Les doses reçues par le personnel navigant dans les différents pays sont comparables.

SCHÉMA 7 - SUIVI DOSIMÉTRIQUE DU PERSONNEL NAVIGANT (DONNÉES DE 2009)

Données issues de l'enquête AEN sur la radioprotection du personnel navigant (décembre 2010 - janvier 2012)

Pays	Nombre de travailleurs	Dose moyenne (mSv/an)	Dose maximale enregistrée (mSv/an)
Belgique	2 900	1,3	4,8
Finlande	3 650	2,4	5,6
France	19 800	2,2	5,5
Allemagne	36 600	2,3	7
Royaume Uni	40 000	2	4,5

Il est à noter qu'en Allemagne 80% de la dose collective est reçue par les personnels navigants qui représentent 10% des travailleurs ayant un suivi dosimétrique.

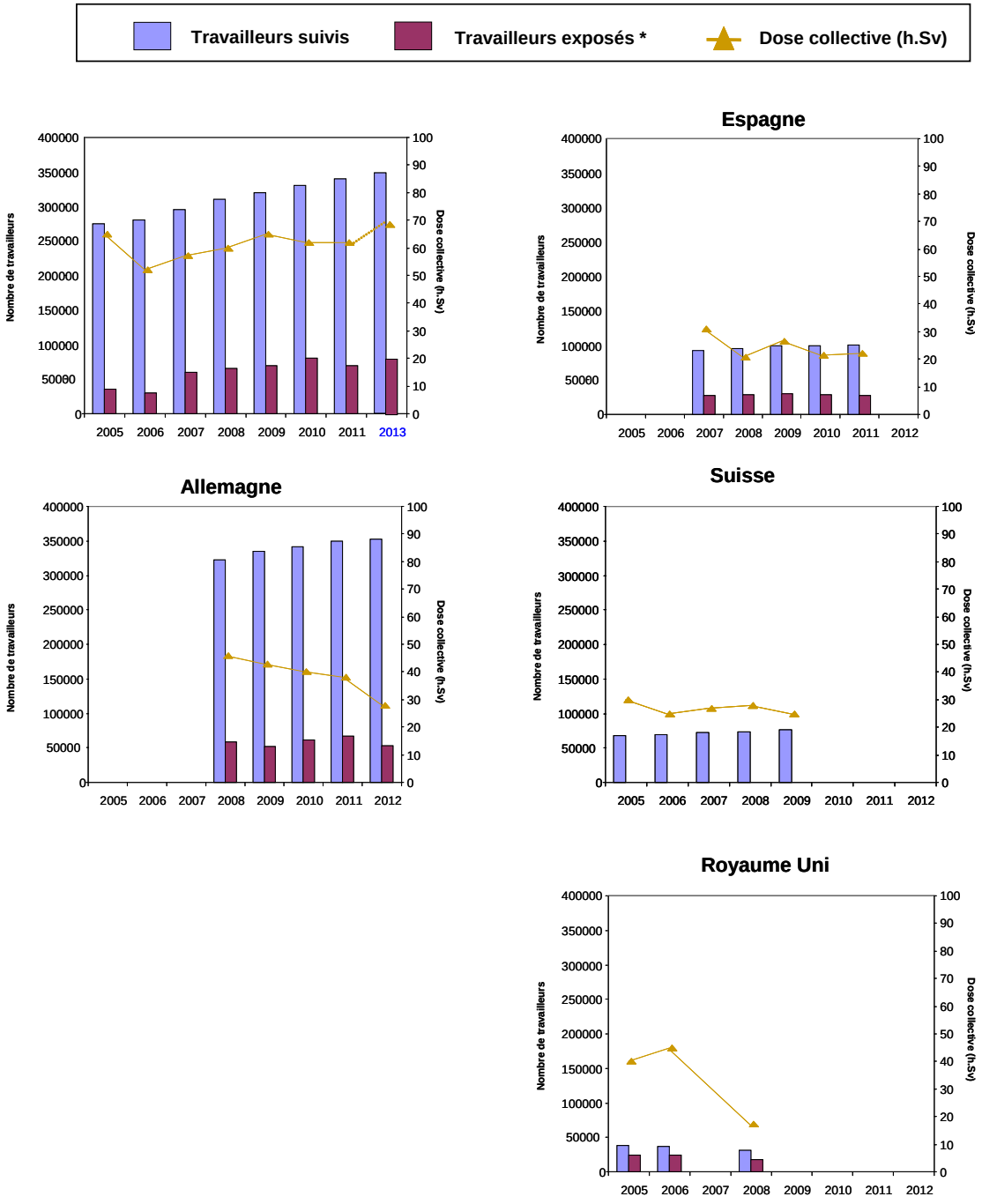
En France, en 2013, 22800 personnels navigants (16 compagnies aériennes) ont bénéficié d'un suivi de leur exposition aux RI. 85% des doses enregistrés sont supérieures ou égales à 1mSv avec une dose moyenne de 1,9 mSv.



2.2 ÉVOLUTION DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS TOUS DOMAINES CONFONDUS ENTRE 2005 ET 2012

SCHÉMA 8 - ÉVOLUTION DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS

Le schéma présente l'évolution du nombre de travailleurs disposant d'un suivi dosimétrique, du nombre de travailleurs exposés* et de la dose collective.



*** Travailleur exposé : travailleur dont la dose reçue est supérieure au seuil enregistrement**



2.2.1 NOMBRE DE TRAVAILLEURS DISPOSANT D'UN SUIVI DOSIMÉTRIQUE

Dans 4 des pays étudiés (France, Allemagne, Suisse et Espagne), le nombre de travailleur sdisposant d'un suivi radiologique a augmenté au cours de ces dernières années. Ce phénomène est la conséquence d'une augmentation du nombre de personnes suivies dans le domaine médical (exemple : +35 % entre 2005 et 2011 pour la France). En France, l'IRSN analyse cette augmentation du nombre de travailleurs suivis dans le milieu médical à une mise en place d'un suivi dosimétrique des travailleurs du domaine vétérinaire.

Dans la période 2005-2012, la dose collective reste stable en France, Espagne et Suisse, par contre elle décroit nettement en Allemagne et au Royaume Uni.

Au Royaume Uni, où les résultats enregistrés ne concernent que les travailleurs de catégorie A, on peut observer une décroissance du nombre de travailleurs suivis. La proportion de travailleurs ayant des doses supérieures à zéro représentait 60 % de l'effectif suivi en 2008.

2.2.2 DOSE COLLECTIVE

En France comme en Espagne et en Suisse, la dose collective est globalement stable sur la période étudiée. En revanche en Allemagne, la dose collective a diminué de 40 % entre 2008 et 2012. Cette diminution est observée dans sous les secteurs (médical ou non) mais est très significative pour les activités non médicales. Au Royaume Uni, une diminution analogue est observée entre 2005 et 2008.

2.3 ÉVOLUTION DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS PAR DOMAINE D'ACTIVITÉ ENTRE 2005 ET 2012

DOSE MOYENNE DES TRAVAILLEURS EXPOSÉS [38]

En France, l'exposition moyenne des travailleurs exposés de tous les secteurs a fortement diminué entre 2005 et 2007 et s'est stabilisé dans les années suivantes dans les secteurs d'activités médicales et INB.

Dans le secteur médical, toutes activités confondues, le nombre de travailleurs exposés a augmenté de 2005 à 2010, puis diminué en 2011, ce qui est cohérent avec l'évolution observée de la dose collective sur la même période.
La dose moyenne (Dmoy) reçue par les travailleurs est stable depuis 2007 et est de l'ordre de 0,5 mSv/an.
En Espagne et en Allemagne, le nombre de travailleurs exposés est constant depuis 2007 et des doses moyennes similaires à celles de la France sont observées.
Une analyse plus précise en fonction des activités du secteur médical montre que pour l'année 2011, les travailleurs les plus exposés en France appartenaient aux domaines de la radiothérapie (Dmoy = 1 mSv) et de la médecine nucléaire (Dmoy = 0,83 mSv).

[38] Travailleur exposé : travailleur dont la dose reçue est supérieure au seuil d'enregistrement



En Espagne et en Allemagne, l'activité la plus exposante est la médecine nucléaire (Dmoy = 1,83 mSv/an pour l'Espagne et 0,75 mSv/an pour l'Allemagne) loin devant le radiodiagnostic, le dentaire et la radiothérapie (Dmoy respectivement inférieure à 0,5 mSv et 0,3 mSv/an).

Dans le secteur INB, le nombre de travailleurs exposés et la dose moyenne reçue sont stables depuis 2007 (dose moyenne de l'ordre de 1,2 mSv/an).
En Allemagne (données non présentées), le nombre de travailleurs exposés a diminué de 15% entre 2010 et 2012 alors que la dose collective diminuait de 50%. La dose moyenne est passée de 1,40 à 1 mSv/an.
En Espagne la dose moyenne reçue par les travailleurs exposés était de 1,63 mSv/an en 2011.

Dans le domaine industriel, le nombre de travailleurs exposés diminue en France depuis 2007 alors que la dose moyenne augmente atteignant, en 2011, 1,6 mSv/an.
En Espagne, une évolution similaire est observée depuis 2007 avec une dose moyenne de 1,3 mSv/an en 2011.
La dose moyenne la plus élevée est associée aux activités de contrôles radiographiques (France ; Espagne ; Allemagne ; Royaume Uni : 1,55 ; 1,9 ; 1,65 ; 0,7 mSv/an).

2.4 DÉPASSEMENT DE LA VALEUR LIMITE D'EXPOSITION

En France, le nombre de personnes ayant dépassé les limites annuelles de dose corps entier (20 mSv) a décru depuis 2005 passant de 40 à 8 en 2011. Ce même phénomène est observé dans tous les pays (fig 5).

En France, le plus important nombre de dépassement est observé dans le domaine médical/vétérinaire (figure 5). Entre 2005 et 2011, le nombre de cas a diminué passant de 30 en 2005 à 5 en 2011 (soit 0,019% à 0,002% de la population surveillée de ce domaine).
L'industrie non nucléaire est le deuxième secteur important en termes de nombre dépassement de dose avec un maximum de 12 cas atteints en 2007 et seulement 2 cas en 2011 (soit 0,018% à 0,006% de la population surveillée de ce domaine).

En Allemagne, contrairement à la France, les dépassements de la limite d'exposition sont observés principalement dans les secteurs non médicaux (INB et industrie). En 2008, ils représentaient 0,007 % de la population surveillée de ces domaines et 0,001% en 2012. Seules deux personnes ont une dose annuelle de plus de 20 mSv.
Le nombre de personnes ayant des valeurs de dose de 6 mSv à 20 mSv a diminué de façon significative entre 2008 et 2012. Le nombre de personnes en 2012 était de 381 personnes soit une réduction des 2/3 par rapport à 2008. Cette diminution spectaculaire est observée dans tous les secteurs d'activité.
Dans l'intervalle de dose de 1 mSv à 6 mSv, le nombre de personnes a chuté d'environ 36% entre 2008 et 2012.



Un phénomène similaire est observé dans la tranche des 1 à 6 mSv (diminution 1/3).
Les doses annuelles les plus élevées sont observées dans les établissements non-médicaux. Dans ceux-ci environ 25 fois plus de cas sont enregistrés avec des doses annuelles comprises entre 6-20 mSv (0,5 % des travailleurs de ces secteurs) par rapport aux établissements médicaux (0,02% des travailleurs du domaine). La même observation est faite dans la tranche des 1-6 mSv (facteur 5).

En Espagne, 14 cas de dépassement de limite de dose ont été comptabilisés en 2011. Six provenaient du domaine médical (soit 0,007% de la population surveillée de ce domaine) et 7 du domaine industriel (soit 0,09% de la population surveillée de ce domaine). Dans le secteur médical, le nombre de dépassement le plus élevé est observé de 2007 à 2010 dans le secteur du radiodiagnostic (de 40 à 85% des cas selon les années ; 0% en 2011). En 2011, 3 dépassements sont attribuables aux activités de médecine nucléaire.



RÉFÉRENCES

DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

GLOSSAIRE



DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

1992. AFNOR. NF M62-102
Radioprotection - Installations de radiologie gamma industrielle pour essais non destructifs
http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-m62-102/radioprotection-installations-de-radiologie-gamma-industrielle-pour-essais-non-destructifs/article/743327/fa019073

1997 Individual Monitoring for Internal Exposure of Workers Publication 78 - http://www.icrp.org/

1998. AFNOR. NF M62-105
Énergie nucléaire - Accélérateurs industriels : installations
http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-m62-105/energie-nucleaire-accelerateurs-industriels-installations/article/632387/fa047417

2006. Arrêté du 15 mai 2006 et circulaire du 18 janvier 2008. - http://www.legifrance.gouv.fr

2006. Guide Radionucléides et Radioprotection Guide pratique – D. Delacroix et coll. – EDP Sciences – http://laboutique.edpsciences.fr

2007. GINJAUME M. ET AL. Overview of active personal dosimeters for individual monitoring in the European Union. Radiation Protection Dosimetry Vol. 125, No. 1–4, pp. 261–266.

2008. UNSCEAR rapport - http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_B.pdf

2008. Circulaire DGT/ASN du 18/01/2008 relative à l'arrêté du 15 mai 2006 relatif aux conditions de délimitation et de signalisation des zones surveillées et contrôlées et des zones spécialement réglementées ou interdites compte tenu de l'exposition aux rayonnements ionisants, ainsi qu'aux règles d'hygiène, de sécurité et d'entretien qui y sont apposées. - http://www.asn.fr

2008. Évaluation de la contamination atmosphérique des services de médecine nucléaire : Master 2 RP – IRSN-INSTN- Johnny Dumeau –
http://www.irsn.fr/FR/professionnels_sante/documentation/Documents/evaluation_contamination_atmospherique_services_medecine_nucleaire.pdf
http://www.iaea.org/inis/collection/NCLCollectionStore/_Public/42/091/42091369.pdf

2009. EC RP 160.- http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radiation_protection/doc/publication/160.pdf

2009. Bilan de la rénovation d'un service de médecine nucléaire – Études de poste et de zonage après un an de fonctionnement : Master 2 RP – IRSN-INSTN- Amélie Valois – Accessible sur demande à l'IRSN

2009. Pulsed X rays for interventional radiology: test on active personal dosemeters (APD), European project FP7 ORAMED WP3, Rapport CEA-R-6233 http://www.nucleide.org/Publications/2009.htm

2009. Conversion coefficients from air kerma to personal dose equivalent $H_p(3)$ for eye-lens dosimetry, Rapport CEA-R-6235. - http://www.nucleide.org/Publications/2009.htm

2010. HERCA WG1 "Outside workers and dose passbook" report (2010)

2010. ESOREX. Book of country reports.
http://www.docstoc.com/docs/62544886/Book_of_Country_Reports

2011. AFNOR. NF C15-160 Mars 2011
Installations pour la production et l'utilisation de rayonnements X - Exigences de radioprotection
http://www.boutique.afnor.org/norme/nf-c15-160/installations-pour-la-production-et-l-utilisation-de-rayonnements-x-exigences-de-radioprotection/article/651302/fa163644



2011. Surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en installations nucléaires de base – Recommandations pour la pratique clinique – Cette recommandation de bonne pratique a reçu le label de la Haute Autorité de Santé (HAS). Accessible sur le site www.chu-rouen.fr/sfmt/pages/recommandations.php

2011. La dosimetria de les trabajadores expuestos en España - www.ionizantes.ciemat.es

2011. Code de Sécurité Sociale D 461-25 et arrêtés d'application - http://www.legifrance.gouv.fr

2012. Différents rapports EURADOS dont ORAMED. Optimization of radiation protection of medical staff. http://www.eurados.org/en/Documents_Publications

2012. Die berufliche strahlenexposition in Deutschland – BfS https://doris.bfs.de/jspui/handle/urn:nbn:de:0221-2014032711370

2012 Results of the EAN request on radiation protection of aircraft crew http://www.eu-alara.net/index.php/surveys-mainmenu-53/36-ean-surveys.html

2012. Rapport GPRADE ASN. Les évolutions souhaitables pour la délimitation et l'accès aux zones réglementées. http://www.asn.fr/L-ASN/Appuis-techniques-de-l-ASN/Les-groupes-permanents-d-experts/Groupe-permanent-d-experts-en-radioprotection-industries-recherche-et-en-environnement-GPRADE

2012.. ORAMED: Optimization of Radiation Protection of Medical Staff EURADOS Report 2012-02 ISSN 2226-8057 ISBN 978-3-943701-01-2. Braunschweig

2013. Arrêté du 17 juillet 2013 relatif à la carte de suivi médical et au suivi dosimétrique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. - http://www.legifrance.gouv.fr

2013. EURATOM Directive 2013/59 http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:32013L0059

2013. Occupational external exposure to ionising radiation in France – J Feuardent and al – radiation protection dosimetry (2013), vol. 157, n°4, pp 610-618

2013. NF ISO 15690. Recommandations relatives aux traitements des écarts entre systèmes dosimétriques individuels utilisés en parallèle. http://www.iso.org/iso/fr/home/store/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=55521

2013. Rapport IRSN sur l'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France. http://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse

2013. IRSN. Bilan de la surveillance radiologique de l'environnement. http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/Documents/environnement/BR-2012/index.htm

2013. IRPA Final Report Definitive eye dose - http://www.irpa.net/page.asp?id=54571

2013. IRSN. Occupational external exposure to ionising radiation in France 2005 – 2011 Radiation Protection Dosimetry Vol. 157, No. 4, pp. 610–618

2013. Enquête INRS – CEPN lancée auprès du réseau ERPAN/EAN

2013. J.M. Bordy, Proposal for a criterion to choose between a direct or indirect evaluation of eye lens doses. Physica Medica 30 (2014) e139, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2014.10.060 http://www.physicamedica.com/article/S1120-1797(14)00602-4/pdf



2014. Évaluation de nouvelles approches méthodologiques pour le suivi des expositions internes des travailleurs en milieu médical : master 2 RP – IRSN INSTN – Soumaya Barakat – Année 2014. Accessible sur demande à l'IRSN

2014. AIEA Tecdoc 1731.
http://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/10628/Implications-for-Occupational-Radiation-Protection-of-the-New-Dose-Limit-for-the-Lens-of-the-Eye

2014. AIEA Draft Safety Guide DS 453 (Occupational Radiation Protection)
http://www-ns.iaea.org/tech-areas/communication-networks/orpnet/news/safety_guide.asp

2014. ASN Contenu des plans de gestion des incidents et accidents de transport de substances radioactives. Guide n° 17
http://professionnels.asn.fr/Les-Guides-de-l-ASN/Guide-de-l-ASN-n-17-relatif-au-contenu-des-plans-de-gestion-des-incidents-et-accidents-de-transport-de-substances-radioactives

2014. AIEA Basic Safety Standards series N° R G 1-3
http://www-ns.iaea.org/standards/

2014. IRSN Bilan travailleurs 2013
http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/radioprotection-homme/Pages/Rapport-IRSN-PRP-HOM-2014-007_Bilan-annuel-travailleurs-2013.aspx#.VUiOQJBOJLM

2014. IRSN. Outil de calcul de dose de rayonnement reçue lors d'un vol
https://www.sievert-system.org/

2015. IRSN Recommandations dans la perspective de l'abaissement de la limite d'exposition du cristallin
http://www.irsn.fr/FR/expertise/rapports_expertise/radioprotection-homme/Pages/Rapport-IRSN-PRP-HOM-2013-001_Cristallin-Travailleurs.aspx#.VUiSTZBOJLM

ISO. Normes internationales concernant la dosimétrie externe : ISO 12794 – 21909 – 29661- série 4037 - série 6980 - série 8529 - série 12789
http://www.iso.org/iso/fr/home/standards.htm

ISO. Normes internationales concernant la dosimétrie interne : ISO 16637 - 20553 –27048
http://www.iso.org/iso/fr/home/standards.htm

CEI. Normes internationales concernant la dosimétrie : CEI 60846/1 – 62387 – 61005 – 61526 – 62387
http://www.boutique.afnor.org/normes?utm_source=portail&utm_medium=referral&utm_campaign=editions-barregalactique

2015 Sondage relatif au retour d'expérience des acteurs du terrain du secteur « médecine nucléaire »
Questionnaire élaboré par les participants de l'atelier
Fichier d'exploitation des données chiffrées : P. Mathieu
Fichier relatif aux radionucléides mis en œuvre par les services de médecine nucléaire ayant répondu au sondage : C. Guérin



GLOSSAIRE

Glossaire non exhaustif des termes utilisés dans le cadre des travaux du groupe de travail sur la surveillance radiologique des expositions des travailleurs

Charte graphique utilisée : Mot Définition [source]

Activité	Nombre de désintégrations nucléaires spontanées par unité de temps L'activité est exprimée en becquerels (Bq), soit en nombre de désintégrations par seconde
ALARA	As Low As Reasonbly Achievable=aussi bas que raisonnablement possible. [CIPR]
Anthroporadiométrie	Voir examens *in vivo*
Apprenti	Personne recevant une formation ou un enseignement dans une entreprise en vue d'exercer des compétences spécifiques. [Directive 2013/59/EURATOM]
Approche graduelle	Approche par seuils : les différentes exigences réglementaires sont graduées en fonction de la gravité du risque. Pour cela, on compare le niveau d'exposition estimé à des seuils progressifs. Le seuil le plus élevé est la valeur limite d'exposition (VLE), qu'il ne faut dépasser en aucun cas. Il existe également des valeurs déclenchant action (VDA) à partir desquelles certaines exigences de prévention sont prévues. La réglementation prévoit les situations suivantes : - exigences à mettre en œuvre en toutes circonstances (quel que soit le niveau, même en dessous de tous les seuils) - exigences lorsque qu'un risque est pressenti (à partir des VDA ou par défaut, à l'approche de la VLE) - exigences en cas de risque avéré (au-delà de la VLE). [Document INRS sur la réglementation des risques physiques. Notion existant dans le Code du Travail comme dans la Directive Européenne 2013/35]
Analyse *in vitro* Mesurages indirects	Analyses, y compris le mesurage de la radioactivité, effectuées sur des échantillons biologiques issus d'une personne Les échantillons biologiques correspondent à des échantillons urinaires, fécaux et de mucus nasal. Dans le cadre de programmes de surveillance spéciale, d'autres échantillons peuvent être prélevés, comme le sang et les cheveux
Becquerel (Bq):	nom de l'unité d'activité. un becquerel équivaut à une transition nucléaire par seconde. [Directive 2013/59/EURATOM]
Bruit de fond radiologique BDF	Radioactivité ambiante provenant principalement des rayonnements cosmiques et telluriques qui est variable d'un lieu à l'autre, selon la nature des sols, de l'altitude …
Cancérogène	Substance et mélange qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut provoquer un cancer ou en augmenter la fréquence [R4411-6 du code du travail]
Catégorie A	Travailleurs exposés susceptibles de recevoir une dose efficace supérieure à 6 mSv par an ou une dose équivalente supérieure à 15 mSv par an pour le cristallin ou à 150 mSv par an pour la peau et les extrémités. [Directive 2013/59/EURATOM]
Catégorie B	Travailleurs exposés qui ne relèvent pas de la catégorie A. [Directive 2013/59/EURATOM]



CMR	Substances cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques. [Article R4411-6 du code du travail]
Certificat d'Aptitude Médicale ou Fiche Médicale d'Aptitude	Un travailleur ne peut être affecté à des travaux l'exposant à des rayonnements ionisants qu'après avoir fait l'objet d'un examen médical par le médecin du travail et sous réserve que la fiche médicale d'aptitude établie par ce dernier atteste qu'il ne présente pas de contre-indication médicale à ces travaux. Cette fiche indique la date de l'étude du poste de travail et la date de la dernière mise à jour de la fiche d'entreprise. [Article R. 4451-82 du code du travail]
CHSCT Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail	Le comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail a pour mission de contribuer à la protection de la santé physique et mentale et de la sécurité des salariés de l'établissement et de ceux mis à sa disposition par une entreprise extérieure, y compris les travailleurs temporaires, ainsi qu'à l'amélioration des conditions de travail, notamment en vue de faciliter l'accès des femmes à tous les emplois et de répondre aux problèmes liés à la maternité. Il a également pour mission de veiller à l'observation des prescriptions législatives et réglementaires prises en ces matières. Le comité procède à l'analyse des risques professionnels auxquels peuvent être exposés les salariés de l'établissement ainsi qu'à l'analyse des conditions de travail. Il procède également à l'analyse des risques professionnels auxquels peuvent être exposés des femmes enceintes. [Article L. 236-2 du code du travail]
CIPR Commission Internationale de Protection Radiologique	La CIPR (en anglais ICRP, international commission on radiological protection) est une organisation internationale indépendante, organisation, d'environ 200 contributeurs bénévoles. Créée en 1928, la CIPR a développé le Système International de Radioprotection, qui sert souvent de base pour les législations, les guides et programmes.
CNIL Commission Nationale Informatique et Libertés	La CNIL est une autorité administrative indépendante. Elle exerce les missions suivantes : elle informe toutes les personnes concernées et tous les responsables de traitements de leurs droits et obligations ; elle veille à ce que les traitements de données à caractère personnel soient mis en œuvre conformément aux dispositions de la loi.[..] [Loi N° 78-17 du 6 janvier 1978]
Contamination	Présence non intentionnelle ou non souhaitée de substances radioactives sur les surfaces ou à l'intérieur des solides, liquides ou gaz ou sur le corps humain. [Directive 2013/59/EURATOM]
Confidentialité	Toute personne prise en charge par un professionnel, un établissement, un réseau de santé ou tout autre organisme participant à la prévention et aux soins a droit au respect de sa vie privée et du secret des informations la concernant. [.Art. L. 1110-4 du Code de la Santé Publique]
Contrainte de dose	Restriction définie comme plafond prospectif de doses à l'individu, utilisée pour définir l'éventail d'options envisagées dans le processus d'optimisation pour une source de rayonnement donnée en situation d'exposition planifiée. [Directive 2013/59/EURATOM]
Contrat à durée indéterminée de chantier CDIC	Le contrat dit « de chantier » représente l'obligation faite à l'employeur de recruter les salariés nécessaires à la réalisation d'un travail commandé par le client, dans les conditions suivantes : - l'employeur est dans l'impossibilité de recourir aux compétences internes pour réaliser le travail commandé par le client, - le travail commandé engendre un accroissement d'activité rendant irréalisable, sans recours à ces salariés, le travail en question dans les conditions fixées au marché. Le contrat de travail dit « de chantier » est nécessairement un contrat de travail à durée



	indéterminée ayant pour objet l'accompagnement d'un chantier déterminé. Afin d'assurer une complète information du salarié, le contrat de travail doit comporter, d'une part, la mention « contrat de travail à durée indéterminée de chantier » et d'autre part, la mention du chantier en question et motiver son recours. [Convention Collective du Bâtiment]
Culture de prévention	« La prévention peut être définie comme « l'ensemble des moyens médicaux et médico-sociaux mis en œuvre pour empêcher l'apparition, l'aggravation ou l'extension des maladies ou leurs conséquences à long terme » (Larousse). Cependant l'état d'esprit qui conditionne les actions de prévention n'apparaît pas dans cette définition. Si on fait toujours appel au Larousse, la culture est « l'ensemble des usages, des coutumes…. qui définissent un groupe, une société qui partagent les mêmes convictions, les mêmes manières de voir et de faire qui orientent plus ou moins consciemment le comportement d'un individu….. ». Cette définition de la culture peut s'appliquer aisément à la prévention en santé. Il faut développer dès le plus jeune âge la conviction qu'un comportement maîtrisé peut permettre d'éviter l'apparition des maladies ou leur aggravation. [Claude Dreux, rapport du Groupe de travail « Culture de prévention en santé » auprès de l'Académie de Médecine]
Danger	Ce qui constitue une menace pour la santé, la sécurité, les intérêts, l'existence de quelqu'un. [Dictionnaire de l'Académie Française]
Débit de dose	Dose (absorbée, équivalente ou efficace) par unité de temps.
Détriment individuel	Effets nocifs cliniquement observables sur les individus ou leurs descendants et dont l'apparition est soit immédiate, soit tardive, auquel cas l'apparition est plus probable que certaine. [Directive 2013/59/EURATOM] Détriment sanitaire : une réduction de l'espérance et de la qualité de vie d'une population résultant d'une exposition, y compris les réductions dues aux réactions tissulaires, au cancer et aux perturbations génétiques graves. [Directive 2013/59/EURATOM]
Document unique d'évaluation des risques DUER	L'employeur consigne, dans le document unique, les résultats de l'évaluation des risques retenus pour délimiter les zones surveillée ou contrôlée. [art. R. 4451-22 du Code du Travail]
Donnée dosimétrique	**Résultat brut de mesure ou d'évaluation numérique de l'exposition aux rayonnements ionisants. [Notion précisée au sein du présent groupe de travail]**
… externe	*Résultat brut de dosimétrie passive ou opérationnelle ou d'évaluation numérique.*
… interne	*Résultat brut de résultats d'analyses d'anthroporadiométrie ou d'examens de radiotoxicologie ou d'évaluation numérique.*
Dose	**[Directive 2013/59/EURATOM]**
Dose absorbée	*Dose moyenne reçue par un tissu ou un organe. L'unité de dose absorbée est le gray (Gy).*
Dose équivalente	*Dose absorbée par le tissu ou l'organe, pondérée suivant le type et la qualité du rayonnement.*
Dose équivalente engagée	*Intégrale sur le temps du débit de dose équivalente (au tissu ou à l'organe) qui sera reçu par un individu à la suite d'une incorporation. Le temps d'intégration est ne période de 50 ans pour les adultes et le nombre d'années restant jusqu'à l'âge de 70 ans pour les nourrissons et les enfants. L'unité de dose équivalente engagée est le sievert (Sv).*



Dose efficace	*Somme des doses équivalentes pondérées dans les différents tissus et organes du corps par suite d'une exposition interne et externe. L'unité de dose efficace est le sievert (Sv).*
Dose efficace engagée	*Somme des doses équivalentes engagées dans les divers tissus ou organes par suite d'une incorporation, multipliées chacune par le facteur de pondération pour les tissus approprié.*
Dosimétrie	**Mesure ou évaluation de la dose reçue lors de l'exposition aux rayonnements ionisants [Dictionnaire de l'Académie Française]**
Dosimétrie interne	*La dosimétrie interne consiste en l'évaluation de la dose efficace engagée ou de la dose équivalente engagée suite à l'incorporation de radionucléides à partir de la mesure directe (examen anthroporadiométrique) ou indirecte (analyses radiotoxicologiques) de la contamination interne de l'organisme. [Arrêté du 17/07/2013, annexe II]*
Dosimétrie opérationnelle	*La surveillance individuelle de l'exposition par dosimétrie opérationnelle consiste en une mesure en temps réel de l'exposition externe (irradiation) à partir de dosimètres électroniques. [Arrêté du 17/07/2013, Annexe III]*
Dosimétrie passive	Dosimétrie passive : *La surveillance par dosimétrie passive consiste en une mesure en temps différé de l'exposition externe (irradiation) à partir de dosimètres individuels passifs. Elle a pour objet de s'assurer que l'exposition individuelle du travailleur aux rayonnements ionisants est maintenue en deçà des limites prescrites aux articles R. 4451-12 et suivants au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre. Elle est adaptée aux caractéristiques des rayonnements ionisants auxquels sont susceptibles d'être exposés les travailleurs, notamment à leur énergie et leur intensité, ainsi qu'aux conditions d'exposition (corps entier, peau, cristallin ou extrémités). Les dosimètres passifs sont fournis et exploités par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire ou un organisme de dosimétrie titulaire d'un certificat d'accréditation et agréé par l'Autorité de sûreté nucléaire. [Arrêté du 17/07/2013, annexe I]*
Dosimétrie de référence	*Le suivi dosimétrique de référence est assuré :* *a) Lorsque l'exposition est externe, par une méthode de dosimétrie passive ;* *b) Lorsque l'exposition est interne, par des mesures d'anthroporadiamétrie ou des analyses de radiotoxicologie;* *c) Lorsque l'exposition est liée au radon d'origine géologique ou résulte de l'emploi ou du stockage de matières contenant des radionucléides naturels, par une méthode de dosimétrie ;* *d) Lorsque l'exposition est liée aux rayonnements cosmiques à bords d'aéronefs en vol, par une méthode d'évaluation numérique de la dose définie. Lorsque cette méthode ne peut être mise en œuvre pour des raisons techniques, le suivi dosimétrique des travailleurs est réalisé par une méthode de dosimétrie passive.* *Le suivi dosimétrique, individuel et nominatif, est adapté à la nature et aux conditions de l'exposition [art R. 4451-62 du Code du Travail et Arrêté du 17/07/2013, article 10]*
Drapeau	Comptage de prélèvement nasal sur mouchoir ou coton-tige, qui permet d'avoir une alerte qualitative sur la possibilité d'une contamination interne. [retour d'expérience au sein du présent groupe de travail]
Entreprise	Personne physique ou morale qui a la responsabilité juridique, au titre du droit national, d'exercer une pratique, ou d'une source de rayonnement (y compris les cas où le propriétaire ou le détenteur d'une source de rayonnement n'exerce pas d'activités humaines en relation avec celle-ci). [Directive 2013/59/EURATOM]



Entreprise Utilisatrice (EU)	L'entreprise utilisatrice est l'entreprise où une opération est effectuée par du personnel appartenant à une ou d'autres entreprises
Équipement de protection collective	Un équipement de protection collective a pour objet de protéger le personnel contre les risques qui sont susceptibles de menacer leur santé ou leur sécurité. Les équipements de protection collective visent à limiter ou à confiner, et ils sont toujours mis en œuvre prioritairement aux équipements de protection individuelle.
Équipement de protection individuelle	Un équipement de protection individuelle est une protection concernant un individu contre un risque donné, et selon l'activité qu'il sera amené à exercer. D'une manière générale, l'ensemble du corps peut et doit être protégé.
Évaluation des risques	L'employeur, compte tenu de la nature des activités de l'établissement, évalue les risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, y compris dans le choix des procédés de fabrication, des équipements de travail, des substances ou préparations chimiques, dans l'aménagement ou le réaménagement des lieux de travail ou des installations et dans la définition des postes de travail. Cette évaluation des risques tient compte de l'impact différencié de l'exposition au risque en fonction du sexe. [Art. L. 4121-3 du code du travail]
Examens *in vivo* Mesurages directs	Anthroporadiométrie : mesurage de l'activité retenue dans un corps humain ou dans un organe (foie, poumon, thyroïde...), effectué en utilisant des détecteurs pour mesurer les rayonnements émis
Exposition	**Fait d'exposer, ou d'être exposé, à des rayonnements ionisants émis hors de l'organisme (exposition externe) ou à l'intérieur de l'organisme (exposition interne). [Directive 2013/59/EURATOM]**
Exposition accidentelle	*Exposition de personnes autres que les personnes intervenant en situation d'urgence par suite d'un accident.*
Exposition non intentionnelle	*Exposition à des fins médicales différant considérablement de l'exposition à des fins médicales prévue dans un but déterminé.*
Exposition normale	*Exposition attendue dans les conditions normales d'exploitation d'une installation ou d'exercice d'une activité (incluant notamment la maintenance, l'inspection ou le démantèlement), y compris en cas d'incidents mineurs pouvant être maintenus sous contrôle, c'est-à-dire dans le contexte d'une exploitation normale et en cas d'incidents de fonctionnement prévus.*
Exposition potentielle	*Exposition dont la survenance n'est pas certaine, mais qui peut résulter d'un événement ou d'une séquence d'événements de nature probabiliste, y compris des défaillances d'équipements et de fausses manœuvres.*
Exposition du public	*Exposition de personnes, à l'exclusion des expositions professionnelles ou médicales. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Exposition professionnelle	*Exposition subie par les travailleurs, les apprentis et les étudiants au cours de leur travail.*
Exposition au radon	*Exposition aux descendants du radon.*
Exposition aux Extrémités	*Exposition des mains, des avant-bras, des pieds et des chevilles.*



Fiche d'exposition	L'employeur établit pour chaque travailleur une fiche d'exposition comprenant les informations suivantes : la nature du travail accompli, les caractéristiques des sources émettrices auxquelles le travailleur est exposé, la nature des rayonnements ionisants, les périodes d'exposition, les autres risques ou nuisances d'origine physique, chimique, biologique ou organisationnelle du poste de travail. [Article R. 4451-57 du Code du Travail]
« Frequent flyers » Voyageurs fréquents	Personne prenant souvent l'avion, ici dans le cadre de son travail. Le terme anglais a été créé par une compagnie aérienne, United Airlines, dans le cadre d'un programme de fidélisation.
Générateur de rayonnements	Dispositif capable de générer des rayonnements ionisants, tels que des rayons X, des neutrons, des électrons ou d'autres particules chargées. [Directive 2013/59/EURATOM]
Grandeurs opérationnelles	Grandeurs opérationnelles définies par l'ICRU destinées à fournir des approximations raisonnables des grandeurs de protection de l'ICRP dans le but de respecter les limites réglementaires. Ces grandeurs sont donc des estimateurs majorants (*Hop*≥*Hprot*) développées pour les besoins et l'étalonnage pratique de l'instrumentation affectée aux surveillances de l'environnement et des personnes. [CIPR 74]
Groupe d'exposition homogène	Extrait du document La traçabilité des expositions professionnelles IGAS RM2008 – 108P *La notion de groupe d'exposition homogène (groupe de personnes exposées à des nuisances identiques pour des pratiques de travail similaire s: tâches, procédés, protections…) réalise d'ailleurs à cet égard un niveau intermédiaire entre les deux approches. C'est aujourd'hui l'approche généralement retenue en matière de risque chimique.* *Une réflexion sur l'optimisation d'un suivi individuel permettant à la fois d'assurer un bon suivi médical et d'améliorer la prévention, tant au niveau de l'entreprise qu'au niveau collectif, devrait être engagée.* *Les aspects juridiques d'un dispositif individuel sont importants mais ne doivent pas constituer, en eux-mêmes, un objectif, au risque de biaiser voire de paralyser toute la démarche par le caractère précontentieux qu'ils introduisent.*
$H_p(3)$	Équivalent de dose dans le tissu mou, à une profondeur de 3 mm. [rapport N°51 de l'ICRU]
$H_p(10)$:	Équivalent de dose dans le tissu mou, à une profondeur de 10 mm. [rapport N°51 de l'ICRU]
Incorporation	Activité totale d'un radionucléide pénétrant dans l'organisme à partir du milieu ambiant. [Directive 2013/59/EURATOM]
Intervenant Prévention des Risques Professionnels	IPRP : L'intervenant en prévention des risques professionnels a des compétences techniques ou organisationnelles en matière de santé et de sécurité au travail. [Art. R. 4623-37 du code du travail]
Limite de dose:	Valeur de la dose efficace (le cas échéant, de la dose efficace engagée) ou de la dose équivalente dans une période spécifiée à ne pas dépasser pour une personne. [Directive 2013/59/EURATOM]



Manipulateur d'Électroradiologie Médicale MERM	Est considérée comme exerçant la profession de manipulateur d'électroradiologie médicale toute personne qui, non médecin, exécute habituellement, sous la responsabilité et la surveillance d'un médecin en mesure d'en contrôler l'exécution et d'intervenir immédiatement, des actes professionnels d'électroradiologie médicale [Article L4351-1 du Code de la Santé Publique] Ces actes sont décrits dans le décret de compétences no 97-1057 du 19 novembre 1997.
Mesures correctives	Élimination d'une source ionisante ou la réduction de son importance (en termes d'activité ou de quantité) ou l'interruption des voies d'exposition ou la réduction de leurs incidences afin d'éviter ou de réduire les doses qui, en l'absence de telles mesures, pourraient être reçues dans une situation d'exposition existante. [Directive 2013/59/EURATOM]
Mesures protectrices	Mesures, autres que des mesures correctives, destinées à éviter ou à réduire les doses qui, en leur absence, pourraient être reçues dans une situation d'exposition d'urgence ou d'exposition existante. [Directive 2013/59/EURATOM]
Mutagène	Substance et mélange qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence. [R4411-6 du code du travail]
Niveau de référence	Dans une situation d'exposition d'urgence ou d'exposition existante, le niveau de la dose efficace ou de la dose équivalente ou de concentration d'activité au-dessus duquel il est jugé inapproprié de permettre la survenance d'expositions résultant de ladite situation d'exposition, même s'il ne s'agit pas d'une limite ne pouvant pas être dépassée. [Directive 2013/59/EURATOM]
NORM	Naturally occurring radioactive materials : acronyme internationalement utilisé pour définir des matières riches en radionucléides naturelles (principalement certaines matières premières ou ressources naturelles)
Personne chargée de la radioprotection	Personne techniquement compétente sur des questions de radioprotection liées à un type de pratique déterminé pour superviser ou mettre en œuvre des dispositions en matière de radioprotection. [Directive 2013/59/EURATOM]
Personne Compétente en Radioprotection PCR	L'employeur désigne au moins une personne compétente en radioprotection lorsque la présence, la manipulation, l'utilisation ou le stockage d'une source radioactive scellée ou non scellée ou d'un générateur électrique de rayonnements ionisants entraîne un risque d'exposition pour les travailleurs de l'établissement ainsi que pour ceux des entreprises extérieures ou les travailleurs non-salariés intervenant dans cet établissement. [Art. R. 4451-103 du code du travail, les suivants définissant sa désignation, ses missions et ses moyens]
Personne représentative	Personne recevant une dose, qui est représentative des personnes les plus exposées au sein de la population, à l'exclusion des personnes ayant des habitudes extrêmes ou rares. [Directive 2013/59/EURATOM].



Principes de radioprotection	
	Toute décision qui modifie la situation d'exposition aux rayonnements doit faire plus de bien que de mal. [CIPR] [Code du Travail].
Principe de justification	*Une activité nucléaire ou une intervention ne peut être entreprise ou exercée que si elle est justifiée par les avantages qu'elle procure, notamment en matière sanitaire, sociale, économique ou scientifique, rapportés aux risques inhérents à l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels elle est susceptible de soumettre les personnes [Art. L1333-1 du Code de la Santé Publique]*
Principe de limitation	*Les expositions professionnelles individuelles et collectives aux rayonnements ionisants sont maintenues en deçà des limites prescrites par les dispositions du présent chapitre au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre. [Art. R4451-11 Code du Travail]*
	L'exposition d'une personne aux rayonnements ionisants résultant d'une de ces activités ne peut porter la somme des doses reçues au-delà des limites fixées par voie réglementaire, sauf lorsque cette personne est l'objet d'une exposition à des fins médicales ou de recherche biomédicale. [Art. L1333-1 du Code de la Santé Publique]
Principe d'optimisation	*Les expositions professionnelles individuelles et collectives aux rayonnements ionisants sont maintenues en deçà des limites prescrites par les dispositions du présent chapitre au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre. [Art R. 4451-10 du Code du Travail]*
	L'exposition des personnes aux rayonnements ionisants résultant [des] activités ou interventions doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu de l'état des techniques, des facteurs économiques et sociaux et, le cas échéant, de l'objectif médical recherché. [art. L1333-1 du Code de la Santé Publique]
Principe de substitution	*Remplacer ce qui est dangereux par ce qui n'est pas dangereux ou par ce qui est moins dangereux. C'est le sixième des neuf principes généraux de prévention [Article L4121-2 Code du Travail]*
	Radon: le radionucléide Rn-222 et ses descendants, le cas échéant. [Directive 2013/59/EURATOM]

Radioactivité et termes assimilés	**Définition du code de l'environnement : Article L542-1-1**
Substance radioactive	*Substance qui contient des radionucléides, naturels ou artificiels, dont l'activité ou la concentration justifie un contrôle de radioprotection*
Matière radioactive	*Substance radioactive pour laquelle une utilisation ultérieure est prévue ou envisagée, le cas échéant après traitement*
Déchets radioactifs	*Substances radioactives pour lesquelles aucune utilisation ultérieure n'est prévue ou envisagée*
Entreposage de matières ou de déchets radioactifs	*Opération consistant à placer ces substances à titre temporaire dans une installation spécialement aménagée en surface ou en faible profondeur à cet effet, dans l'attente de les récupérer*
Stockage de déchets radioactifs	*Opération consistant à placer ces substances dans une installation spécialement aménagée pour les conserver de façon potentiellement définitive dans le respect des principes énoncés à l'article L. 542-1*



Radioactivité Naturelle Renforcée	RNR : produits naturellement riches en radionucléides d'origine naturelle ayant pu subir des transformations industrielles à d'autres fins que pour leurs propriétés radioactives
Radiodiagnostic	Applications diagnostiques de la médecine nucléaire in vivo, à la radiologie diagnostique médicale utilisant des rayonnements ionisants, et à la radiologie dentaire. [Directive 2013/59/EURATOM]
Radiologie interventionnelle	Utilisation de techniques d'imagerie par rayons X pour faciliter l'introduction et le guidage des dispositifs à l'intérieur de l'organisme à des fins diagnostiques ou thérapeutiques. [Directive 2013/59/EURATOM]
Radionucléide	Noyau radioactif d'un atome, défini par son nombre de masse, son numéro atomique et son état énergétique nucléaire
Rayonnement cosmique	Rayonnement d'origine extérieure à la Terre, principalement solaire, reçu notamment à bord d'aéronefs
Rayonnement ionisant	Transport d'énergie sous la forme de particules ou d'ondes électromagnétiques d'une longueur d'ondes inférieure ou égale à 100 nanomètres (d'une fréquence supérieure ou égale à 3 × 10 15 hertz) pouvant produire des ions directement ou indirectement. [Directive 2013/59/EURATOM]
Rayonnement pénétrant	Rayonnement à profondeur de pénétration importante dans le tissu biologique. Du fait de leur énergie, tous les rayonnements ionisants sont pénétrants, cependant la profondeur de pénétration varie avec la nature et l'énergie des rayonnements. En première approximation les rayonnements alpha ont une pénétration qui se mesure en µm, les rayonnements bêta en mm et les rayons X et gamma en cm. La pénétration des neutrons dépend de leur énergie
Reprotoxique	Substance et mélange qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut produire ou augmenter la fréquence d'effets nocifs non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives. [R4411-6 du code du travail]
Risque	**Conséquence possible de l'exposition à un danger, par exemple les maladies radio-induites sont les risques de l'exposition au danger que représente les rayonnements ionisants.** **Littré le définit comme un péril dans lequel entre l'idée de hasard**
Risque aléatoire	*Le cancer et les effets héréditaires impliquant soit le développement d'un cancer chez des individus exposés du fait de la mutation de cellules somatiques, soit une maladie héréditaire chez leur descendance du fait de la mutation des cellules reproductives (germinales). Les effets sur l'embryon et le foetus, ainsi que les maladies autres que le cancer, sont également pris en considération. [CIPR 103]*
Risque déterministe	*Réactions tissulaires nocives dues en grande partie à l'élimination/dysfonctionnement de cellules à la suite de fortes doses. [CIPR 103]*
Risque global	*A partir des probabilités de cancer mortel, de cancer non mortel et d'effets héréditaires, résultant d'une exposition aux rayonnements ionisants, la CIPR a calculé un facteur de risque global tenant compte de tous les effets stochastiques . [CIPR 60]*
Risque négligeable au sens de la radioprotection	*Le groupe « recommande » que la définition soit précisée de manière opérationnelle lors de la déclinaison réglementaire du concept.* *Cette définition doit être générale et appliquée à toutes les situations*



Risque résiduel d'ambiance	*Risque restant après la réduction d'exposition apportée par les équipements de protection collective. [Notion développée au sein du présent groupe de travail]*
Risque résiduel individuel	*Risque restant après la réduction d'exposition apportée par les équipements de protection individuelle. [Notion développée au sein du présent groupe de travail]*
Risque stochastique	*risque aléatoire. Voir ce terme*
Seuil d'exemption	Valeur, fixée par une autorité compétente ou dans la législation, et exprimée en concentration d'activité ou en activité totale, à laquelle ou en dessous de laquelle une source de rayonnement n'est pas soumise à notification ou à autorisation. [Directive 2013/59/EURATOM]
Services de prévention	L'employeur prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs. [Article L 4121-1 du code du travail]
Service Compétent en Radioprotection *SCR*	*Lorsque, compte tenu de la nature de l'activité et de l'ampleur du risque, plusieurs personnes compétentes en radioprotection sont désignées, elles sont regroupées au sein d'un service interne, appelé service compétent en radioprotection, distinct des services de production et des services opérationnels de l'établissement. [Article R4456-3 du code du travail]*
Service de dosimétrie	*Organisme ou une personne compétente pour l'étalonnage, la lecture ou l'interprétation des appareils de surveillance individuels, ou pour la mesure de la radioactivité dans le corps humain ou dans des échantillons biologiques, ou pour l'évaluation des doses, et dont la qualification pour cette tâche est reconnue par l'autorité compétente. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Service de médecine du travail	*Professionnel ou organisme de la santé compétent pour assurer la surveillance médicale de travailleurs exposés et dont la qualification pour cette tâche est reconnue par l'autorité compétente. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Service de santé au travail *SST*	*Les services de santé au travail ont pour mission exclusive d'éviter toute altération de la santé des travailleurs du fait de leur travail. [Article L4622-2 du code du travail]*
Service de santé au travail Interentreprises *SSTI*	*Le service de santé au travail est organisé sous la forme soit d'un service autonome, qui peut être un service de groupe, d'entreprise, inter-établissements, d'établissement ou commun aux entreprises constituant une unité économique et sociale ; soit d'un service de santé au travail interentreprises [Article D4622-1 du code du travail]*
Sievert	Sv : le nom de l'unité de dose équivalente ou de dose efficace. Un sievert équivaut à un joule par kilogramme. [Directive 2013/59/EURATOM]

Situations d'exposition

Situation d'exposition existante	*une situation d'exposition qui existe déjà lorsqu'une décision doit être prise quant à son contrôle, et qui ne nécessite pas, ou ne nécessite plus, de mesures urgentes. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Situation d'exposition planifiée	*situation d'exposition qui résulte de l'exploitation planifiée d'une source de rayonnement ou d'une activité humaine qui modifie les voies d'exposition, de manière à causer l'exposition ou l'exposition potentielle de personnes ou de l'environnement. Les situations d'exposition planifiées peuvent comprendre, tant des expositions normales que des expositions potentielles. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Situation d'exposition d'urgence	*une situation d'exposition due à une urgence. [Directive 2013/59/EURATOM]*



Source	*** [Directive 2013/59/EURATOM]**
Source radioactive	*une source de rayonnement intégrant des matières radioactives aux fins d'en utiliser la radioactivité. **
Source de rayonnement	*une entité susceptible de provoquer une exposition, par exemple en émettant des rayonnements ionisants ou en rejetant des matières radioactives.**
Source naturelle de rayonnement	*une source de rayon rayonnement ionisant d'origine naturelle terrestre ou cosmique *. Matières, non utilisées en raison de leurs propriétés radioactives, mais contenant naturellement des radionucléides. [art. R. 4451-131 du Code du Travail]*
Source orpheline	*une source radioactive qui ne fait pas l'objet d'une exemption et n'est pas sous contrôle réglementaire, par exemple parce qu'elle n'a jamais fait l'objet d'un tel contrôle, ou parce qu'elle a été abandonnée, perdue, égarée, volée ou transférée d'une autre manière sans autorisation en bonne et due forme. **
Source scellée	*une source radioactive dont les matières radioactives sont enfermées d'une manière permanente dans une capsule ou incorporées sous forme solide dans le but d'empêcher, dans des conditions d'utilisation normales, toute dispersion de substances radioactives. **
Source scellée de haute activité	*source scellée contenant un radionucléide dont l'activité au moment de la fabrication ou, si ce moment n'est pas connu, au moment de la première mise sur le marché est égale ou supérieure au niveau d'activité pertinent défini pour chaque radionucléide dans la directive 2003/122. **
Suivi et surveillance	**Campagne de mesurages ayant pour objet l'évaluation ou le contrôle de l'exposition à des composés radioactifs et l'interprétation des résultats**
Surveillance d'ambiance	*Afin de permettre l'évaluation de l'exposition externe et interne des travailleurs, l'employeur procède ou fait procéder à des contrôles techniques d'ambiance. [Art. 4451-30 du Code du Travail]*
Surveillance de chantier	*Surveillance de routine adaptée pour un chantier à risque particulier.[CIPR, Publication N°78]*
Surveillance de contrôle	*individuelle ou collective (échantillonnage). Ce programme peut être utilisé pour vérifier le bien-fondé de la décision de ne pas mettre en place de surveillance de routine. [CIPR, Publication N°78]*
Surveillance de routine	*Surveillance systématique, collective ou individuelle, pour laquelle la périodicité des examens respecte les intervalles de surveillance. [CIPR, Publication N°78]*
Surveillance spéciale	*Surveillance individuelle mise en œuvre suite à incident ou suite à un résultat positif dans le cadre de la surveillance de routine [CIPR, Publication N°78]*
Surveillance médicale renforcée *SMR*	*Bénéficient d'une surveillance médicale renforcée les travailleurs âgés de moins de dix-huit ans, les femmes enceintes, les travailleurs handicapés, les salariés exposés : à l'amiante, aux rayonnements ionisants, au plomb, au risque hyperbare, au bruit, aux vibrations, aux agents biologiques, aux agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction. [art. 4624-18 du Code du Travail]*
Surveillance Radiologique des expositions	**Surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants, incluant les surveillances radiologiques individuelles, collectives et le suivi dosimétrique individuel [Notion utilisée dans le code du Travail et précisée au sein du présent groupe de travail]** **Les définitions suivantes sont des notions développées au sein du présent groupe de travail**



Surveillance radiologique	*Permet l'évaluation de l'exposition aux rayonnements ionisants selon diverses méthodes appropriées intégrant une traçabilité locale sous la responsabilité de l'employeur.*
Surveillance radiologique collective de l'exposition externe	*S'appuie sur des contrôles techniques d'ambiance radiologique des postes et lieux de travail avec une localisation (arceau radiologique, etc.) et une périodicité adaptées au niveau de risque et la définition de critères d'alerte et des actions associées.*
Surveillance radiologique collective de l'exposition interne	*S'appuie sur des contrôles techniques d'ambiance radiologique des lieux et postes de travail, dont notamment des contrôles atmosphériques et surfaciques, une surveillance de la contamination corporelle externe avec contaminamètre, contrôleur mains pieds ou portique de détection, … et la définition de critères d'alerte et leurs actions associées.*
Surveillance radiologique individuelle de l'exposition externe	*S'appuie, selon le cas, sur un appareil de mesure à lecture immédiate et alerte intégrée porté par chaque travailleur (sur l'équipement de protection individuel s'il existe) ou un appareil de mesure à lecture immédiate et alerte intégrée pour un groupe d'exposition homogène, porté par un seul travailleur.*
Surveillance radiologique individuelle de l'exposition interne:	*S'appuie sur des examens de surveillance de la contamination corporelle externe au moyen de contrôles par échantillonnage sur un groupe d'exposition homogène et, pour chaque travailleur, des examens prescrits uniquement en cas d'alerte à la suite du contrôle technique d'ambiance radiologique.*
Suivi dosimétrique individuel de l'exposition externe	*Mesure normée de l'exposition individuelle dont la traçabilité est effectuée via SISERI, intégrant une consolidation et un enregistrement national des résultats dosimétriques.*
Suivi dosimétrique individuel de l'exposition interne	*S'appuie sur des examens de surveillance de routine respectant les intervalles de surveillance, des examens de surveillance de chantier et des examens de surveillance spéciale déclenchée suite à un évènement identifié.*

SISERI	Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants : Système de base de données l'IRSN centralise, vérifie et conserve au moins cinquante ans l'ensemble des résultats des mesures individuelles de l'exposition des travailleurs. *[Art. 4451-125 du Code du Travail]*
TENORM	(Technologically-Enhanced, Naturally-Occurring Radioactive materials) : acronyme internationalement utilisé pour définir des matières ou plus souvent des déchets qui ont été enrichis en radionucléides naturelles suite à un procédé de traitement industriel d'une matière première ou d'une ressource naturelle ⇔ Radioactivité Naturelle Technologiquement Renforcée (RNTR)
Thoron	Radionucléide Rn-220 et ses descendants, le cas échéant. [Directive 2013/59/EURATOM]

Travailleur

Travailleur exposé	*Personne travaillant à son compte ou pour le compte d'un employeur, soumise pendant son travail à une exposition provenant de pratiques réglementées par la directive 2013/59 et qui est susceptible de recevoir des doses supérieures à l'une ou l'autre des limites de dose fixées pour l'exposition du public. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Travailleur extérieur	*Tout travailleur exposé qui n'est pas employé par l'entreprise responsable des zones surveillées et contrôlées, mais qui intervient dans ces zones, y compris les apprentis et les étudiants. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Travailleur soumis à un risque	*Un travailleur est considéré comme « soumis à un risque lié aux rayonnements ionisants » dès lors qu'il entre en zone réglementée (doses efficace ou équivalente) ou, en dehors des zones réglementées, lorsque l'évaluation des risques a fait apparaître un risque qui ne peut être estimé négligeable du point de vue de la radioprotection. [Notion*



	développée au sein du présent groupe de travail]
Travailleur intervenant en situation d'urgence	*toute personne ayant un rôle défini lors d'une situation d'urgence et qui est susceptible d'être exposée à des rayonnements lors de la mise en œuvre d'actions pour y faire face. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Urgence	Situation ou un événement inhabituel impliquant une source de rayonnement et nécessitant une réaction rapide pour atténuer des conséquences négatives graves pour la santé humaine et la sûreté, la qualité de la vie, les biens ou l'environnement, ou un risque qui pourrait entraîner de telles conséquences négatives graves. [DIRECTIVE 2013/59/EURATOM]
Valeur Déclenchant une Action VDA	Valeur d'exposition déclenchant une action de prévention renforcée, critère d'entrée dans le système de surveillance radiologique. [Notion existant - dans le Code du Travail comme dans la directive européenne 2013/35 - pour d'autres risques et réutilisée au sein du présent groupe de travail]
Vulgarisation	Action de mettre à la portée du plus grand nombre, des non-spécialistes, des connaissances techniques et scientifiques. Diffusion pédagogique des connaissances qui cherche mettant le savoir (et éventuellement ses limites et ses incertitudes) à portée d'un public non expert. [Dictionnaire Larousse]

Zonage

Zonage radiologique	*Après avoir procédé à une évaluation des risques et recueilli l'avis de la personne compétente en radioprotection, l'employeur délimite autour de la source :* *1° Une zone surveillée, dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace dépassant 1 mSv par an ou bien une dose équivalente dépassant un dixième de l'une des limites fixées ;* *2° Une zone contrôlée dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace de 6 mSv par an ou bien une dose équivalente dépassant trois dixièmes de l'une des limites fixées.* *[Art R. 4451-18 du Code du Travail]*
Zone contrôlée	*Zone soumise à une réglementation spéciale pour des raisons de protection contre les rayonnements ionisants ou de confinement de la contamination radioactive, et dont l'accès est réglementé. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Zone surveillée	*Zone faisant l'objet d'une surveillance à des fins de protection contre les rayonnements ionisants. [Directive 2013/59/EURATOM]*
Zone réglementée	*Après avoir procédé à une évaluation des risques et recueilli l'avis de la PCR, l'employeur détenteur d'une source de rayonnements ionisants délimite autour de la source :* *1° Une zone surveillée, dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace dépassant 1 mSv par an ou bien une dose équivalente dépassant un dixième de l'une des limites fixées à l'article R. 4451-13 ;* *2° Une zone contrôlée dès lors que les travailleurs sont susceptibles de recevoir, dans les conditions normales de travail, une dose efficace de 6 mSv par an ou bien une dose équivalente dépassant trois dixièmes de l'une des limites fixées à l'article R. 4451-13.* *[Art. R. 4451-18 du Code du Travail]*

