

Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse – Résultats 2021

Éditorial

Chère lectrice, cher lecteur,

L'année 2021 a été placée sous le signe de la flexibilité face à la pandémie, qui a affecté les activités de notre division à des degrés divers. En médecine, même si les audits ont parfois été menés à distance, nous avons maintenu notre programme de surveillance visant à éviter toute exposition inutile des patient(e)s et du personnel. Les premiers audits cliniques obligatoires ont démarré cette année : 23 établissements de radiologie, de radiothérapie, de médecine nucléaire et de cardiologie interventionnelle ont ainsi bénéficié de ce système innovant d'évaluation par des pairs. Nous avons aussi poursuivi le Plan d'action Radiss, visant notamment à réduire le nombre de sources hautement radioactives lorsque celles-ci peuvent être remplacées par des technologies alternatives. Une prolongation du Plan d'action radium jusqu'à fin 2023 est par ailleurs envisagée en raison du retard accumulé durant la pandémie.

En 2021, l'OFSP a introduit le Radiation Portal Switzerland (RPS) pour gérer l'ensemble des autorisations en matière de radioprotection. Ce nouveau portail informatique marque un jalon important dans notre stratégie de numérisation. Courant 2022, toutes les entreprises y auront accès et pourront alors effectuer leurs transactions avec l'OFSP directement en ligne.

Pour mener à bien notre mission de surveillance de la radioactivité dans l'environnement, nous exploitons des réseaux de mesure et un laboratoire accrédité. Dans l'interview, Sybille Estier, cheffe de section, décrit les tâches et les enjeux relatifs à cette mission. Notons qu'aucune valeur anormale n'est à relever pour l'année sous revue. L'année 2021 aura aussi été marquée par le triste dixième anniversaire de l'accident nucléaire de Fukushima, dont les enseignements ont servi à améliorer le dispositif de protection en cas d'urgence radiologique en Suisse. Il importera de réévaluer ce dispositif, cette fois à la lumière des expériences acquises durant la pandémie.

Sur mandat du Conseil fédéral, l'OFSP a initié en 2021 un projet de révision partielle de la Loi sur la radioprotection, visant principalement à concrétiser le principe du pollueur-payeur, p.ex. pour le financement de la distribution de comprimés d'iode à la population, et à introduire les dispositions nécessaires concernant la protection des données. Les principes de base du système de radioprotection, sur lesquels

reposent les ordonnances révisées en 2018, ne sont en revanche pas concernés. Une consultation publique est prévue début 2023.

Dans le domaine du rayonnement non ionisant et du son, la mise en application de la nouvelle législation s'est poursuivie en 2021. En particulier, nous avons élaboré une directive pour les exploitant(e)s de solariums sur le contrôle de l'âge minimum d'accès (18 ans révolus) exigé dès 2022. Nous avons de plus entrepris nos premiers contrôles sur site lors de manifestations avec spectacle laser.

A partir du 1^{er} janvier 2022, la division Radioprotection sera rattachée à la nouvelle unité de direction Protection de la santé au sein de l'OFSP, regroupant les domaines de la biomédecine, des produits chimiques et des rayonnements, et succédant à l'unité de direction Protection des consommateurs. Je profite de cet éditorial pour souhaiter plein succès à sa nouvelle responsable, Andrea Arz de Falco, et tiens à remercier très chaleureusement son ancien responsable parti en retraite, Roland Charrière, pour son leadership visionnaire, humain et engagé.

Bonne lecture !

Sébastien Baechler



Colophon

Conception, rédaction et textes non signés : OFSP
Photos sans légende / Photos non signées : OFSP

Graphiques et mise en page :
Heyday, Berne
Copyright: OFSP, mai 2022

Indication de la source en cas de reproduction :
«Radioprotection OFSP; rapport annuel 2020 »

Informations supplémentaires et diffusion :
Office fédéral de la santé publique (OFSP)
Unité de direction Professions de la santé
et protection des consommateurs

Division Radioprotection
CH-3003 Berne
Téléphone : +41 (0)58 462 96 14
str@bag.admin.ch
www.ofsp.admin.ch, www.str-rad.ch

Recevez gratuitement notre Newsletter
«Protection des consommateurs»

OFCL, Vente des publications fédérales,
CH-3003 Berne
www.publicationsfederales.admin.ch
Numéro de commande OFCL : 311.326.f

ISBN : 978-3-033-07889-5

Contenu

Éditorial	2
Colophon	4
Contenu	5
Interview : Pour assurer une surveillance de qualité, il faut maintenir un large spectre de compétences	6
Radioprotection dans la médecine et la recherche	11
Plan d'action visant à renforcer la sûreté et la sécurité radiologique « Radiss »	29
Événements radiologiques	32
Des yeux perçants malgré des années de travail avec des appareils de radioscopie	40
Une meilleure qualité de vie pour les malades du cancer grâce à l'innovation en médecine nucléaire	44
Plan d'action radium 2015–2022	51
Lancement du Plan d'action sur le radon 2021–2030	55
NORM : Matières radioactives naturelles	58
Surveillance de l'environnement	61
Intervention en cas d'urgence radiologique	65
Protection sanitaire contre le rayonnement non ionisant et le son	68
Exposition de la population suisse aux rayonnements ionisants	73
Collaboration internationale	80
Bases légales	83
Division radioprotection — Tâches et organisation	85

Interview : Pour assurer une surveillance de qualité, il faut maintenir un large spectre de compétences

Il y a trente-cinq ans, le Conseil fédéral confiait à l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) le mandat de surveiller la radioactivité dans l'environnement. Sybille Estier, cheffe de la section Radioactivité de l'environnement (URA), retrace l'évolution de cette surveillance, de Tchernobyl à nos jours, et dresse le bilan des enjeux actuels et futurs. À noter que les résultats globaux de la surveillance de l'environnement pour l'année 2021 sont disponibles en page 61 du présent rapport.

Sybille Estier, comment la catastrophe nucléaire de Tchernobyl survenue en 1986 a-t-elle influencé la surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse ?

Les postes d'alerte précoce disponibles en Suisse au moment de la catastrophe de Tchernobyl étaient équipés de collecteurs d'aérosols et de compteurs Geiger. Bien qu'archaïque, le système a parfaitement détecté l'arrivée du nuage radioactif et déclenché l'alerte au moyen d'une alarme sonore locale.

La catastrophe de Tchernobyl a donné un véritable coup d'accélérateur à la surveillance de la radioactivité dans l'environnement en Suisse. En effet, le premier réseau automatique de mesure de la radioactivité dans l'air (RADAIR) a été installé peu après. Il permettait de donner l'alarme en cas d'élévation de la radioactivité artificielle liée à une menace étrangère. L'Ordonnance sur la radioprotection de l'époque a été modifiée en 1987, confiant à l'OFSP la mission de surveiller la radioactivité dans l'environnement, notamment au moyen d'un laboratoire de mesures.

Le réseau automatique de mesure de la radioactivité dans l'air a été entièrement renouvelé ces dernières années. Pourquoi ?

C'est suite à une autre catastrophe nucléaire, celle de Fukushima, que le Conseil fédéral a décidé de moderniser le réseau automatique de

mesure de la radioactivité dans l'air (URAnet aero) et de l'étendre à la surveillance des rivières (URAnet aqua). Le retour d'expérience de Fukushima a montré que même les pays technologiquement développés n'étaient pas à l'abri de graves défaillances nucléaires et que la contamination des eaux constituait un enjeu majeur dans de telles circonstances.

Le réseau URAnet est entièrement digitalisé. Il permet d'identifier et de quantifier les radionucléides présents dans l'environnement et génère une alarme en cas de dépassement des seuils fixés. Il est en outre connecté au réseau de MétéoSuisse, permettant un transfert automatisé de données entre les autorités et la publication en continu des résultats de mesures sur www.radenviro.ch. Le vif intérêt de la population et des médias suscité par ces résultats durant la catastrophe de Fukushima a ainsi été pris en compte.

En plus du réseau d'alarme URAnet, l'OFSP effectue des mesures très précises de la radioactivité dans l'air. Pouvez-vous nous en dire plus ?

La mesure de la radioactivité sur les aérosols présents dans l'air constitue l'une de nos spécialités. Pour ce faire, nous exploitons six stations équipées de préleveurs d'air à haut débit (*High Volume Sampler, HVS*). L'une d'entre elles est d'ailleurs installée sur le toit de l'ancien bâtiment de l'OFSP à Liebefeld/BE.

Chaque semaine, les filtres des stations HVS sont récoltés, puis analysés par spectrométrie gamma dans notre laboratoire (figure 1). Ces mesures, de haute sensibilité, complètent le dispositif automatique de mesure conformément aux recommandations européennes et contribuent à l'évaluation de la dose de rayonnements reçue par la population suisse. Elles sont suffisamment précises pour détecter d'infimes traces de radioactivité, p.ex. de l'iode-131 ayant traversé la moitié du globe terrestre suite à la catastrophe de Fukushima.

En quoi consiste le nouveau projet MURAIL ?

En cas d'accident nucléaire, la surveillance de la radioactivité à haute altitude est primordiale, car plus l'altitude est élevée, plus les résultats sont disponibles rapidement. Jusqu'à présent, des avions Tiger appartenant à l'armée suisse, équipés de collecteurs spécialement conçus, permettaient d'analyser la radioactivité des aérosols prélevés à très haute altitude. Avec l'abandon progressif des avions Tiger et la nécessité de maintenir cette compétence à un coût raisonnable, nous travaillons actuellement sur une solution alternative dans le cadre du projet MURAIL (Modernisation Surveillance Radioactivité dans l'air en haute altitude) qui consiste à installer une nouvelle station HVS à la Jungfrauoch, incluant l'analyse automatisée

des filtres par spectrométrie gamma directement sur place. Une demande sera soumise en ce sens au Conseil fédéral en 2022.

Quels résultats d'analyse vous ont le plus surpris ces dernières années ?

Nous avons vécu une situation assez mystérieuse en 2017 avec la détection durant quelques jours de traces de ruthénium-106 d'origine inconnue dans l'atmosphère de plusieurs pays européens, dont la Suisse. L'incident n'a toutefois jamais été officiellement déclaré. Selon les enquêtes menées au niveau international, le ruthénium-106 proviendrait d'un site de retraitement de combustibles nucléaires situé à Maïak au sud de l'Oural. Ce cas montre le bien-fondé de surveiller l'environnement et de communiquer de façon transparente, la radioactivité ne s'arrêtant pas aux frontières !

Que pensez-vous de la tendance actuelle de fusionner, voire de fermer des laboratoires, notamment au sein de l'administration fédérale ?

Il serait difficile de regrouper dans un seul et même laboratoire toutes les compétences requises en Suisse pour la mesure de la radioactivité dans l'environnement. Nous travaillons donc main dans la main avec d'autres orga-

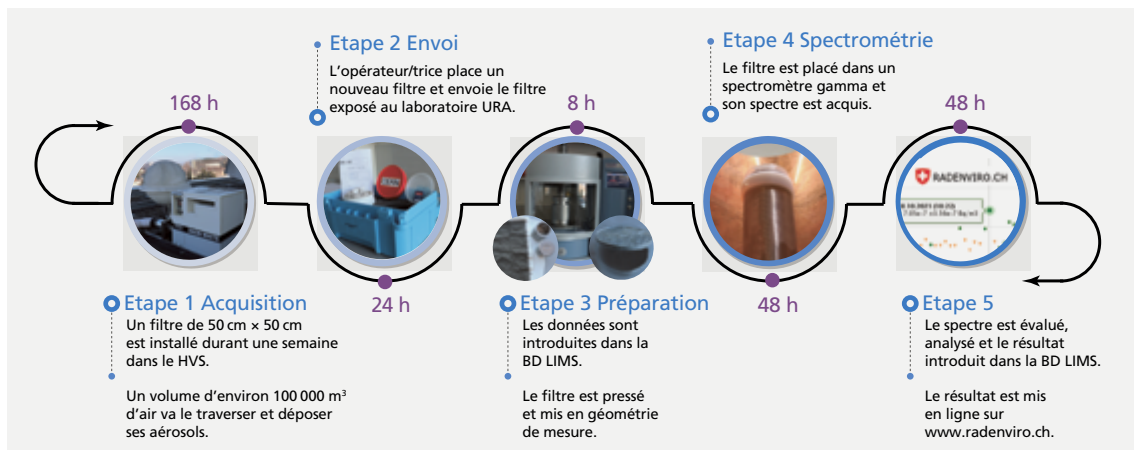


Figure 1 Cycle des préleveurs d'air à haut débit (High Volume Sampler, HVS)

nismes, p.ex. l'Institut de radiophysique du CHUV ou le Laboratoire de Spiez qui possèdent tous deux des connaissances pointues en radiochimie. Nous profitons également des prélèvements réalisés par l'Office fédéral de l'environnement dans les rivières, ou par les cantons, en particulier pour les denrées alimentaires. Ces synergies sont précieuses, car elles nous permettent d'économiser des ressources, tout en maintenant un large spectre de compétences à un niveau qualitatif élevé.

Enfin, il vaut mieux disposer de plusieurs laboratoires, p.ex. si l'un d'entre eux est contaminé et devient inutilisable ou encore pour être suffisamment réactif en cas d'accident radiologique. Notre division dispose d'un réservoir important de personnel hautement spécialisé qui nous permettrait d'augmenter immédiatement nos capacités de mesure dans ce cas.

Comment assurez-vous la qualité de vos analyses ?

Notre laboratoire est accrédité selon la norme ISO 17025 pour la mesure de la radioactivité dans des échantillons de l'environnement, et depuis 2021 également pour le prélèvement. Cinq à dix fois par an, nous prenons part à des mesures d'intercomparaison organisées au niveau international dans différentes matrices environnementales. Actuellement, nous travaillons également à la mise en place d'un système d'amélioration continue de la qualité pour la gestion du réseau URAnet.

À part la surveillance de l'environnement, le laboratoire d'analyse sert-il à d'autres tâches de l'OFSP ?

Notre laboratoire constitue un outil d'accompagnement indispensable aux tâches d'exécution et de surveillance de la division Radioprotection. Il permet p.ex. de contrôler par pointage les résultats des mesures de libération mises en œuvre par les entreprises soumises à autorisation. Sans le laboratoire, nous n'aurions jamais pu lancer le Plan d'action radium, car les procédures de diagnostics et d'assainissements incluent le prélèvement d'échantillons de terre ou la prise de frottis si des contaminations sont détectées (page 51). Depuis l'été 2021, nous intervenons également dans la gestion de crise du Covid-19. En effet, nous préparons en laboratoire les échantillons salivaires pour les tests PCR groupés que l'OFSP met quotidiennement à disposition de son personnel.

Quels sont les défis à venir ?

Selon l'expérience du passé, les principaux progrès en matière de surveillance de la radioactivité dans l'environnement ont été engagés en réaction à des catastrophes, à l'image de Tchernobyl et de Fukushima. Selon moi, notre défi principal réside donc dans le maintien à long terme d'une surveillance proactive, et ce, même en l'absence d'accidents majeurs.



Sybille Estier a obtenu un doctorat en physique expérimentale en 2001. Engagée à l'OFSP en 2002, elle est responsable de la section Radioactivité de l'environnement depuis 2007. Depuis 2014, elle est également suppléante du responsable de la division Radioprotection. Sybille Estier est mariée et mère d'une petite fille.

Radioprotection dans la médecine et la recherche

La pratique de surveillance établie par l'OFSP repose sur le principe de l'approche graduée en fonction du risque radiologique. Elle se concentre essentiellement sur les doses de rayonnement et les risques élevés. C'est sur cette base que l'OFSP établit ses actions prioritaires de surveillance en médecine pour les années à venir. Le programme de surveillance en médecine et ses principaux axes sont présentés ci-après.

Défis et programme de surveillance en médecine

Bases de l'activité de surveillance

En tant qu'autorité compétente en radioprotection, l'OFSP autorise l'utilisation de matières radioactives et l'exploitation d'installations produisant du rayonnement ionisant, tout en surveillant leurs applications. L'OFSP gère actuellement plus de 20'000 autorisations actives dans le domaine médical. La stratégie de surveillance suit le principe d'une approche graduée en fonction des risques (*graded approach*), conformément à l'article 8 de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP). L'OFSP vérifie, par sondage et de façon graduée en fonction du niveau de risque, si les prescriptions sont respectées et si la radioprotection est garantie (art. 187 ORaP). La surveillance se concentre sur les applications radiologiques comportant des doses de rayonnement et des risques élevés pour les patients et les patientes, le personnel ainsi que la population. En conséquence, l'OFSP exerce régulièrement une surveillance sur place des établissements médicaux concernés. Le contact direct avec les spécialistes permet une radioprotection concrète et utile. La surveillance des applications radiologiques à doses et risques faibles, telles que celles pratiquées en médecine dentaire et

en médecine générale, s'effectue principalement par le biais de mesures administratives et lors d'inspections réalisées sur place uniquement par sondage. Dans son activité de surveillance, l'OFSP s'oriente fortement sur les résultats des enquêtes régulières visant à déterminer le nombre d'examen de radiodiagnostic ou de médecine nucléaire réalisés ainsi que le niveau d'exposition aux rayonnements qui en découle (www.bag.admin.ch/str-monitoring). Avec son programme de surveillance en médecine, l'OFSP poursuit l'objectif d'éviter des expositions aux rayonnements inutiles ou trop élevées pour les patients et les patientes, le personnel et la population, ainsi que de minimiser le risque d'événements radiologiques médicaux. Ces objectifs correspondent également aux axes définis par le Conseil fédéral dans la stratégie Santé2030.

Défis

Radioprotection des patients et des patientes

Les innovations technologiques en médecine sont extrêmement rapides. Les applications de plus en plus complexes et l'utilisation de nouveaux traceurs radioactifs conduisent à des exigences accrues en matière de radioprotection et de sécurité des installations. Ces dernières années, des mesures d'optimisation éprouvées, comme p.ex. l'application de

niveaux de référence diagnostiques (NRD), ont conduit à une nette réduction de l'exposition aux rayonnements des patients et des patientes. Les examens doivent être réalisés à l'aide de protocoles optimisés, afin de répondre à une question clinique donnée avec la dose la plus faible possible (la bonne dose pour le bon questionnement). La vérification de la justification des applications médicales prend également une part toujours plus importante, afin d'éviter tout examen ou traitement inutile avec des rayonnements ionisants. Cela contribue simultanément à la réduction des coûts dans le secteur de la santé. Par ailleurs, la radioprotection est un thème important pour la protection de l'enfance et de la jeunesse, car le risque potentiel de cancer radio-induit est nettement plus important dans cette population que chez les adultes. Il est donc d'autant plus important de vérifier systématiquement les pratiques de justification et d'utiliser des protocoles d'examen optimisés en fonction de l'âge. La radioprotection contribuera incontestablement à une amélioration continue de la qualité des prestations radiologiques et de la sécurité des patients et des patientes, l'OFSP jouant un rôle important en tant qu'autorité de surveillance et d'autorisation.

Radioprotection du personnel

La surveillance du personnel professionnellement exposé aux radiations s'effectue principalement par le biais de la dosimétrie individuelle. En cas de doses élevées, l'OFSP en détermine les causes, si nécessaire en se rendant sur place, et demande des mesures d'optimisation. Les défis se situent dans les situations où des doses élevées sont attendues, p.ex. en radiologie interventionnelle et en cardiologie, ainsi que lors de la manipulation de radionucléides en médecine nucléaire. La qualité de la radioprotection doit aussi être améliorée par une surveillance sur place de l'OFSP lors des examens sous radioscopie en salle d'opération. En ce qui concerne l'exposition aux rayonnements du cristallin, la précision de l'estimation au moyen de dosimètres personnels ainsi que la mise en place des mesures de protection nécessaires doivent être optimisées.

Radioprotection de la population

L'utilisation de nouveaux traceurs radioactifs en médecine nucléaire requiert des mesures supplémentaires ; la surveillance des rejets dans l'environnement et la gestion des déchets des radionucléides excrétés par les patients et les patientes après leur sortie de l'hôpital doivent notamment être suivis de près. Ceci d'autant plus que le nombre de patients et de patientes qui bénéficient de ces nouvelles thérapies ne cesse d'augmenter.

Programme de surveillance : actions prioritaires pour les prochaines années

Pour faire face à ces défis, l'OFSP a développé un programme de surveillance dont découlent les priorités pour les prochaines années. Les axes thématiques de la surveillance concernent principalement les applications dans le domaine des doses élevées et modérées.

La surveillance des installations d'imagerie à trois dimensions dans le domaine opératoire et interventionnel (systèmes Cone Beam CT) constitue une nouvelle priorité. Une attention particulière sera en outre apportée aux services de radiothérapie, y compris à la thérapie aux protons. La surveillance au bloc opératoire occupera toujours une place importante à l'avenir. Par ailleurs, les audits de radioprotection pour le personnel ainsi que pour les patients et les patientes seront poursuivis dans les établissements de médecine nucléaire utilisant des applications PET et SPECT CT. Pour les applications dans le domaine des faibles doses dans les cabinets dentaires et de médecine générale, l'OFSP réalisera une surveillance sur place par sondage en plus de la surveillance administrative.

Pour ce faire, l'OFSP assure une présence régulière dans les hôpitaux et les instituts de radiologie et effectue des inspections en cas d'événements.

Les audits cliniques obligatoires introduits en 2020 en radiothérapie, en médecine nucléaire, en tomodensitométrie et lors des applications radiologiques interventionnelles (cardiologie) seront poursuivis. Ils visent notamment à minimiser le nombre d'examens et de traitements non justifiés.

Actions prioritaires de surveillance en médecine :

- Évaluation de la radioprotection dans tous les établissements de radiothérapie
- Évaluation de la radioprotection lors d'applications avec des systèmes Cone Beam CT
- Évaluation de la radioprotection lors des applications médicales avec des sources scellées de haute activité
- Évaluation de la radioprotection dans les cabinets de groupe et les réseaux de médecins
- Examen de l'application de nouveaux NRD en mammographie
- Examen des procédures de gestion de la qualité dans les grands hôpitaux
- Optimisation de l'exposition du personnel, en particulier au niveau du cristallin, lors d'applications radiologiques interventionnelles
- Gestion des déchets radioactifs et évaluation des critères de sortie des patients et des patientes ayant bénéficié d'un traitement en médecine nucléaire
- Évaluation de la radioprotection du personnel ainsi que des patients et des patientes dans les systèmes hybrides de médecine nucléaire
- Évaluation de la dose de rayonnement en médecine nucléaire pédiatrique
- Vérification de la préparation et du contrôle de qualité des produits radiopharmaceutiques
- Minimisation des doses aux extrémités pour le personnel lors d'applications de médecine nucléaire
- Vérification de la mise en œuvre des concepts de formation et de formation continue en radioprotection

Points forts des activités de surveillance en 2021

Qualité d'image en TEP et optimisation de l'exposition des patients et des patientes

La tomographie par émissions de positrons (TEP ou PET en anglais), associée à la tomodensitométrie (CT), est une technique d'imagerie quantitative bien établie qui joue un rôle important en oncologie clinique. Le nombre d'appareils et d'examens ne cesse d'augmenter en Suisse. Bien que la technique des installations TEP-CT soit en constante amélioration, ces examens impliquent des doses élevées. L'OFSP, en tant qu'autorité d'autorisation et de surveillance, cherche donc en permanence à optimiser les doses afin de limiter au maximum l'exposition des patients et des patientes, tout en garantissant une qualité d'image optimale pour le diagnostic.

Pour cette raison, l'OFSP a chargé l'Hôpital cantonal de Lucerne d'examiner l'optimisation de la qualité des examens sur les appareils TEP-CT exploités en Suisse. Dans ce cadre, il est prévu d'effectuer des examens avec des fantômes du corps humain sur les différents appareils, afin d'évaluer quantitativement et qualitativement la qualité d'image en fonction de l'activité appliquée et du type d'appareil. L'objectif de ce projet est de publier des recommandations spécifiques aux appareils pour optimiser les doses, tout en conservant une qualité d'image adéquate.

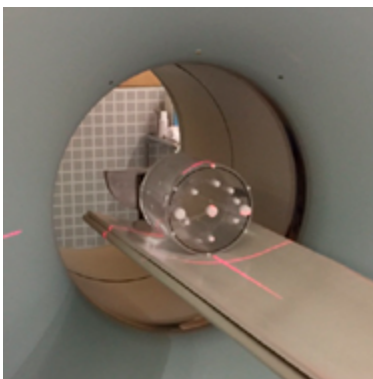


Figure 2
Fantôme de mesure TEP-CT en vue de l'assurance de la qualité

Domaine de surveillance des produits radiopharmaceutiques

Au début de l'année, en raison des modifications apportées à la Loi sur les produits thérapeutiques, tous les produits radiopharmaceutiques fabriqués et utilisés jusqu'ici sur la base d'une autorisation à durée limitée de mise sur le marché ont dû être adaptés aux conditions de fabrication et d'utilisation fixées dans l'annexe 1 de l'Ordonnance sur les médicaments (OMéd). Pour ce faire, tous les instituts utilisant ces produits radiopharmaceutiques, mais ne disposant pas d'un propre site de production, sont en charge de conclure un contrat de sous-traitance avec un ou plusieurs fabricants, afin de définir clairement les responsabilités et de permettre la fabrication. S'agissant d'un nouveau défi pour la plupart des instituts et des fabricants, l'OFSP a dû apporter ses conseils dans ce domaine.

L'annexe 1 de l'OMéd, révisée sous l'égide de l'OFSP et comprenant trois extensions, est par ailleurs entrée en vigueur en février 2021. Ce faisant, le domaine de l'utilisation non soumise à autorisation des produits radiopharmaceutiques a été significativement élargi.

Dans le courant de l'année, un nombre inhabituellement élevé de demandes pour des études cliniques impliquant des produits radiopharmaceutiques a été déposé (notamment pour les isotopes de lutétium-177, gallium-68 et fluor-18). Ainsi, la croissance observée ces dernières années s'est poursuivie. Il s'agissait, d'une part, de nouvelles substances actives produites en Suisse pour un usage thérapeutique ou diagnostique et, d'autre part, d'études visant à explorer de nouvelles indications pour l'utilisation de produits radiopharmaceutiques déjà connus. Les requêtes provenaient aussi bien de l'industrie que d'institutions académiques. L'OFSP émet des prises de position concernant ces demandes à l'intention de Swissmedic et répond le cas échéant directement aux questions des requérants.

Dans le domaine des homologations, deux accords ont pu être donnés pour des produits diagnostiques à base de technetium-99m, après examen approfondi et sur recommandation de la Commission des produits radiopharmaceutiques.

Directive pour l'assurance de qualité des appareils CBCT

Les systèmes Cone Beam CT (CBCT) produisent des images radiologiques en trois dimensions (3D). Depuis quelques années, ils sont de plus en plus utilisés en neurochirurgie, en orthopédie ou en traumatologie. Outre leurs différents domaines d'application, les systèmes CBCT présentent aussi des différences techniques notables. Ces circonstances concourent au manque de directives uniformisées en matière d'assurance de qualité aux niveaux national et international. L'OFSP a donc défini des exigences minimales pour l'assurance de qualité des systèmes CBCT en collaboration avec l'Institut de radiophysique (IRA) à Lausanne et les fabricants. Elles doivent servir de directive uniformisée et prendre en compte les différents types de systèmes. Ces exigences minimales entreront en vigueur en 2022 sous la forme d'une directive.

Adaptation des exigences concernant les moniteurs de diagnostic médical

La numérisation de l'imagerie radiologique comprend toute la chaîne du traitement de l'image, à savoir la création de l'image via le système de réception, son traitement et sa restitution avec la qualité d'image diagnostique requise. Une interprétation correcte des radiographies dépend de la qualité des moniteurs et des conditions d'éclairage de la salle.

L'exécution de mesures d'assurance de qualité sur les systèmes de restitution d'images (appelés moniteurs de diagnostic) est soumise à autorisation (art. 9, let. g, ORaP). Ces mesures comprennent d'une part le contrôle de réception avant la mise en exploitation et d'autre part les contrôles d'état périodiques. Au cours de l'année sous revue, l'OFSP a adapté, selon l'évolution de la technique, les règles existantes concernant les exigences minimales et la réalisation des contrôles techniques sur ces systèmes, puis les a fixées dans une nouvelle directive qui s'applique aux moniteurs de diagnostic mis en service à partir du 1^{er} février 2021. Pour les moniteurs de diagnostic existants, des dispositions transitoires particulières s'appliquent jusqu'au 31 décembre 2024.

Audits cliniques en radioprotection : maintenant dans toute la Suisse !

En 2021, les audits cliniques en radioprotection ont démarré avec succès sur tout le territoire national. Ces audits sont en effet obligatoires depuis 2020 pour tous les établissements médicaux (hôpitaux, cliniques, instituts) exploitant des installations de tomographie, de radio-oncologie ou de médecine nucléaire, ou qui effectuent des examens de radiologie interventionnelle. La pandémie avait toutefois interrompu leur mise en œuvre.

Le but des audits cliniques en radioprotection est d'améliorer la qualité des soins et de garantir la protection du personnel soignant, ceci grâce à un système d'évaluations effectuées par des pairs (système de peer-review). En 2021, ce sont 23 établissements de cardiologie, de médecine nucléaire, de radiologie et de radiothérapie qui ont bénéficié de l'expertise indépendante et externe de 71 auditeurs et auditrices.

Chaque équipe d'audit est généralement composée d'un ou d'une médecin, d'un physicien médical ou d'une physicienne médicale ainsi que d'un technicien ou d'une technicienne en radiologie médicale. À la fin de chaque audit, qui dure une journée au maximum, ceux-ci présentent leurs recommandations au service audité.

La qualité d'exécution de ces premiers audits cliniques obligatoires sera évaluée en 2022 afin de garantir leur plus-value dans le système de santé.

Pour plus d'informations, nous vous invitons à consulter le site internet entièrement remanié www.auditclinique.ch.

Surveillance en mutation

Entre 2016 et 2018, l'OFSP a mis en œuvre des audits dans le domaine opératoire en tant qu'action de surveillance prioritaire. Selon ces audits, l'organisation de la radioprotection au sein d'un hôpital représente un facteur qualitatif pour la culture de radioprotection rencontrée. Des problèmes et des impacts similaires sont constatés dans tous les établissements. L'OFSP, en tant qu'autorité de surveillance, a choisi une approche innovante pour conseiller les établissements.

Information et soutien plutôt que catalogues de mesures :

Lors de la campagne dans le domaine opératoire, la division Radioprotection s'est engagée dans une nouvelle voie ; elle a en effet renoncé à mener des audits au sens classique du terme (audits techniques) et a directement confronté les groupes de personnes concernés dans leur domaines d'activité spécifiques. Chaque groupe professionnel a ainsi eu la possibilité de poser des questions et d'obtenir des informations pratiques et orientées vers l'utilisateur et l'utilisatrice. Dans le cadre d'entretiens, l'OFSP a sensibilisé les personnes responsables aux nouveautés de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP) et leur a apporté un soutien pour la mise en œuvre des mesures en tenant compte des circonstances internes. La présentation de l'organisation interne dans un organigramme de radioprotection permet de maintenir la transparence sur les responsabilités et la répartition des tâches. Cela apporte souvent une indication claire d'un manque de ressources. Les directives doivent fournir des informations et garantir une cohérence dans les procédures. Elles devraient servir d'instrument de travail non seulement à l'hôpital et à ses employés, mais aussi aux autorités.

L'OFSP ne peut toutefois que partiellement favoriser l'émergence d'une culture de la radioprotection :

Il s'agit en effet d'un processus que l'OFSP ne peut faire avancer que partiellement. Son développement doit intervenir chez les experts et les expertes, les utilisateurs et les utilisatrices, ainsi que le personnel exposé. L'autorité offre toutefois un soutien important dans ce domaine. Les autres acteurs et actrices de la radioprotection, dont la responsabilité ne doit pas être

sous-estimée, sont à impliquer dans ce processus. Il s'agit des titulaires d'autorisation, des services de radioprotection, des médecins médicaux et des physiciennes médicales externes, des sociétés spécialisées, des centres de formation et, enfin, des entreprises spécialisées. Pour soutenir le processus, l'OFSP conseille sur place les responsables de la radioprotection des différents hôpitaux, afin d'optimiser l'organisation et la documentation, tout en tenant compte des structures cliniques individuelles. Il soutient aussi le personnel dans l'optimisation de l'application des meilleures pratiques et associe la collaboration des cercles susmentionnés. À cet effet, la division Radioprotection a organisé en 2021 une journée de séminaire à l'intention des spécialistes commerciaux et techniques des entreprises en charge de la vente et du support des appareils de radiologie dans le domaine opératoire et interventionnel. Le but de la manifestation était de transmettre de manière uniforme les informations venant de l'autorité et de souligner l'importance des conseils et suivis ciblés ainsi qu'adaptés aux besoins du terrain.

Comment pourrait-on donc définir la culture de radioprotection?

La culture de radioprotection est présente lorsque toutes les personnes professionnellement exposées aux radiations en Suisse sont informées, sensibilisées et formées en fonction de leur domaine de responsabilité et/ou d'action, afin de garantir dans la pratique la protection des patients et des patientes, du personnel et de tiers. Dans ce cadre, peu importe qu'il s'agisse du personnel spécialisé d'un service de radiologie ou de personnes externes. Tous les thèmes sont intégrés et réglementés de manière structurée dans les processus cliniques. Les responsabilités peuvent être et sont assumées et la collaboration constructive entre tous les acteurs et les actrices fonctionne.

Surveillance des personnes professionnellement exposées aux radiations

En 2021, on comptait environ 104'000 personnes professionnellement exposées aux radiations en Suisse. Environ deux tiers d'entre elles

travaillent dans le secteur médical, les doses annuelles les plus élevées concernant la médecine nucléaire et la radiologie interventionnelle (cardiologie). Quelque 9000 personnes sont professionnellement exposées aux radiations de par leur profession dans l'aviation.

Dans le cadre de son activité de surveillance dans les domaines de la médecine et de la recherche, l'OFSP examine toutes les doses mensuelles au corps entier et au cristallin supérieures à 2 mSv ainsi que toutes celles aux extrémités supérieures à 50 mSv. La plupart des valeurs élevées mesurées durant l'année sous revue concernaient la dose au cristallin ; plusieurs personnes pratiquant la radioscopie ont notamment dépassé la limite annuelle de 20 mSv (voir chapitre événements radiologiques en page 32). Une détermination fiable de la dose au cristallin constitue un défi pour les hôpitaux. L'OFSP a donc demandé à la Société suisse de radiobiologie et de physique médicale (SSRPM) d'élaborer des recommandations sur la dosimétrie du cristallin. Le rapport final du groupe de travail constitué à cet effet a été publié en décembre 2021 sur le site internet de la SSRPM ; il est aussi disponible sur le site de l'OFSP (www.bag.admin.ch/dosimetrie-fr). Ces recommandations seront intégrées dans une directive que l'OFSP est en train d'élaborer (voir aussi au chapitre « Des yeux perçants malgré des années de travail avec des appareils de radioscopie » en page 40).



Figure 3
La 4^{ème} Journée nationale de radioprotection sur le thème de la médecine nucléaire a eu lieu le 29 novembre 2021 ; cette manifestation s'est tenue en ligne avec la participation de plus de 90 spécialistes.

L'OFSP publie des informations plus détaillées concernant les doses accumulées dans le rapport annuel « Dosimétrie des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession en Suisse » (www.bag.admin.ch/dosimetrie-rapports).

4^{ème} Journée nationale de radioprotection sur le thème de la médecine

La 4^{ème} Journée nationale de radioprotection sur le thème de la médecine nucléaire s'est déroulée en ligne le 29 novembre 2021 avec la participation de plus de 90 spécialistes. Les thèmes lessons learned, audits et nouvelles thérapies étaient à l'honneur. Les défis actuels liés à l'élimination des déchets provenant de la médecine nucléaire ont aussi été présentés du point de vue d'une station d'incinération des ordures ménagères (UIOM) et d'un hôpital. En outre, un établissement audité a donné son point de vue sur les premières expériences tirées des audits cliniques. Un aperçu sur les nouvelles thérapies a été donné durant l'après-midi. Les participants et les participantes ont ainsi reçu une information générale sur différents domaines actuels qui dépassent le cadre de leur travail quotidien. Malgré quelques ajustements organisationnels de dernière minute, la journée a rencontré un franc succès.

Nouveau portail en ligne pour les autorisations introduit à l'interne

En tant qu'outil de cyberadministration, le nouveau portail en ligne *Radiation Portal Switzerland* permet une gestion efficace, conviviale et automatisée d'environ 26'000 autorisations de radioprotection. A l'avenir, toutes les transactions entre l'OFSP et les entreprises externes se dérouleront de manière informatisée, y compris l'envoi des autorisations.

Depuis la première phase lancée en mars 2021, l'OFSP et la Suva utilisent tous deux la version *RPS 2.0*, notamment afin de détecter et de corriger les erreurs. La version *RPS 3.0* du portail en ligne sera mis à disposition des entreprises externes en 2022. Ces dernières pourront accéder à leurs autorisations à l'aide d'un compte personnel, leur permettant p.ex.

de demander à l'OFSP des mutations de données déjà existantes. Avec l'introduction de la version *RPS 3.0*, les formulaires interactifs (au format PDF) actuellement utilisés pour les demandes et les notifications en radioprotection seront aussi intégrés au portail en ligne. Vous trouverez des informations complémentaires touchant au portail internet RPS sous le lien suivant : www.bag.admin.ch/rad-formulaires.

Formation et formation continue en radioprotection

Les personnes qui assument des tâches de radioprotection vis-à-vis de tiers doivent attester d'une formation appropriée et, nouvellement, d'une formation continue en radioprotection. L'OFSP est l'autorité de reconnaissance pour les formations et les formations continues en radioprotection en médecine, dans l'industrie et dans la recherche. Durant l'année écoulée, l'OFSP a analysé quelque 200 demandes de reconnaissance de formations en radioprotection acquises à l'étranger ainsi que huit demandes de formations et de formations continues nouvelles ou révisées.

Formation continue en radioprotection

Le maintien à jour des connaissances en médecine représente un défi compte tenu du développement rapide dans ce domaine. L'obligation de formation continue en radioprotection au minimum tous les cinq ans, introduite en 2018, permet de combler facilement d'éventuelles lacunes de connaissances. En raison de la diversité des formes et des possibilités, l'offre de formation continue s'est progressivement développée au cours des quatre dernières années. Il existe actuellement un large éventail de formations continues adaptées aux besoins de chaque entreprise ou de chaque personne, dont voici quelques exemples :

- Formations continues pratiques internes à l'entreprise
- Cours de formation continue dans les écoles de radioprotection
- Conférence/séminaire sur la radioprotection
- Formation continue au sein d'une association professionnelle

Dans le cadre de cette obligation de formation continue, l'OFSP a organisé la 4^{ème} Journée nationale de radioprotection sur le thème de la médecine nucléaire durant l'année sous revue (voir page 17). Il existe aussi une offre de formation continue dans les trois langues nationales pour les personnes qui n'ont pas suivi de formation de base en radioprotection, mais qui sont exposées au rayonnement ionisant durant leur travail quotidien au bloc opératoire.

La première période de cinq ans a commencé le 1^{er} janvier 2018, avec l'entrée en vigueur de l'ORaP. Toutes les personnes qui peuvent attester d'une formation en radioprotection jusqu'au 1^{er} janvier 2018, doivent suivre une formation continue d'ici au 1^{er} janvier 2023. Vous trouverez des informations complémentaires sur notre page internet www.bag.admin.ch/formation-continue-en-radioprotection. Avez-vous d'autres questions concernant la formation continue ? Nous avons rassemblé des réponses sur la page [Radioprotection : questions fréquentes \(admin.ch\)](#).

Actions prioritaires de la surveillance dans le domaine de la formation

Afin d'améliorer en continu la qualité de la formation, l'OFSP a mis en œuvre deux grandes actions prioritaires ces dernières années.

Enquête en ligne auprès des cabinets médicaux

Comme déjà présenté dans le dernier rapport annuel, tous les cabinets médicaux disposant d'une installation radiologique autorisée ont été invités à fournir des informations sur leur niveau de formation en radiologie entre 2019 et 2020. Vous trouverez les résultats détaillés de cette enquête sur la page [Évaluation de l'état de la formation en radiologie dans les cabinets médicaux \(admin.ch\)](#).

Durant l'année 2021, les cabinets disposant d'une formation incomplète dans le domaine des doses modérées (p.ex. abdomen, colonne vertébrale, bassin) ont été recontactés afin de savoir comment ils comptaient rattraper la formation manquante. L'évaluation est encore en cours.

Afin de soutenir le travail des experts et des expertes en radioprotection des cabinets médicaux et d'apporter plus de clarté, l'OFSP a développé la directive « Instructions sur la formation et la formation continue en radioprotection dans la médecine humaine », disponible sous [Médecins \(admin.ch\)](#), ainsi que le « Modèle de concept de formation et de formation continue en radioprotection pour la radiologie dans les cabinets médicaux » disponible sous www.bag.admin.ch/rx-cabinets-medicaux. Ces documents contiennent des informations détaillées sur les formations et formations continues exigées.

Enquête sur la formation en radioprotection des techniciens et des techniciennes en radiologie médicale (TRM) disposant d'un diplôme ES/HES

Une enquête menée en 2018 en collaboration avec l'Institut d'enseignement médical (IML) de l'Université de Berne a indiqué comment les écoles intégraient les thèmes de radioprotection dans la formation et quel était le niveau de satisfaction des étudiants et des étudiantes, ainsi que des responsables de la formation. Les résultats de cette enquête sont disponibles sous [Évaluation de la formation en radioprotection \(admin.ch\)](#). En 2020, l'OFSP a examiné les résultats complets de l'enquête avec les écoles participantes. En 2021, il a mené des discussions avec ces écoles sur la manière d'approfondir les compétences importantes durant la formation, en adaptant certains modules ou en intégrant des modules supplémentaires.

Informations complémentaires sur la formation : [Formation et formation continue en radioprotection \(admin.ch\)](#).

Radioprotection au CERN

Bien qu'ayant le statut d'organisation internationale, l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) s'engage à ce que sa réglementation interne fournisse des garanties équivalentes, en matière de sécurité et de protection contre les rayonnements ionisants, à celles qui résulteraient de l'application des législations nationales de ses deux États hôtes : la Suisse et la France. Un accord tripartite a été signé dans ce sens en novembre 2010. Il prévoit des réunions régulières, à différents niveaux, entre le CERN et les autorités compétentes en matière de radioprotection des États hôtes, soit l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en France et l'OFSP en Suisse.

Rétrospective des dix ans de l'accord tripartite

En 2021, l'OFSP et l'ASN ont proposé d'établir une rétrospective de l'implémentation de l'accord tripartite. Les trois parties prenantes ont examiné dans quelle mesure leurs obligations avaient été remplies. Selon cette analyse, la plupart des clauses de l'accord tripartite ont été implémentées grâce à la fructueuse collaboration des trois parties. Il s'agit p.ex. de l'organisation de visites d'inspection conjointes par l'ASN et l'OFSP, de la dosimétrie individuelle du personnel de l'organisation, ou encore de l'octroi d'autorisations relatives aux différents types de sources radioactives. D'autres clauses, comme p.ex. celles concernant les règles sur les transports radioactifs internes et les modèles d'évaluation de l'impact dosimétrique des installations du CERN, sont en passe d'être remplies ou dans un état de discussion avancé. Concernant l'homologation, par les États hôtes, des dossiers de sécurité des installations du CERN et des règles internes de radioprotection, un calendrier a été convenu pour les principales installations dont les dossiers de sécurité n'ont pas encore été validés. Le CERN a en outre annoncé un projet futur de révision de toutes ses règles internes. Il tiendra l'ASN et l'OFSP informés une fois qu'une feuille de route pour la révision des règles relatives à la radioprotection aura été établie.

Nouvelle décision sur la répartition équitable des déchets radioactifs

L'accord tripartite stipule que les déchets radioactifs provenant des installations du CERN doivent être éliminés dans les États hôtes. Jusqu'à présent, il était convenu que 50 % de la radiotoxicité issue de ces déchets (quantifiée selon une formule approuvée par les trois parties prenantes) serait éliminée vers chacun des deux États. Le CERN a demandé une révision de la décision sous-jacente datant de 2012, afin de disposer d'une plus grande flexibilité et de pouvoir en particulier éliminer ses déchets selon les voies d'élimination les plus favorables, quitte à s'éloigner de la répartition strictement égale entre les deux pays. La nouvelle décision se basera sur les principes d'utilisation des filières nationales existantes et de minimisation de l'impact, du volume et des coûts des déchets. Selon les projections actuelles, la Suisse devrait recevoir, sur le long terme, une fraction plus faible, c'est-à-dire bien inférieure à 50 %, de la radiotoxicité (calculée selon une formule révisée) et du volume des déchets radioactifs du CERN. Il est prévu de finaliser cette nouvelle décision début 2022.

Visites conjointes au CERN

Les représentants et représentantes de l'ASN et de l'OFSP effectuent en moyenne deux visites conjointes par an au CERN. À la suite de ces visites, des recommandations et observations quant aux améliorations potentielles sont adressées au CERN. En mai 2021, une première visite conjointe a été dédiée à la préparation aux situations d'urgence. L'organisation de crise du CERN est bien définie et testée régulièrement par le biais d'exercices. Le CERN a également établi des moyens de communication en cas de crise, notamment mis en œuvre dans le cadre de la gestion de la crise sanitaire en 2020.

Une seconde visite a eu lieu en décembre 2021 concernant l'installation n-TOF (*neutron time-of-flight* ou installation de mesure du temps de vol des neutrons). Il s'agit d'une source de neutrons pulsés qui permet l'étude des interactions entre les neutrons et les noyaux des échantillons sur lesquelles ces neutrons sont projetés. Cette visite a complété l'étude menée par l'OFSP et l'ASN sur le dossier de sécurité de l'installation, mis à jour à l'occasion

du remplacement de la cible n-TOF. L'installation n-TOF pourra être homologuée une fois les recommandations des autorités suisses et françaises implémentées.

Homologation des modèles d'évaluation de l'impact dosimétrique des installations du CERN

Conformément à l'accord tripartite, le CERN doit évaluer, par des méthodes approuvées par l'OFSP et l'ASN, l'impact sur le public et l'environnement de ses effluents radioactifs et du rayonnement diffusé par ses installations. En 2021, les méthodes d'évaluation de l'impact dosimétrique des rejets radioactifs du CERN dans l'air et dans les eaux ont été discutées en détail, modifiées pour répondre aux commentaires des États hôtes, puis finalisées. Le CERN a par ailleurs présenté un autre document sur l'impact du rayonnement diffusé. Une fois celui-ci validé, l'ASN et l'OFSP pourront approuver les modèles actualisés du CERN.

Radioprotection à l'Institut Paul Scherrer

L'Institut Paul Scherrer (PSI), situé à Villigen dans le canton d'Argovie, fait partie des plus vastes centres de recherche de Suisse. Il exploite diverses grandes infrastructures de recherches, parmi lesquelles l'accélérateur de protons associé à diverses lignes de faisceaux et expériences correspondantes, l'accélérateur médical de protons COMET dédié à la protonthérapie, le laser à rayons X à électrons libres SwissFEL, la source de lumière suisse SLS, la source de neutrons SINQ ou encore la source de muons μS . Les accélérateurs et laboratoires de recherche du PSI relèvent du domaine d'autorisation et de surveillance de l'OFSP, tandis que les installations nucléaires sont de la compétence de l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN). Dans le cadre de son activité de surveillance, l'OFSP veille au respect des limites concernant les rayonnements ionisants en vue de garantir la sécurité de la population, du personnel du PSI et de l'environnement. Par ailleurs, l'OFSP accompagne les grands projets du PSI afin de garantir que les installations en cours de construction puissent être exploitées en toute sécurité.

Travaux pendant l'arrêt technique annuel

Comme chaque année, 2021 a commencé par un arrêt technique, permettant au PSI de procéder à des travaux de réparation, de maintenance et de mise à niveau de ses installations. Les travaux de ce genre pouvant être associés à une exposition radiologique, ils font l'objet d'une planification détaillée. Les objectifs fixés par le PSI en termes de doses reçues par les travailleurs et les travailleuses durant les travaux ont pu être atteints. L'arrêt technique a été l'occasion pour l'OFSP d'effectuer plusieurs visites d'inspection. Ce fut p.ex. le cas de l'audit réalisé en mars 2021, juste avant la remise en exploitation des installations, dans le but d'inspecter les tests du PSI sur les systèmes de sécurité d'entrée des personnes (tests PSYS), c'est-à-dire les systèmes qui contrôlent l'accès des personnes aux secteurs surveillés ou contrôlés. Durant cet audit, aucun manquement significatif n'a été constaté.

Audit d'un nouveau laboratoire GMP

En 2021, le PSI a inauguré un nouveau laboratoire de type A, dédié à la production de produits radiopharmaceutiques selon les normes GMP (*good manufacturing practices* ou bonnes pratiques de fabrication). L'OFSP a effectué deux inspections de ce nouveau laboratoire, la première visant à auditer les tests effectués par le PSI sur le blindage des cellules chaudes dans lesquelles seront manipulés les produits radiopharmaceutiques. L'objectif de la seconde inspection était de vérifier le respect des exigences architecturales imposées aux secteurs de travail de type A. Le PSI a reçu l'autorisation de mise en service du laboratoire, après avoir implémenté les actions correctives exigées par l'OFSP.

Nouveau système de planification de traitement au Centre de protonthérapie

Le Centre de protonthérapie du PSI traite des personnes atteintes de certains cancers à l'aide de faisceaux de protons extrêmement précis qui permettent d'épargner les tissus sains environnants. Un plan de traitement est systématiquement préparé en amont à l'aide d'un logiciel

dédié : le système de planification de traitement (*treatment planning system* ou TPS). Le PSI a développé lui-même un nouveau TPS du nom de Fiona, qui sera utilisé dans l'une de ses unités de radiothérapie. L'OFSP a donné son accord pour l'exploitation clinique de ce nouveau TPS, sur la base des informations données dans le cadre de différentes séances et des documents fournis par le PSI, en particulier les résultats du test de réception de Fiona.

Déchets radioactifs

La Confédération est chargée d'éliminer les déchets radioactifs provenant de la médecine, de l'industrie et de la recherche, à l'exception des déchets des exploitants des centrales nucléaires. L'OFSP organise chaque année une campagne de ramassage de ces déchets, qui sont ensuite traités et entreposés dans le dépôt intermédiaire fédéral (BZL) à Würenlingen dans le canton d'Argovie. À l'avenir, la totalité des déchets devra être stockée définitivement dans un dépôt en couches géologiques profondes. La procédure de sélection des sites de dépôt est longue et complexe. La mise en service d'un dépôt pour les déchets de faible et moyenne activité, dont la majeure partie des déchets de la Confédération fait partie, est prévue pour 2050.

Campagne de ramassage des déchets radioactifs

Au cours de la campagne de ramassage de 2021, 31 entreprises ont livré des déchets radioactifs présentant une activité totale de 5.1×10^{14} becquerels (en majeure partie du tritium H-3) et un volume total brut de 6.8 m³. Par ailleurs, certains déchets contenant du tritium et du carbone-14 ont pu être incinérés avec l'autorisation de l'OFSP dans le respect des dispositions de l'article 116 de l'ORaP. Lorsque cela est possible, une décontamination et un entreposage de déchets faiblement radioactifs pour décroissance en entreprise, permettant ensuite de les libérer, est aussi envisageable et souhaitable.

La réutilisation ou le recyclage de sources radioactives scellées de haute activité s'avère être une alternative judicieuse à leur élimination comme déchets radioactifs. Cela concerne notamment les sources d'américium-241, de krypton-85, de césium-137 ou encore de cobalt-60. En réponse au Plan d'action Radiss (voir aussi en page 29), de nombreuses sources

de haute activité contenant du césium-137, notamment utilisées pour l'irradiation du sang, ont été envoyées à l'étranger en 2021, afin d'être conditionnées pour la revente. La plupart des installations utilisant des sources de haute activité ont été remplacées par des technologies comportant moins de risques, p.ex. des irradiateurs à rayons X.

Contrôle de la présence de matières radioactives orphelines dans les déchets

Avec l'entrée en vigueur de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP) révisée, les entreprises qui incinèrent des déchets ménagers ou de composition analogue sont désormais tenues de vérifier la présence de matières radioactives orphelines. Cela concerne notamment une trentaine d'usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM), qui ont installé à cet effet des portiques appropriés de mesure pour le contrôle des déchets. L'OFSP, en tant qu'autorité de surveillance compétente, a contrôlé la conformité des équipements de mesure ainsi

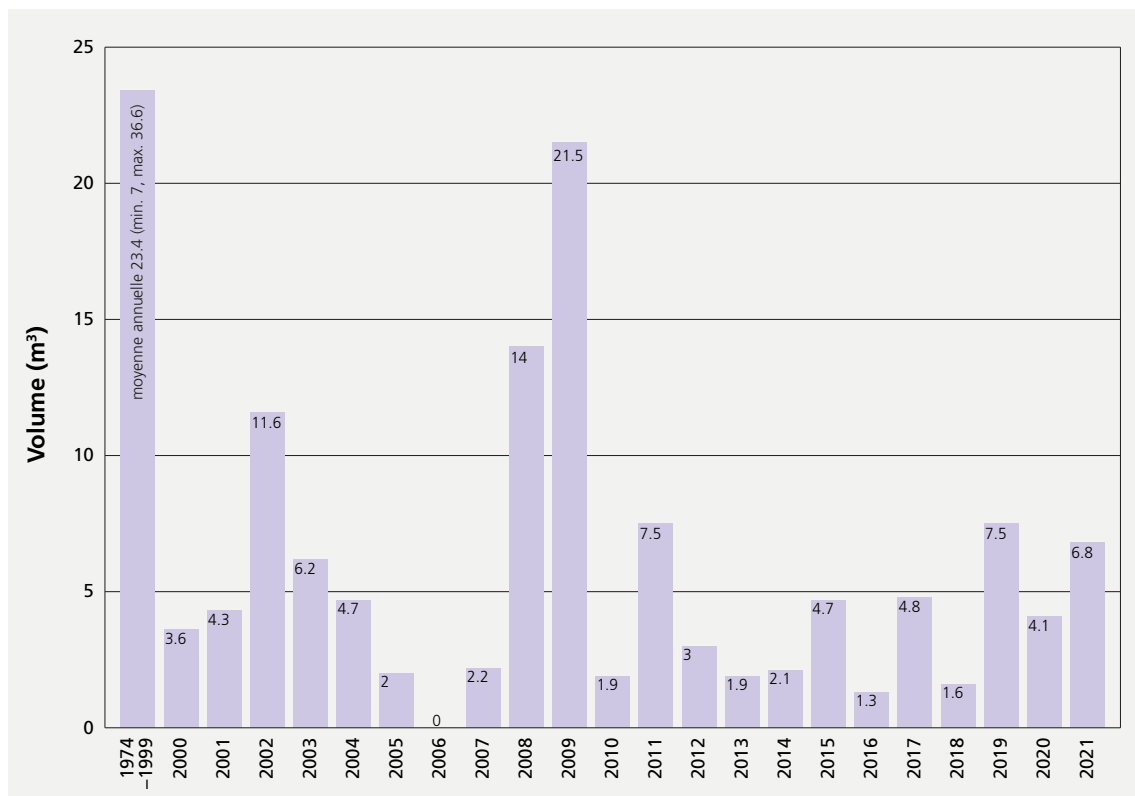


Figure 4
Evolution des volumes de déchets collectés par la Confédération et livrés au dépôt intermédiaire fédéral (BZL) durant les quarante dernières années.

que la procédure à suivre en cas d'alarme dans les entreprises en question, en collaboration avec le service de vérification du PSI. Lorsque que tous les critères de la directive en vigueur pour le contrôle de la présence de matières radioactives orphelines dans les déchets sont satisfaits, l'entreprise reçoit une autorisation pour cette activité. Cette directive est disponible sous www.bag.admin.ch/matiere-radioactive-orpheline. Une grande partie des alarmes de radioactivité lors de la livraison de déchets dans les UIOM est due à des déchets contaminés par des radionucléides utilisés en médecine. Il s'agit généralement d'articles d'hygiène contenant de l'iode-131 ou du lutétium-177 et provenant de patients ou de patientes en thérapie qui sortent d'une hospitalisation. Les déchets de faible activité et de courte

période peuvent la plupart du temps être libérés pour incinération dans le respect du cadre légal et avec l'accord de l'OFSP. Il arrive cependant que l'on détecte des déchets ou des héritages radiologiques qui doivent être séparés et éliminés comme déchets radioactifs. La figure 5 indique la fréquence des radionucléides rencontrés. Les deux radionucléides de thérapie (à savoir l'iode-131 et le lutétium-177) se partagent la première place avec 26 déclarations chacun. Avec neuf découvertes de technétium-99m et quatre autres radionucléides utilisés en médecine (divers médecine), on constate qu'environ 80 % des objets détectés proviennent de la médecine (voir figure 7). Parmi les découvertes non médicales, les héritages radiologiques contaminés au radium-226 sont les plus fréquents.

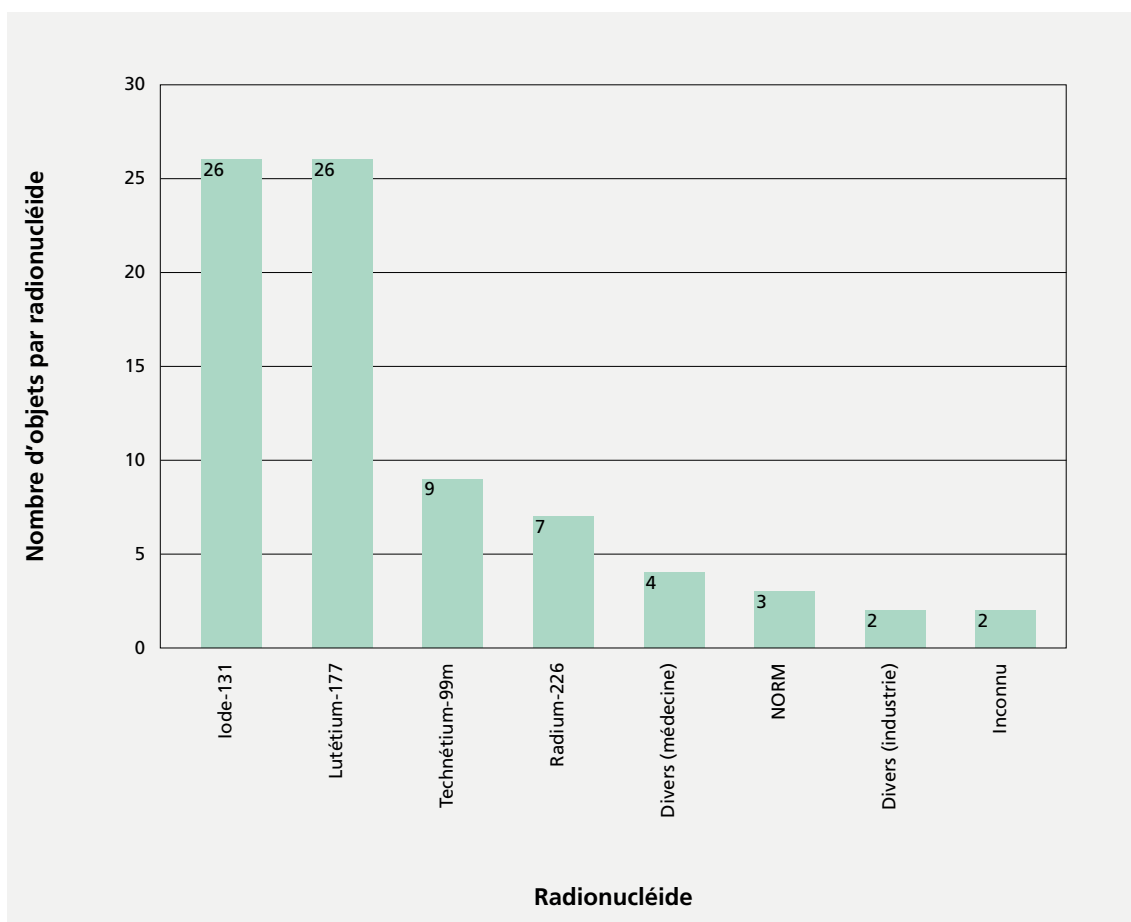


Figure 5 Répartition des radionucléides détectés et identifiés dans les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM). Les radionucléides les plus souvent détectés sont l'iode-131 et le lutétium-177 utilisés à des fins médicales et thérapeutiques. Ils sont suivis des radionucléides utilisés pour le diagnostic, p.ex. le technétium-99m, le fluor-18 et l'indium-111. Le radium-226, provenant des héritages radiologiques (p.ex. de peinture luminescente au radium), est le radionucléide le plus souvent détecté en dehors des applications médicales. D'autres découvertes sont dues à des matériaux radioactifs naturels (NORM) ou à d'autres nucléides utilisés à des fins industrielles.

Le nombre de découvertes notifiées a très fortement augmenté ces deux dernières années. En effet, pratiquement toutes les UIOM disposent désormais de systèmes de mesure très sensibles. Par ailleurs, l'OFSP a pu améliorer la discipline de notification par de fréquentes visites des entreprises. La figure 6 montre l'évolution du nombre de déclarations depuis 2015, année durant laquelle seule une poignée d'entreprises contrôlait la radioactivité des déchets.

Outre les UIOM, les décharges peuvent aussi être concernées par les matières radioactives orphelines. Il est donc prévu que le Service sécurité au travail de l'Association suisse des exploitants d'installations de traitement des déchets (ASi-ASED) étudie la fréquence des événements impliquant de la radioactivité dans les décharges, afin de décider si ces dernières doivent être soumises à l'avenir à l'obligation de contrôler la radioactivité dans les matériaux éliminés par cette voie. Pour ce faire, on évaluera les cas d'alarme au cours des dernières années dans sept décharges. Sur la base du risque existant pour le personnel et l'environnement, l'OFSP décidera, avec le soutien de la Commission fédérale de radioprotection (CPR), si les décharges doivent être soumises à l'obligation de mesurer la radioactivité, et le cas échéant lesquelles.

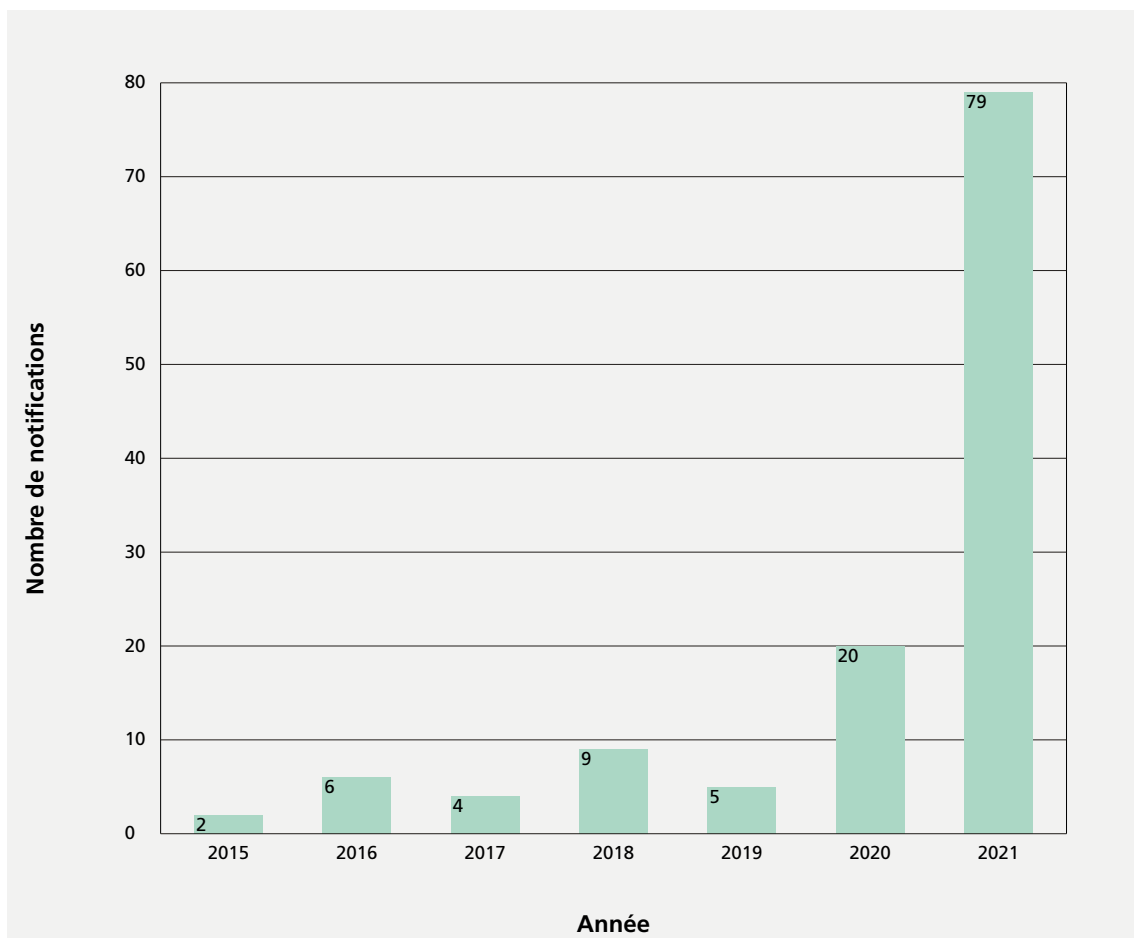


Figure 6
Nombre de découvertes notifiées de matières radioactives dans les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) depuis 2015. Avec la mise en vigueur de l'obligation de mesure en 2020, le nombre de matières radioactives détectées et notifiées a significativement augmenté.



Figure 7
De telles compresses au radium étaient utilisées jusque dans les années soixante pour le traitement de plaies et d'ulcères.



Figure 8
Assainissement d'une décharge associée à la production d'engrais phosphaté

Nouvelle directive sur l'élimination des déchets NORM

Selon l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP), les déchets contenant des matières radioactives naturelles sont désignés comme déchets NORM (voir aussi en page 58 du présent rapport). Les déchets NORM dont l'activité est supérieure à la limite de libération des NORM (LNN) peuvent représenter un danger pour l'être humain et la nature lorsqu'ils sont rejetés dans l'environnement ; certaines conditions-cadres doivent donc être respectées lors de leur élimination. Sont notamment considérés comme rejet de NORM dans l'environnement la mise en décharge, l'incinération ou le recyclage dans une installation de traitement. Le rejet de déchets NORM dans l'environnement n'est autorisé que si, par le biais de mesures appropriées, la dose efficace associée au rejet reste inférieure à 0.3 mSv par année civile pour les personnes du public. La nouvelle directive en préparation définit les critères relatifs à l'accord de l'autorité chargée de délivrer les autorisations (à savoir l'OFSP) pour

le rejet de déchets NORM dans l'environnement. Pour l'élimination de déchets NORM, il faut en outre que l'entreprise en question soit d'accord de les prendre en charge et que l'autorité cantonale de protection de l'environnement délivre une autorisation d'élimination, ces déchets contenant généralement aussi des polluants non radioactifs. Lorsque tous les services concernés ont donné leur accord à la voie d'élimination envisagée et que les critères fixés sont respectés, le rejet dans l'environnement est alors autorisé. Les déchets NORM peuvent résulter de l'utilisation de matières premières naturelles. Les agents de grenailage pour le traitement de matériaux contiennent p.ex. de l'uranium naturel avec ses produits de filiation, dont l'activité dépasse parfois la limite de libération NORM. Les déchets NORM peuvent en outre provenir d'héritages radiologiques, p.ex. de la production d'engrais phosphaté (figure 8), ces résidus contenant aussi de l'uranium naturel. La nouvelle directive de l'OFSP concernant l'élimination des déchets NORM devrait être publiée en 2022.

Droit pénal administratif

L'OFSP délivre des autorisations et surveille les exigences liées à l'utilisation de rayonnement ionisant dans les domaines de la médecine, de l'industrie (à l'exception des installations nucléaires), de la recherche et de la formation. Les infractions sont régies par la Loi sur la radioprotection (LRaP). En cas de contraventions (art. 44 LRaP), l'OFSP mène une enquête sur les faits. La partie présumée responsable de l'infraction a la possibilité de prendre position. Les infractions courantes concernent les installations radiologiques dont le contrôle d'état est en retard ou inexistant. Depuis 2015, l'OFSP a sanctionné par une amende plus de 800 infractions de ce type. Une autre infraction concerne les appareils à rayons X qui ont été installés et exploités sans autorisation. En 2021, six entreprises de radiologie ainsi que sept établissements médicaux ont contrevenu à cette obligation. L'OFSP transmet les délits (art. 43 et 43a LRaP) au Ministère public de la Confédération. Il s'agit de cas rares, mais

graves, tels que des irradiations injustifiées ou l'usage non réglementaire de sources radioactives, comme p.ex. leur élimination illégale.

Avec la mise en vigueur, le 1^{er} juin 2019, de l'Ordonnance relative à la Loi fédérale sur la protection contre les dangers liés au rayonnement non ionisant et au son (O-LRNIS), l'importation et le transit, l'offre, la remise ainsi que la possession de pointeurs laser (à l'exception de ceux de la classe 1) sont interdits (art. 23 O-LRNIS). La phase de transition pour les appareils de la classe 2 a pris fin en 2021 ; leur utilisation et leur possession ne sont désormais plus admises. L'OFSP mesure les pointeurs laser confisqués par l'Administration fédérale des douanes et transmet les infractions au Ministère public compétent.

Le nombre annuel de cas d'infraction depuis l'entrée en vigueur de l'O-LRNIS est indiqué dans la figure 9, tout comme le nombre de pointeurs laser confisqués.

	2019	2020	2021
Nombre de cas d'infraction	66	134	87
Nombre de pointeurs laser confisqués	121	170	120

Figure 9
Nombres annuels de cas d'infraction et de pointeurs laser confisqués entre 2019 et 2021

Plan d'action visant à renforcer la sûreté et la sécurité radiologique « Radiss »

Avec le Plan d'action Radiss 2020–2025 adopté en octobre 2020, la Confédération entend réduire les dangers associés aux matières radioactives non contrôlées. Ce chapitre vise à dresser le bilan de la première année du plan d'action.

Lorsque des matières radioactives ne sont pas ou plus sous contrôle réglementaire, elles représentent un danger pour l'être humain et l'environnement et peuvent causer des dommages importants. Ces matières ne doivent donc pas échapper au contrôle, que ça soit par abus ou par négligence.

Le Plan d'action Radiss vise à renforcer ce contrôle par le biais de différentes mesures touchant à trois champs d'action : la prévention, la détection et l'intervention. Outre les actions qui concernent directement la mise en œuvre de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP) et qui sont suivies par les autorités de surveillance, des groupes de travail ont été formés pour chaque champ d'action. Plusieurs services fédéraux, issus des domaines de la radioprotection, de la sécurité nationale, de la poursuite pénale et du renseignement mettent en œuvre le Plan d'action Radiss dans le cadre de ces groupes de travail et posent les bases d'une collaboration efficace et plus étroite dans le domaine de la sûreté radiologique en Suisse.



État d'avancement du champ d'action 1 : Prévention

Pour prévenir les abus, les entreprises qui travaillent avec les sources dites de haute activité doivent empêcher l'accès aux personnes non autorisées. À cet effet, elles mettent actuellement en œuvre des mesures de sûreté renforcées sur le plan architectural, technique et organisationnel. Les autorités de surveillance, à savoir l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), la Suva et l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN), accompagnent les entreprises dans cette démarche, depuis la planification jusqu'à la réalisation. Une mesure optimale serait de renoncer à l'utilisation de sources radioactives, p.ex. en ayant recours à des technologies alternatives. Grâce au progrès technologique, il existe déjà des alternatives équivalentes pour certaines applications, notamment pour les sources de haute activité qui peuvent être remplacées par des appareils à rayons X ou des accélérateurs linéaires. Le plan d'action vise à éliminer, d'ici fin 2025, tous les appareils d'irradiation du sang contenant du césium-137, ainsi que les autres sources à haut risque pour lesquelles il existe des alternatives. Cet objectif est déjà à portée de main, la majeure partie de ces sources de haute activité ayant déjà été éliminée (selon l'état au 31.12.2021). Pour celles qui restent, les exploitants ont garanti une élimination dans les meilleurs délais.

Figure 10
Les sources de haute activité issues des appareils d'irradiation du sang éliminés sont exportées dans des véhicules de transport de matières dangereuses vers des pays européens pour y être recyclées.

Le groupe de travail, constitué de membres de l'IFSN, de la Suva et de l'OFSP, s'occupe du développement des réglementations et des exigences concernant la sûreté des sources radioactives scellées de haute activité ainsi que de la justification de leur utilisation. Cela comprend également la promotion d'alternatives à ces sources, telles que les appareils à rayons X ou les accélérateurs linéaires. Il s'agit de définir des processus uniformes pour l'octroi ou le renouvellement d'une autorisation. En principe, toute utilisation de rayonnement ionisant doit être justifiée. S'il existe une technologie alternative sans radioactivité pour une application spécifique d'une source de haute activité, celle-ci doit être privilégiée, car elle implique moins d'inconvénients pour l'être humain et l'environnement, p.ex. en cas d'accident. Avec cette stratégie et en présence d'alternatives équivalentes, de moins en moins d'autorisations seront octroyées à l'avenir pour de nouvelles sources de haute activité. Les sources existantes seront ainsi progressivement éliminées dans le cadre d'un processus d'élimination par étape.

État d'avancement du champ d'action 2 : Détection

Le deuxième champ d'action, concernant la détection, a pour objectif de détecter les matières radioactives qui ne sont pas ou plus sous contrôle réglementaire. Le plan d'action prévoit à cet effet des mesures visant à détecter les héritages radiologiques (p.ex. les objets contenant du radium) ou les matières radioactives éliminées illégalement. Pour ce faire, les usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) et les entreprises de récupération (de la branche métallurgique) doivent contrôler la radioactivité de tous les matériaux.

Les UIOM ont fait de grands progrès ; depuis cette année, l'ensemble des trente UIOM sont équipées de portiques de mesure. Dans le domaine du recyclage et de l'exportation des métaux, les estimations actuelles font état d'une centaine d'entreprises qui doivent également procéder à ces mesures. À ce jour, un peu plus de cinquante entreprises sont en mesure d'effectuer des mesures, les autres

étant encore en phase de mise en œuvre. En 2021, l'OFSP a reçu environ deux notifications par semaine concernant la découverte de matière radioactive dans de telles entreprises. Pour en savoir plus sur la nature et le nombre de découvertes dans les UIOM, veuillez consulter le chapitre « Contrôle de la présence de matières radioactives orphelines dans les déchets » en page 22.

Un groupe de travail spécifique a été mis en place pour élaborer une stratégie générale de détection des matières radioactives orphelines et illégales. Il comprend des représentants et des représentantes de l'OFSP, de la Suva, du Laboratoire de Spiez, de l'Office fédéral de la douane et de la sécurité des frontières (OFDF), du Service de renseignement de la Confédération (SRC), de l'Office fédéral de la police (fedpol) et du Centre de compétences NBC-DEMUNEX de l'armée. En 2010, l'OFSP avait chargé le bureau Herrmann Consultant de réaliser une étude relative aux transports radioactifs illégaux. Sur la base des recommandations de cette étude, des contrôles prioritaires périodiques de la radioactivité (mesures CP) sont effectués depuis 2015. Dans ce cadre, l'OFSP coordonne des mesures de marchandises à l'importation, à l'exportation et au transit, ainsi que des mesures de personnes et de bagages à leurs points d'entrée en Suisse. Les expériences tirées de ces mesures CP sont complétées par des résultats de relevés statistiques supplémentaires. Ceux-ci indiquent la fréquence, sur un intervalle de temps donné, à laquelle des valeurs de rayonnement élevées sont survenues sur certains sites préalablement sélectionnés et concernés par d'importants flux de marchandises et de personnes. Les mesures CP et les relevés statistiques forment ensemble la base d'évaluation du risque potentiel sur ces différents sites. La probabilité que des matières radioactives orphelines soient contenues dans des déchets ou des matériaux à recycler est notamment élevée.

Sur la base de ces constats, le groupe de travail décidera où il convient d'intensifier les contrôles à l'avenir et quelles sont les ressources nécessaires à cette démarche. Le futur concept de détection doit en outre garantir que la Suisse puisse mobiliser rapidement les moyens de mesure et les forces d'intervention nécessaires

en cas de situation extraordinaire. On parle p.ex. de situation extraordinaire lorsque des personnes ou des marchandises provenant de régions contaminées arrivent en Suisse, comme cela fut le cas dans le passé suite aux accidents nucléaires de Tchernobyl et de Fukushima-Daïchii.

État d'avancement du champ d'action 3 : Intervention

Le champ d'action « Intervention » est abordé par le plus grand groupe de travail, qui doit principalement coordonner la gestion d'événements radiologiques et qui comprend donc de nombreux cercles intéressés (OFSP, Suva, IFSN, OFDF, Centrale nationale d'alarme (CENAL), SRC, Laboratoire de Spiez, fedpol, Ministère public de la Confédération (MPC), Office fédéral de l'énergie (OFEN), Centre de compétences NBC-DEMUNEX).

Sa mission est de vérifier et d'harmoniser la coordination nationale suite à des événements radiologiques. Dans le contexte de Radiss, le vol d'une source radioactive ou la découverte d'une telle source orpheline dans une entreprise de recyclage sont p.ex. considérés comme des événements. Il existe actuellement plusieurs documents qui traitent de leur maîtrise. Ils couvrent principalement les événements qui se produisent dans des entreprises disposant d'une autorisation pour la manipulation de sources radioactives. Les services compétents et les processus de notification y sont par exemple définis. Pour les événements qui se déroulent en dehors de ce cadre, il n'existe pas de description détaillée des responsabilités. A l'heure actuelle, il n'est donc pas exclu que les informations ne parviennent au service compétent qu'à travers des voies détournées, pouvant conduire à des retards dans la gestion d'un événement ou à des interventions inutiles. Parmi les événements de cette nature, on compte le commerce illégal de matières contenant une radioactivité naturelle élevée (p.ex. produits avec des « ions négatifs ») ou encore la détection de matières radioactives lors d'un contrôle ciblé à la frontière.

Afin d'éviter à l'avenir une gestion retardée des événements ou des interventions inutiles, les documents existants doivent être harmonisés et complétés. Cette tâche pourra être réalisée dans le cadre du groupe de travail, en collaboration étroite avec les autorités compétentes. Le document devra ensuite être diffusé auprès des entreprises concernées et des forces cantonales d'intervention, car ce sont souvent ces organismes qui entrent en action au début de la chaîne d'intervention.

Événements radiologiques

L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) a pour mission de protéger la population des rayonnements ionisants, notamment les patients et les patientes, les personnes professionnellement exposées aux radiations et l'environnement. Malgré les mesures de prévention et de protection mises en œuvre, il peut arriver que des événements radiologiques soumis à déclaration surviennent ou que des héritages radiologiques soient découverts. L'OFSP est tenu d'étudier ces cas, de les évaluer et d'en informer le public de manière appropriée. Toutes les expositions involontaires de patients ou de patientes ainsi que d'organes dues à des erreurs d'identification doivent être notifiées. L'OFSP espère ainsi instaurer une culture du retour d'expérience (lesson learned) et améliorer la sécurité des patients et des patientes.

L'OFSP analyse de manière approfondie tous les événements radiologiques déclarés ou mis en évidence par son activité de surveillance. Parmi les événements radiologiques, on distingue : les événements médicaux qui concernent exclusivement les patients et les patientes, et les événements non-médicaux qui concernent les travailleurs et les travailleuses, la population ou l'environnement et qui comprennent en particulier toutes les défaillances au sens de l'art. 122 de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP).

Durant l'année 2021, 215 événements, dont 88 événements médicaux, ont été enregistrés (en 2020, ce nombre s'élevait à 155 événements, dont 87 événements médicaux). Les experts et expertes de l'OFSP évaluent les conséquences possibles, examinent les mesures correctives proposées et décident si une inspection s'impose. En outre, l'OFSP est tenu d'informer la population de manière appropriée sur ces événements, parfois en collaboration avec les entreprises ou les autorités concernées. Tout événement notifié figure sous la forme de statistique dans le présent chapitre. Les statistiques comprennent tous les événements de l'année sous revue qui ont été signalés au plus tard à la fin du mois de février de l'année suivante. Les événements marquants sont par ailleurs brièvement décrits.

Événements radiologiques 2021

Événements radiologiques médicaux : voir en page 36.

Classification

Les événements radiologiques (sans les événements radiologiques médicaux) annoncés à l'OFSP sont classés en quatre catégories :

Environnement, entreprises et population, catégorie A

Ces événements concernent principalement des rejets involontaires de radioactivité dans l'environnement, des déviations par rapport aux procédures dans les entreprises ou encore des événements impliquant l'entrée en contact de membres du public avec des substances radioactives.

Héritages radiologiques, sources orphelines, pertes de source, catégorie B

Tous les événements liés à des sources radioactives hors de contrôle (perte, vol, découverte, élimination illégale, etc.) sont classés dans cette catégorie. La majeure partie concerne des héritages radiologiques (matériel horloger contenant du radium-226 ou autres) déclarés

par les entreprises de traitement des déchets qui disposent d'installations de mesure de la radioactivité. Les événements impliquant un risque d'irradiation non négligeable sont classés en catégorie A (pour les membres du public) ou en catégorie C (pour les personnes professionnellement exposées aux radiations).

Personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession, catégorie C

Lors de ces événements, une personne professionnellement exposée aux radiations reçoit une dose par inadvertance, avec ou sans dépassement de la limite légale de dose (voir aussi dans le Rapport annuel sur la dosimétrie des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession en Suisse sous www.bag.admin.ch/dosimetrie-rapports).

Transport, catégorie D

Il s'agit de tous les événements annoncés survenus lors du transport de sources radioactives. Dans la plupart des cas, ils concernent des déviations par rapport aux exigences réglementaires.

Résumé

Six événements ont été recensés dans la catégorie « Environnement, entreprises et population » (catégorie A). Dans trois cas, il s'agissait de rejets involontaires de radioactivité dans la ventilation de cyclotrons. Ces rejets n'ont pas provoqué de dépassements des limites de rejet autorisées. Un cas concerne le débordement d'une cuve de rétention en médecine nucléaire. Les eaux contaminées ont été collectées dans le bac de rétention de sécurité, empêchant ainsi un rejet dans l'environnement. Dans un autre cas, une chambre d'hôpital a été contaminée par un patient sortant d'une thérapie thyroïdienne. Le dernier cas concerne un enfant ayant été radiographié par erreur lors d'un contrôle de marchandise à la douane, sa présence dans le camion n'étant pas connue du personnel de douane. La dose résultante pour l'enfant est restée cependant très faible et bien en dessous des limites légales.

En 2021, 111 cas ont été annoncés dans la catégorie « Héritages radiologiques, sources orphelines, pertes de source » (catégorie B) contre 50 en 2020. Le nombre de cas annoncés

continu ainsi sa progression depuis l'introduction en 2018 d'une obligation de mesure et d'annonce dans les usines d'incinération (UIOM) et les entreprises de recyclage des métaux. Le nombre de cas a surtout augmenté pour les radionucléides de courte durée de vie utilisés en médecine, ces derniers finissant parfois dans les déchets ménagers après la sortie de patients ou de patientes ayant suivi un traitement de médecine nucléaire (2021: 63 cas, 2020: 20 cas). Ces cas n'engendrent pas de risques pour le public ou le personnel, mais provoquent régulièrement des alarmes dans les UIOM. Le nombre de découvertes de matériaux radioactifs pouvant être considérés comme des héritages radiologiques (notamment du radium-226) dans des déchets conventionnels est en augmentation (26 cas), de même que le nombre de découvertes de matériaux NORM contenant de la radioactivité d'origine naturelle (13 cas). Quelques événements d'intérêt sont décrits plus bas.

Durant l'année 2021, six événements ont été classés dans la catégorie des contaminations ou des doses au personnel professionnellement exposé aux radiations (catégorie C). Le premier cas concerne du personnel scientifique ayant manipulé des minéraux radioactifs sans mesures de protection dans une haute école. L'estimation des doses externes montrent des doses faibles de l'ordre d'une centaine de μSv . Dans le deuxième cas, une dose aux extrémités dépassant largement les limites légales pour une personne employée en médecine nucléaire a été annoncée à l'OFSP. L'enquête de l'OFSP a cependant démontré que la dose n'avait pas été accumulée par la personne, mais uniquement par le dosimètre. Dans le cas suivant, du personnel technique est intervenu sur des cuves de rétention de médecine nucléaire en voie de démantèlement, sans avoir auparavant vérifié l'état de contamination des cuves. Une vérification à posteriori n'a établi aucune contamination, permettant ainsi d'exclure toute exposition du personnel.

De plus, trois dépassements de la limite annuelle de dose au cristallin ont été constatés, deux des médecins concernés travaillant en radiologie interventionnelle et une autre en chirurgie vasculaire. Tous trois ont effectué un grand nombre d'interventions complexes et longues sous fluoroscopie. Les hôpitaux doivent

maintenant réduire les doses mensuelles accumulées au moyen de différentes mesures de radioprotection, sous l'accompagnement de l'OFSP.

Trois événements ont été rapportés dans le domaine des transports (catégorie D). Un cas concernait un retour de colis sensé être vide, mais contenant encore un flacon. Même si le flacon ne comportait plus d'activité, la procédure réclamait son retrait avant le retour. Dans un autre cas, quatre colis en provenance du Canada dépassaient la limite de débit de dose de 5 µSv/h pour des colis exceptés (trois fois 7 µSv/h et une fois 10 µSv/h). Malgré ces erreurs, ces événements n'ont pas présenté de danger pour la population ou le personnel concerné. Le dernier cas concernait une source radioactive insuffisamment protégée lors d'un transport aérien de Johannesburg à Amsterdam via Zurich. Cet événement a été publié sur le site internet de l'OFSP : [Événements de radioprotection \(admin.ch\)](#).

Un dernier cas, classé sous « Autre » (catégorie E) concernait une mise à jour du système de gestion d'un appareil à rayons X à protection totale, permettant la mise en marche (supposée) de l'installation alors que la porte blindée restait ouverte, ce qui est en principe impossible sur ce type d'installations. Le problème a été rapidement identifié et corrigé, évitant ainsi toute exposition des personnes.

Aucun des événements annoncés en 2021 n'a été classé en INES 1¹ ou plus, en raison de leur dangerosité limitée. Par ailleurs 17 cas, principalement des découvertes de sources, ont été annoncés dans la base de données ITDB (*Incident & Trafficking Database*) de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

Description des événements radiologiques présentant un intérêt particulier

Blocage d'un paquet à destination de la Suisse contenant des substances radioactives

Lors d'un contrôle de routine à Holyhead, au pays de Galles, un véhicule a déclenché une alarme sur un portique de mesure de la radioactivité. Le véhicule contenait des colis postaux en provenance d'Irlande et destinés à être transportés jusqu'à l'aéroport d'Heathrow afin d'être acheminés par avion à diverses adresses à l'étranger.

L'intervention d'une équipe spécialisée a permis de déterminer que le rayonnement mesuré provenait d'un paquet unique en provenance de Maynooth (agglomération de Dublin) à destination d'une entreprise suisse basée à Genève et contenant, selon la déclaration, une boussole d'avion. L'information de cette découverte a été transmise aux différentes autorités concernées, dont l'OFSP et la Suva.

L'analyse des autorités a montré qu'il s'agissait effectivement d'une boussole d'avion, achetée sur Ebay par une personne privée en Suisse en vue d'être montée sur une voiture de collection. La boussole en question contenait une quantité relativement importante de peinture luminescente au radium-226. Malgré l'interdiction, il y a près de 60 ans, de l'utilisation de la peinture au radium-226, il arrive encore fréquemment que de tels objets soient retrouvés chez des personnes privées ou dans les déchets (notamment des pièces d'horlogerie).

Il existe aussi un intérêt historique ou de collection pour ce type d'objets qui sont régulièrement proposés à la vente sur des plateformes en ligne. Le commerce d'objets contenant du radium-226 est toutefois interdit et leur découverte mobilise malheureusement à chaque fois des ressources conséquentes. L'OFSP rappelle donc que la détention d'objets contenant du radium-226 nécessite une

1 L'Échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (INES) de l'AIEA a pour but d'informer et de classer de manière uniforme les événements et permet une évaluation globale des risques liés aux incidents. L'OFSP communique à l'AIEA les événements classés INES 2 ou plus (<https://www.iaea.org/fr/ressources/echelle-internationale-des-evenements-nucleaires-et-raadiologiques-ines>).

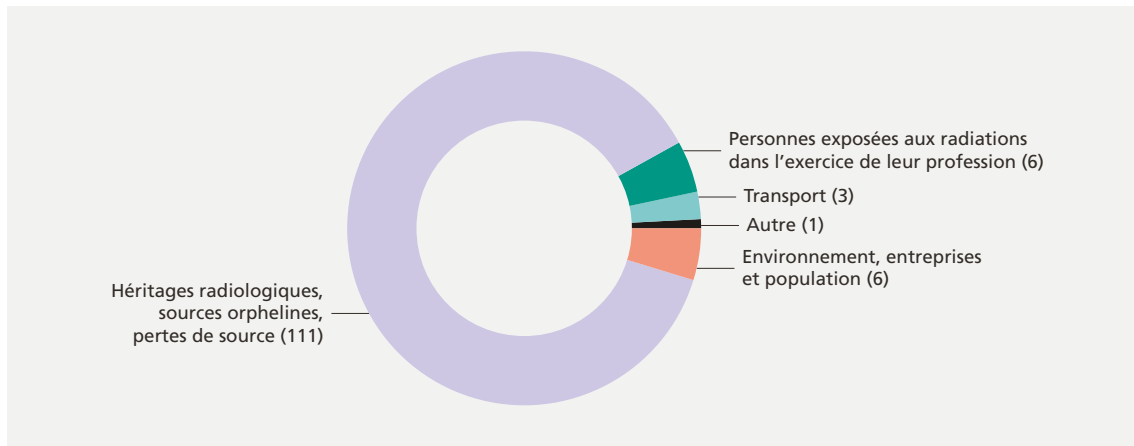


Figure 11
Répartition des 127 événements radiologiques notifiés en 2021 et domaines concernés, sans les événements concernant des patients et les patientes (événements radiologiques médicaux)

autorisation, que leur commerce est interdit et que ceux-ci doivent être éliminés comme déchets radioactifs. De plus amples informations figurent dans la fiche « Montres contenant du radium » disponible sous www.bag.admin.ch/rad-directives (fiches d'information).

Élimination d'un câble de téléphérique contenant une source radioactive

Les déchets métalliques présentent un risque accru de contenir des matières radioactives orphelines. En conséquence, la législation sur la radioprotection exige que la ferraille fasse l'objet d'un contrôle de la radioactivité avant son exportation et son recyclage dans une fonderie (voir article 104 de l'ORaP). Dans le cas présent, ce certificat de contrôle de la radioactivité faisait défaut lors de l'exportation d'un chargement de ferraille, ce qui a conduit l'administration italienne des douanes à ordonner une mesure. Un débit de dose de 30 $\mu\text{Sv/h}$, soit 300 fois le bruit de fond naturel, a été constaté.

Le chargement de ferraille était constitué d'un câble de transport d'un téléphérique mis au rebut, dans lequel la source radioactive (césium-137, 235 MBq), utilisée pour le marquage de l'épissure (point de jonction entre plusieurs brins du câble), n'avait pas été démontée correctement. La cargaison a dû d'abord être retournée à son ancien propriétaire, une société de remontées mécaniques, en vue du démontage de la source. La raison pour laquelle la source n'a pas été démontée correctement

lors du démantèlement du téléphérique quelques années auparavant fait désormais l'objet d'une enquête de la fedpol et du Ministère public de la Confédération. L'exploitant du téléphérique n'a jamais sollicité ni obtenu d'autorisation pour la source radioactive servant à marquer l'épissure, l'autorité de surveillance, la Suva, n'ayant donc pas pu le surveiller. En outre, l'exportateur a omis de contrôler la radioactivité du chargement avant son transport. Sachant que le câble a été entreposé sur une parcelle clôturée appartenant à l'entreprise de remontées mécaniques depuis le démontage du téléphérique, on peut raisonnablement partir du principe qu'aucune personne n'a été exposée à une irradiation inadmissible. Cet événement a toutefois clairement montré que des efforts supplémentaires seront nécessaires à l'avenir pour mettre en œuvre l'article 104 de l'ORaP.



Figure 12
Détection de la source de césium-137 sur le câble du téléphérique

Débordement d'une cuve de rétention en médecine nucléaire

Les eaux usées des chambres de patients et de patientes traités par thérapie métabolique avec de l'iode-131 ou du lutetium-177 sont collectées dans des cuves de rétention. Ceci permet à la radioactivité excrétée par ces personnes de décroître un certain temps afin d'atteindre un niveau acceptable avant d'être rejetée dans les canalisations. Les installations de traitement de ces eaux comportent plusieurs cuves, conçues pour basculer l'une dans l'autre au-dessus d'un certain taux de remplissage.

Dans le cadre du présent événement, une cuve de rétention a débordé dans un hôpital, et ce, malgré les systèmes d'alarme prévus pour éviter cette situation. L'eau contaminée s'est alors déversée dans le bac de récupération de secours. Constatant le problème, le personnel a dû intervenir afin de dériver l'arrivée d'eau dans une autre cuve et de pomper l'eau qui s'était écoulée, afin de la transférer dans cette même cuve. Il en a résulté une contamination du bac de récupération durant quelques semaines, toutefois sans aucune dose pour le personnel et sans contamination de l'environnement.

Selon l'analyse de l'incident, les alarmes de remplissage permettant d'avertir le service technique de basculer sur la prochaine cuve ont bien été émises. Cependant, l'oubli d'une pile lors de l'installation du système d'automatisation plusieurs années auparavant a entraîné la perte de l'horodatage du système à la suite d'une coupure d'électricité. Ainsi, les alarmes transmises ont été automatiquement classées en fin de liste, de sorte que le service technique ne les a pas remarquées avant le débordement effectif de la cuve.

L'analyse de cet incident a permis, outre l'engagement de moyens pour la réponse technique, de revoir les procédures internes d'incidents afin d'améliorer leur gestion.

Événements radiologiques médicaux en 2021

En 2021, 88 des événements déclarés concernaient des patients et des patientes ; on parle dans ces cas d'événements radiologiques médicaux (figures 13 et 14). La plupart de ces événements (60) ont été annoncés par des services de radiologie, la totalité d'entre eux étant survenus lors d'examen de tomographie assistée par ordinateur (CT) ; ces événements peuvent être répartis dans les catégories suivantes : échanges de patients ou patientes (24 cas, dont quatre lors de la prescription et vingt lors de l'exécution de l'examen CT), choix d'un mauvais protocole d'examen (onze cas), répétition involontaire d'un examen (six cas). Dans un cas, un organe erroné a été examiné. Pour cinq examens CT, la zone examinée a été choisie plus grande que l'aurait exigé le problème médical. Enfin, trois examens CT ont été réalisés bien qu'une autre méthode d'imagerie radiologique, impliquant une dose plus faible, aurait été prévue.

Quatre examens ont dû être répétés à cause de problèmes techniques liés à l'administration du produit de contraste. Deux examens ont été réalisés par le médecin avant le moment souhaité et ont dû être répétés à la date correcte (contrôle régulier de suivi). Dans deux cas, le radiologue a appris seulement après la réalisation de l'examen que la patiente était enceinte. Dans un cas, le souhait d'un deuxième avis pour un examen déjà réalisé a été interprété de façon erronée comme une demande de répétition de l'examen. Par ailleurs, une dose anormalement élevée a été enregistrée pour des raisons encore inconnues lors d'un examen CT du crâne chez un patient; le fabricant a été informé du problème.

Lors d'un examen de radioscopie, un patient a reçu une dose à la peau et une dose efficace élevées. La part de la dose efficace qui dépassait le seuil de 100 mSv n'a pu que partiellement être justifiée par la complexité de l'intervention et l'anatomie du patient.

Parmi les événements notifiés en médecine nucléaire (17), on dénombre six échanges de protocoles, un échange de patients et huit répétitions involontaires d'un examen. Dans

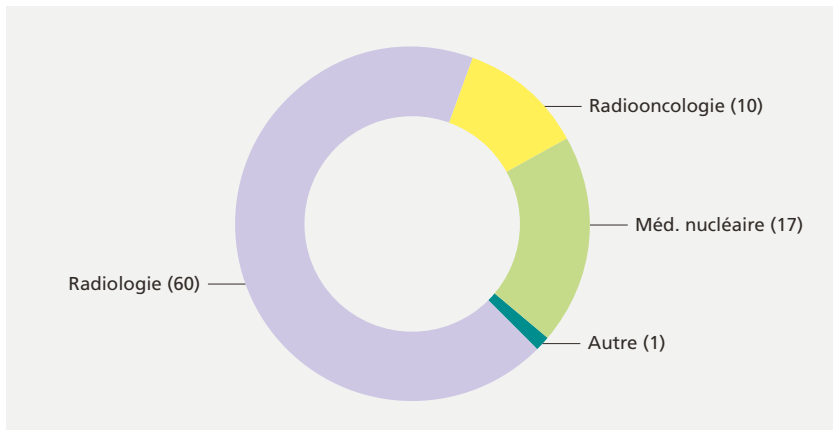


Figure 13
88 événements radiologiques médicaux, répartis par spécialité médicale (radiologie, radiooncologie, médecine nucléaire, autre)

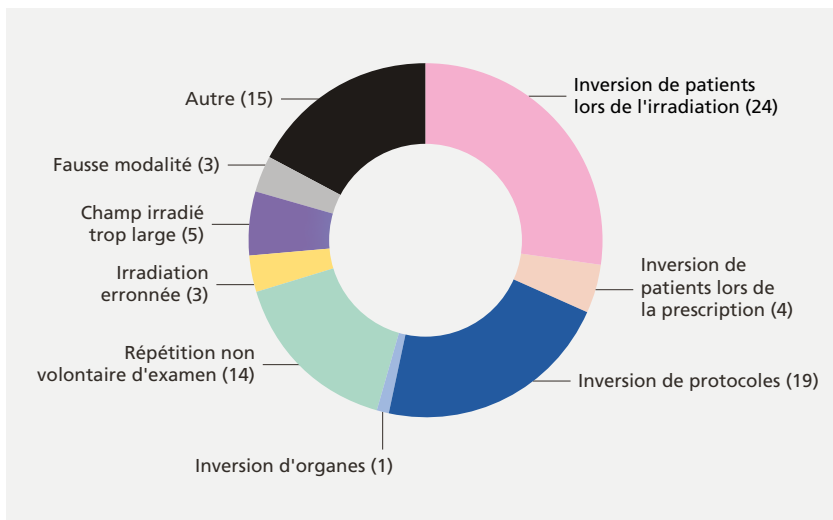


Figure 14
88 événements radiologiques médicaux impliquant des patients ou des patientes, répartis selon le type d'événement

un cas, un produit radiopharmaceutique incorrect a en outre été appliqué, car la personne exécutant l'examen ignorait que le dispositif automatique d'injection était chargé avec ce produit. Dans un autre cas, on a administré plus de trois fois le dosage d'un produit radiopharmaceutique. L'heure d'injection, sur la base de laquelle l'activité de la substance est calculée, a été saisie sur le dispositif automatique. L'injection n'a toutefois pas été appliquée à l'heure prévue, mais bien avant, ce qui a conduit au surdosage.

En radiooncologie (dix événements), on a enregistré trois échanges de patients ou de patientes ainsi que trois erreurs d'irradiation. Dans deux autres cas, des protocoles d'examen CT utilisés pour la planification de la thérapie ont été confondus. Dans un autre cas, le volume prévu d'irradiation n'a pas été correctement pris en compte ce qui a conduit à un choix trop restreint de la zone de balayage ;

tous les examens ont donc dû être répétés. Enfin, un scan de planification thérapeutique d'un patient a été réalisé avec des données de patient erronées. Au lieu d'attribuer les données d'imagerie aux bonnes données du patient, elles ont été effacées et l'examen a été inutilement répété avec des données de patient correctes.

Pour l'évaluation des événements radiologiques médicaux, la Suisse s'appuie sur la proposition de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), qui est actuellement seulement prévue pour une application à titre expérimental et volontaire. Tous les événements radiologiques médicaux enregistrés en 2021 sont classés au niveau 0 de l'échelle *INES Medical Rating* (INES M), à l'exception de l'examen de radioscopie qui a été classé au niveau 2, des lésions de la peau étant attendues.

Événements radiologiques médicaux d'intérêt particulier

Cas d'une personne venant chercher un CD et recevant un CT

La sécurité des patients et des patientes est définie comme la garantie d'un traitement médical sans erreur ou dommage évitable. L'exemple suivant (présenté de façon anonyme) montre les sérieuses répercussions qu'un événement radiologique médical peut avoir sur un patient ou une patiente.

Lors de l'événement en question, un patient assis dans la salle d'attente d'un service de radiologie a été appelé par son nom. On lui a demandé s'il était à jeun (important pour l'administration du produit de contraste) et il a répondu par l'affirmative. Il a ensuite été accompagné dans la salle de CT, s'est changé et a reçu un accès veineux. En parallèle, tout a été préparé pour l'examen, différentes informations ont été demandées et vérifiées. Durant l'examen CT, le technicien en radiologie médicale (TRM) a soudainement remarqué que le patient paraissait plus âgé que l'année de naissance l'indiquait. Il se souvient alors avoir oublié à plusieurs reprises de lui demander sa date de naissance et l'avoir fait après l'examen avec pour résultat une différence de plus de dix ans par rapport à la date de naissance indiquée. Cet échange de patient a été notifié à l'OFSP en tant qu'événement radiologique médical, conformément à l'article 50 de l'ORaP.

Suite à cela, le radiologue a été prévenu de l'erreur et a informé le patient, lequel a expliqué être venu récupérer un CD contenant les données d'imagerie de ses examens. Durant l'examen, il a reçu une injection de produit de contraste ensuite éliminé par les reins. En cas d'affection rénale existante, ce qui était le cas pour le patient, la fonction rénale peut se dégrader de manière temporaire ou durable, jusqu'à nécessiter une dialyse. Le patient a donc dû faire l'objet d'un suivi au moyen de nombreux contrôles par prises de sang. Sa chance : sa fonction rénale s'était largement normalisée.

Conclusions :

- L'identification correcte du patient est l'instrument principal pour éviter les échanges entre personnes.
- Ici, l'identification du patient avant l'examen était incorrecte dès le début, soit en raison de l'absence d'une telle procédure dans la gestion de la qualité, soit en raison du suivi incorrect d'une procédure existante.
- Le patient a subi un examen inutile sans indication appropriée et a reçu une dose de rayonnement injustifiée.
- Les investigations liées à des résultats fortuits d'examens non indiqués sont lourdes en termes financier et psychique, raison de plus pour éviter les échanges de patients.
- L'administration inutile de produits de contraste comporte un risque élevé d'aggravation d'une fonction rénale réduite. Elle met en danger la sécurité des patients.
- Les personnes venant se faire soigner devraient rester attentives et demander immédiatement des explications si quelque chose ne leur convient pas. En général, elles font tellement confiance aux soins hospitaliers qu'elles ne remettent pas en question les mesures prises.

Défaut de qualité d'un produit radio-pharmaceutique marqué au technétium-99m

Lors de la préparation d'un MIBI marqué au technétium-99m, le bloc de chauffage n'a pas été enclenché correctement. Ceci a entraîné une pureté radiochimique de 70 % seulement. La qualité insuffisante a été confirmée lors d'un deuxième contrôle de qualité, à la suite duquel un nouveau lot a été préparé. Le résultat du contrôle de qualité initial n'a toutefois pas été immédiatement communiqué. Entre-temps, un autre TRM avait déjà administré le produit radiopharmaceutique mal marqué à deux patient(e)s, sans vérifier si le contrôle de qualité avait été passé avec succès. Les examens ont dû être répétés en raison de la mauvaise qualité des images. Une estimation de la dose efficace non justifiée supplémentaire pour le corps entier a donné une valeur d'environ 3 mSv. Comme première mesure d'urgence, tout le personnel a été sensibilisé au fait que, d'une part, un contrôle de qualité non réussi doit être immédiatement communiqué à l'équipe et que, d'autre part, l'administration d'un produit radiopharmaceutique préparé sur place ne doit intervenir qu'après avoir pris connaissance d'un contrôle de qualité parfaitement réussi. Les procédures de confirmation avant l'application ont donc été adaptées et exigent dorénavant un visa manuscrit.

Des yeux perçants malgré des années de travail avec des appareils de radioscopie

La santé oculaire chez le personnel médical qui travaille durant de longues années avec des appareils de radioscopie est menacée de cataracte. Des valeurs limites plus strictes et des prescriptions concernant la dosimétrie du cristallin doivent permettre de remédier à cette situation.

Les dispositifs de sécurité à l'entrée des salles dans lesquelles se trouvent les appareils de radioscopie médicale annoncent la couleur : on est en présence de puissants rayons X et il est indispensable de prendre des mesures de protection pour les personnes qui se trouvent dans la salle. L'intense rayonnement X d'un appareil de radioscopie sert à réaliser des diagnostics ou des interventions peu invasives sur des patients ou des patientes. Un coup d'œil rapide sur un tel appareil, avec ses écrans et ses rideaux de radioprotection, laisse entrevoir que le fabricant n'a pas seulement attaché une grande importance à l'exposition du patient ou de la patiente, mais aussi à la protection contre le rayonnement.

Ceci est nécessaire, car il est depuis longtemps avéré que les rayons X peuvent endommager la peau, les yeux ainsi que les organes et tissus internes. Des mesures de protection sont requises non seulement pour les patients ou les patientes, mais aussi et surtout pour le personnel médical qui se tient directement à proximité de l'appareil de radioscopie. Dans le courant de leur vie professionnelle, ces spécialistes sont durablement exposés à de fortes radiations. Leur travail exigeant requiert une bonne vision. Ainsi, tous les moyens de protection qui restreignent leur vue sur le patient ou la patiente peuvent être compliqués et gênants. Ceci conduit l'un ou l'autre spécialiste à ne pas se protéger ou à se protéger insuffisamment.

Abaissement de la limite de la dose au cristallin dans le cadre de la révision de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP)

Le manque de conscience de la nécessité de protection peut avoir des effets notables sur la santé visuelle plus tard dans la vie. Depuis des décennies déjà, on sait qu'une forte exposition chronique aux rayons X peut opacifier le cristallin. Les recherches des dernières années ont toutefois montré que la quantité ou la dose de rayonnement à partir de laquelle de telles opacités peuvent survenir est bien plus faible que les organismes scientifiques l'ont longtemps admis. En conséquence, la Suisse a réduit sa valeur limite pour les doses au cristallin de 150 à 20 millisievert (mSv) par an, dans le cadre de la dernière révision de l'ORaP. Les opacités du cristallin associées aux rayonnements surviennent la plupart du temps sous la forme de cataractes sous capsulaires postérieures. Il s'agit de cataractes particulières qui apparaissent assez rarement dans la population âgée qui n'a pas été exposée aux radiations. Les cataractes sont constituées de protéines dénaturées des cellules du cristallin, qui se trouvent sur sa surface tournée vers l'intérieur de l'œil. Ces protéines opacifient le centre du cristallin, de sorte que la lumière visible ne peut que partiellement atteindre la rétine.

Le personnel médical concerné est particulièrement exposé au rayonnement diffusé. Il s'agit de la partie du rayonnement X qui est diffusée et réémise dans la partie du corps irradiée du patient ou de la patiente. Afin de réduire autant que possible ce rayonnement diffusé, on place des écrans et des rideaux de protection sur les appareils de radioscopie ou dans la salle. Les tabliers en plomb et les lunettes de protection portés par le personnel peuvent aussi réduire le rayonnement diffusé.



Figure 15
Mesures de radioprotection pour le personnel médical, appliquées ici à une installation de radioscopie biplanaire avec vitre en plomb montée au plafond et protection sous la table.

Mesure des doses au cristallin

Pour assurer la protection des yeux et respecter les valeurs limites plus strictes, le personnel médical doit porter des dosimètres. Ceux-ci mesurent la dose de rayonnement accumulée durant un mois. La Société suisse de radiobiologie et de physique médicale (SSRPM) a publié en 2021 des recommandations sur la manière la plus appropriée de mesurer les doses au cristallin des spécialistes de la santé¹. Les recommandations distinguent quatre modalités différentes de port des dosimètres. 1) Pour les dosimètres portés sur le tablier de protection au niveau de la poitrine, un facteur de correction géométrique est nécessaire en raison de la distance par rapport aux yeux, afin que la dose mesurée représente une mesure de la dose au cristallin. 2) Dans le cas où la personne porte des lunettes de protection ou une visière, un facteur de correction supplémentaire est nécessaire en plus du facteur de correction géométrique, afin de prendre en compte l'effet protecteur de ces moyens de protection. 3) Les dosimètres du cristallin mesurent au mieux l'exposition lorsqu'ils sont portés sous les lunettes de protection au niveau de l'œil le plus exposé. 4) Lorsque les dosimètres du cristallin sont placés à l'extérieur des lunettes de protec-

tion ou de la visière, la dose doit à nouveau être corrigée par un facteur qui tient compte de l'effet protecteur des lunettes ou de la visière. La SSRPM a déterminé des facteurs de correction typiques à l'aide de ses propres mesures et d'une recherche dans la littérature. Les recommandations indiquent aussi comment déterminer les facteurs de correction pour différents groupes professionnels.

1 SGSMP 2021. Eye lens dosimetry Recommendations No. 17. <https://ssrpm.ch/wp-content/uploads/2021/12/recommendations-no17-eye-lens-dosimetry-2021-12.pdf>

Les dosimètres du cristallin permettent d'estimer la dose de la manière la plus réaliste, mais sont plus gênants que les dosimètres portés sur le tablier de protection, car les personnes doivent les porter au niveau des yeux. La SSRPM a donc réparti les doses au cristallin en trois catégories, auxquelles elle a également attribué un type de dosimètre. Les doses au cristallin inférieures à 6 mSv par an ne requièrent pas de dosimétrie de routine. Pour les doses comprises entre 6 et 15 mSv par an, la dosimétrie doit être effectuée à l'aide d'un dosimètre placé sur le tablier de protection au niveau de la poitrine ou d'un dosimètre du cristallin placé près de l'œil le plus exposé. Pour les doses supérieures à 15 mSv par an, la personne exposée devrait porter un dosimètre du cristallin placé au niveau de l'œil le plus exposé.

Dans un deuxième temps, la SSRPM a mesuré l'exposition des personnes concernées issues de différents groupes professionnels dans cinq hôpitaux et un groupe hospitalier. Les mesures indiquent que le personnel technique et soignant ne doit, en règle générale, pas être soumis à une surveillance dosimétrique, car leur exposition aux radiations au niveau du cristallin est faible. En revanche, les spécialistes travaillant en gastro-entérologie, en orthopédie ou en radiologie interventionnelle doivent enregistrer leur dose au cristallin au moins à l'aide d'un dosimètre porté sur le tablier de protection.

La SSRPM recommande aux spécialistes des groupes professionnels les plus exposés, à savoir l'angiologie, la cardiologie interventionnelle et la chirurgie vasculaire, de porter impérativement un dosimètre du cristallin près de l'œil le plus exposé. Enfin, elle recommande à toutes les personnes qui travaillent avec des appareils de radioscopie de mesurer leurs doses à l'aide d'un dosimètre placé durant trois mois sur le tablier. Les résultats obtenus permettront ensuite de déterminer individuellement les personnes qui ont besoin d'une surveillance de la dose au cristallin.

Rôle de l'OFSP dans la surveillance de la dose au cristallin

Les valeurs limites pour les doses au cristallin sont fixées dans l'ORaP et les détails concernant la dosimétrie du cristallin dans l'Ordonnance du DFI sur la dosimétrie individuelle et la dosimétrie de l'environnement. La tâche de la division Radioprotection consiste à surveiller les doses au cristallin en vue si possible de les réduire. L'OFSP examine donc tous les événements survenus dans les hôpitaux au cours desquels les doses au cristallin dépassaient le seuil d'alerte de 2 mSv par mois. Les hôpitaux peuvent ainsi prendre à temps des mesures pour respecter les valeurs limites, optimiser les processus de traitement ou introduire une dosimétrie du cristallin plus pertinente. Malgré ces efforts, les doses au cristallin d'un certain nombre de spécialistes ont dépassé la limite annuelle en 2021. Il s'agissait notamment de médecins pratiquant de très nombreuses interventions complexes sous fluoroscopie. Heureusement, le nombre de dépassements constaté depuis l'abaissement de la valeur limite en 2018 est toutefois en diminution.

Bien évidemment, les mesures telles que la dosimétrie du cristallin ou les moyens de protection (p.ex. les parois mobiles plombées, les écrans ou les lunettes de protection) ne sont utiles que si le personnel les applique soigneusement et de façon optimale. En conséquence, l'OFSP a décidé d'intégrer les recommandations de la SSRPM dans l'une de ses directives qui devrait paraître en 2022. Ce document s'adressera aux spécialistes qui travaillent avec des appareils de radioscopie et comprendra des indications sur la manière dont les hôpitaux peuvent réaliser correctement la dosimétrie du cristallin.



Figure 16
Les dosimètres du cristallin mesurent au mieux l'exposition lorsqu'ils sont portés sous les lunettes de protection au niveau de l'œil le plus exposé
(source: [IRSN_Fiche_dosimetre_Cristallin.pdf](#))

Une meilleure qualité de vie pour les malades du cancer grâce à l'innovation en médecine nucléaire

Lorsque Melpomeni Fani et Damian Wild évoquent la recherche et l'application de médicaments radioactifs, appelés produits radiopharmaceutiques, l'enthousiasme pour leur travail se lit sur leur visage. Tous deux travaillent depuis des années à l'Hôpital universitaire de Bâle (USB) et ont contribué de manière prépondérante à des améliorations pionnières dans le traitement des tumeurs neuroendocrines en médecine nucléaire.

Développement d'un produit radiopharmaceutique innovant

Melpomeni Fani ouvre la discussion avec l'OFSP en déclarant : « Je suis une chercheuse dans l'âme et j'aime toujours autant la recherche appliquée », même si, en tant que cheffe du service de chimie radiopharmaceutique à l'USB, elle n'a aujourd'hui plus souvent l'occasion de travailler au front. Cette professeure, qui vient de la région d'Athènes, a travaillé dans l'industrie après ses études, avant de reprendre une carrière académique. En tant que chercheuse, elle a développé de nouveaux produits radiopharmaceutiques à base de peptides pour le diagnostic et le traitement de différents types de cancer. Elle a commencé à l'USB en 2006 avec la recherche d'antagonistes de la somatostatine, tel que ¹⁷⁷Lu-DOTA-JR11. Cette substance s'accumule dans les cellules tumorales qui présentent un nombre accru de récepteurs de la somatostatine, p.ex. les tumeurs neuroendocrines, et les détruit par irradiation.

En raison des différentes composantes de son rayonnement, le radionucléide lutétium-177 peut, en plus d'attaquer les cellules cancéreuses, les rendre aussi visibles sur les tomographes. Il appartient ainsi à ce que l'on appelle les « théragnostiques ». Cette approche intègre le diagnostic et la thérapie et permet d'améliorer le traitement spécifique du patient ou de la patiente, car on peut évaluer l'efficacité du traitement avant et pendant celui-ci.

L'équipe de recherche a fait une percée lors d'un séjour à la Clinique universitaire de Fribourg-en-Brisgau en 2011, avec la première application à un patient en tant qu'essai thérapeutique, après que des essais *in vitro* et *in vivo* en phase préclinique sur des souris se soient révélées fructueux. « Nous étions très heureux », explique Melpomeni Fani pour décrire son état d'esprit de l'époque. « Mais dix ans plus tard, nous n'en sommes toujours qu'au début de l'application clinique », tempère-t-elle dans la foulée. Selon elle, le médicament est prometteur et pourrait être appliqué un jour pour différents autres types de cancer, comme le cancer du sein, qui présentent aussi un nombre élevé de récepteurs de la somatostatine.

Comment fonctionnent les produits radiopharmaceutiques pour les applications oncologiques ?

Les produits radiopharmaceutiques se composent de deux éléments: un élément radioactif (radionucléide) et une molécule biologiquement active qui agit en tant « qu'éclairceuse » et dirige le radionucléide vers un organe spécifique. Le jour de l'application, ces molécules biochimiques sont liées à des radionucléides de courte vie. Cela signifie que chaque dose est produite individuellement pour la personne malade. Le type de rayonnement émis détermine l'utilisation, en tant qu'agent de radiodiagnostic ou de radiothérapie. Les différentes substances marquées radioactivement, aussi appelées radiotraceurs théranostiques, se lient alors spécifiquement aux cellules cancéreuses et peuvent les rendre visibles ou les détruire.

Une fois administrés en quantité minime, les médicaments radioactifs suivent dans l'organisme le chemin indiqué par le produit pharmaceutique (principe du traceur). Ce processus peut être représenté visuellement et quantifié dans un tomographe. Pour l'imagerie, on utilise des radionucléides à émetteurs gamma avec une durée de vie ultracourte (entre 1 et 6 heures), afin d'obtenir les meilleures images possibles. Pour la thérapie, on applique des radionucléides avec des demi-vies de quelques heures à quelques jours et, en fonction de l'application, un spectre énergétique différent. Les parts de rayonnement des radionucléides thérapeutiques n'ayant qu'une faible portée, cela permet de ménager les tissus sains environnants.

En raison des courtes demi-vies des radionucléides, « on court toujours un peu après le temps dans cette recherche, surtout pour les molécules destinées à l'imagerie », souligne Melpomeni Fani.



Figure 17
L'équipe de recherche de l'Hôpital universitaire de Bâle (USB), Damian Wild et Melpomeni Fani, a apporté des progrès majeurs dans le traitement des tumeurs neuroendocrines en médecine nucléaire

Progrès majeur dans le cas des tumeurs neuroendocrines

Le radiopharmaceutique ^{177}Lu -DOTA-JR11 étudié à Bâle, qui en est déjà à la deuxième phase des études cliniques, est ce que l'on appelle un antagoniste qui se fixe aux cellules cancéreuses, mais n'est pas absorbé par celles-ci. Auparavant, on utilisait des agonistes qui pénétraient certes dans les cellules, mais pour lesquels il y avait moins de points d'attache. Au départ, personne ne s'attendait à ce que le ^{177}Lu -DOTA-JR11 conduite à des doses tumorales environ trois fois plus élevées que dans le cas des agonistes traditionnels. Ceci peut être considéré comme un progrès majeur : non seulement le produit améliore le traitement des tumeurs neuroendocrines, et ce, probablement de manière significative, mais il peut désormais aussi être appliqué à d'autres types de tumeurs pour lesquelles la densité des récepteurs de la somatostatine est un peu plus faible. Pour cette raison, ceux-ci n'entraient jusqu'à présent pas en ligne de compte pour une thérapie prometteuse. Les essais cliniques dans ce domaine ont déjà commencé.

Thérapie individuelle ciblée en médecine nucléaire

Pour Damian Wild, chef de la médecine nucléaire à l'USB depuis 2012, l'application du nouveau produit radiopharmaceutique représente également une course contre la montre. En effet, de nombreux patients et de nombreuses patientes ont épuisé tous les traitements. Cela signifie que les autres méthodes n'ont souvent plus d'effet pour lutter contre le cancer. « Si le traitement par ^{177}Lu -DOTA-JR11 marche bien, les malades du cancer peuvent probablement gagner plusieurs mois de vie, en conservant une bonne qualité de vie », résume-t-il en évoquant les résultats. Contrairement à la chimiothérapie, que Damian Wild qualifie d'un peu « brutale », l'approche avec un produit radiopharmaceutique constitue une thérapie ciblée et très individualisée avec moins d'effets secondaires. Sur la base de son travail quoti-

dien avec des personnes atteintes de cancer et ayant souvent épuisé tous les traitements, il connaît les besoins cliniques et travaille en collaboration étroite avec la recherche. Selon le spécialiste des tumeurs neuroendocrines, la contribution à un bon résultat de recherche est source de satisfaction. Cependant, on notera qu'à ce jour, seule la thérapie traditionnelle à l'iode radioactif promet une guérison complète des cancers de la thyroïde par les produits radiopharmaceutiques. Toutes les autres thérapies sont palliatives ou permettent de prolonger la vie, parfois de plusieurs années, car la croissance tumorale ne peut être stoppée à long terme.

La radioprotection pose des exigences particulières

La production de ^{177}Lu -DOTA-JR11 est toujours réalisée dans le service de radiopharmacie de l'USB, bien qu'entre-temps une entreprise pharmaceutique ait acquis les droits de brevet et continue à faire avancer la recherche clinique en vue d'une autorisation de mise sur le marché (voir figure 18). Pour des raisons de radioprotection, la thérapie doit se dérouler en milieu hospitalier. Le médicament est administré à la personne malade par voie intraveineuse. L'unité de soins de l'USB, spécialement équipée en matière de radioprotection, comprend neuf lits placés dans sept chambres, dont l'accès est contrôlé. Les portes, les parois et les plafonds sont blindés au plomb et les lits séparés par un mur d'environ 1.3 mètre de hauteur, afin de réduire autant que possible l'exposition du personnel et des personnes en visite.

Les excréta des personnes traitées et les eaux usées sont recueillis dans des cuves afin d'éviter que la radioactivité ne se répande dans l'environnement. Tout le personnel est soumis à une surveillance dosimétrique. À l'avenir, on aimerait automatiser davantage la fabrication des produits radiopharmaceutiques afin de pouvoir élargir la palette de traitements et atteindre la meilleure radioprotection possible pour le personnel.



Figure 18
Les automates de synthèse et de remplissage de la radio-pharmacie se trouvent derrière les portes en acier chromé des cellules blanches blindées

Au début de son développement, le centre de thérapie de Bâle traitait des patients et des patientes du monde entier, comme l'explique Damian Wild. Aujourd'hui, ce genre de thérapie est exercée dans de nombreuses cliniques du monde entier. Malgré cela, de nombreux malades, p.ex. en provenance d'Europe de l'Est, viennent encore à Bâle pour ce traitement. En moyenne, un lit est occupé pendant deux bonnes journées. Selon Damian Wild, le transfert dans la pratique quotidienne de médicaments récemment développés et hautement spécialisés est très utile : « J'ai ici beaucoup de liberté en tant que chercheur, mais vois aussi les bénéfices concrets et me réjouis à chaque fois que je peux aider quelqu'un. Je reçois encore aujourd'hui chaque année une carte de Noël d'une ancienne patiente », raconte-t-il. Et là-dessus, il se rend à sa visite médicale.

Collaboration avec l'OFSP

La division Radioprotection de l'OFSP est, conformément à l'article 36 de l'Ordonnance sur les essais cliniques (OClin), impliquée dans la procédure d'autorisation des essais cliniques de la catégorie C, portant sur les produits thérapeutiques susceptibles d'émettre des rayonnements ionisants. L'équipe de recherche de l'USB souligne que la collaboration avec le spécialiste de l'OFSP, Rolf Hesselmann, est très utile pour les projets de recherche. En tant que radiopharmacien expérimenté, il connaît les besoins et aussi les obstacles dans le travail de recherche avec des radionucléides de courte période. Il apporte des conseils, notamment sur les dispositions réglementaires, ainsi que sur des solutions spécifiques aux exigences particulières rencontrées.

Tâches de l'OFSP dans le domaine des produits radiopharmaceutiques et des études cliniques

Lors du développement et de l'administration de médicaments radioactifs, il faut respecter de nombreuses prescriptions légales issues de la Loi sur la radioprotection, la Loi sur les produits thérapeutiques et la Loi relative à la recherche sur l'être humain. L'application de produits radiopharmaceutiques a lieu exclusivement dans des instituts spécialisés de médecine nucléaire (environ 50 en Suisse). Ces organismes doivent être au bénéfice d'une autorisation de manipulation pour leurs activités impliquant des substances radioactives. L'OFSP veille au respect des exigences légales spécifiques à la radioprotection lors des applications de produits radiopharmaceutiques à l'être humain (formation, locaux, appareils et organisation de l'entreprise).

Les produits radiopharmaceutiques sont souvent préparés directement dans les instituts de médecine nucléaire, la démarche consistant à mélanger un composant non radioactif à un composant radioactif. La qualité du marquage doit être contrôlée avant l'application. Comme ces activités posent des exigences particulières, l'OFSP procède régulièrement à des audits dans les établissements.

Lors de l'autorisation de produits radiopharmaceutiques par Swissmedic, l'OFSP doit donner son accord concernant les aspects de radioprotection.

Les deux autorités sont conseillées par la Commission des produits radiopharmaceutiques (COPR), composée de sept spécialistes externes provenant de différents domaines et nommés tous les quatre ans par le Conseil fédéral. La COPR conseille aussi le DFI lors de l'enregistrement de nouvelles substances actives dans l'annexe 1 de l'Ordonnance sur les médicaments. Cette annexe permet un accès réglementé à des produits radiopharmaceutiques innovants avant même leur autorisation, ou aussi à des produits de niche pour lesquels une autorisation n'est pas rentable. Dans ce cas, c'est l'OFSP, et non Swissmedic, qui est l'autorité d'exécution.

Dans le cadre d'études cliniques portant sur des produits radiopharmaceutiques, l'OFSP établit, sous certaines conditions, une prise de position à l'intention de Swissmedic et, le cas échéant, de la Commission d'éthique.

Plan d'action radium 2015–2022

Le Conseil fédéral a approuvé le Plan d'action radium 2015–2022 afin de régler le problème des héritages radiologiques liés à l'application de peinture luminescente au radium-226 dans l'industrie horlogère jusque dans les années 1960. L'état d'avancement des projets sectoriels « bâtiments » et « décharges » est présenté dans ce chapitre.

Projet sectoriel « bâtiments »

Le projet sectoriel « bâtiments » a pour objectif d'identifier les biens-fonds potentiellement contaminés au radium-226, d'y effectuer des mesures et de procéder, si nécessaire, à leur assainissement.

Inventaire des biens-fonds concernés

Entre 2020 et 2021, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) a mandaté l'entreprise CSD Ingénieurs SA pour une recherche historique dans les archives cantonales de Bâle-Campagne, Genève et Vaud, complétant ainsi l'étude de l'Université de Berne publiée en 2018. Les résultats de ces deux études sont disponibles sous www.bag.admin.ch/heritages-radium (Recherches historiques).

L'ensemble des recherches historiques effectuées a permis d'identifier environ de 1100 biens-fonds potentiellement contaminés au radium-226. Près de 90 % des biens-fonds de l'inventaire sont situés dans les cantons de Berne, Neuchâtel et Soleure. Les 10 % restants sont répartis dans les cantons de Bâle-Campagne, Bâle-Ville, Genève, Jura, Lucerne, Saint-Gall, Tessin, Vaud et Zurich.

Examen des biens-fonds

Selon l'état au 31 décembre 2021, 880 biens-fonds ont fait l'objet d'un diagnostic lié au radium-226, représentant 80 % des biens-fonds recensés dans l'inventaire (figure 19). En cas de dépassement de la dose efficace de 1 millisievert (mSv) par an pour les occupants et les occupantes, un assainissement s'avère nécessaire. Pour ce qui est des espaces extérieurs, la valeur de seuil est fixée à 1000 Bq/kg pour la concentration de radium-226 dans la terre. Les modèles dosimétriques appliqués dans le cadre du plan d'action font l'objet d'un article scientifique publié en décembre 2021 dans la revue *Radiation Protection Dosimetry*¹.

1 C. Murith, G. Di Tommaso, S. Estier, T. Flury, M. Palacios-Gruson, C. Stalder, S. Baechler, MODELLING THE EXPOSURE OF RESIDENTS OF A RADIUM-CONTAMINATED LIVING PLACE, *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 197, Issue 2, December 2021, Pages 101–110, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncab167>

Canton	Nombre de biens-fonds examinés	Assainissement pas nécessaire	Assainissement nécessaire	Assainissement terminé ou en cours
BL	11	8	3	1
BS	1	1	0	0
BE	277	221	56	52
GE	26	24	2	2
JU	28	28	0	0
LU	1	1	0	0
NE	370	323	47	38
SG	1	1	0	0
SH	1	0	1	1
SO	134	108	26	23
TI	3	3	0	0
VD	19	18	1	0
ZH	8	7	1	1
Total	880	743	137	118

Figure 19
État d'avancement des diagnostics et des assainissements au 31 décembre 2021

Travaux d'assainissement

Parmi les 880 biens-fonds examinés, 137 requièrent un assainissement. Ainsi, la fraction des biens-fonds nécessitant un assainissement est de l'ordre de 16 %. Les travaux d'assainissements sont terminés ou en cours dans 118 biens-fonds (figure 19).

La démarche inclut la dépollution par une entreprise spécialisée, l'élimination des déchets, les mesures de contrôle et la remise en état selon le standard avant travaux. Le processus d'assainissement comprend également le suivi de la concentration de radon-222 dans l'air intérieur, exprimée en becquerels par mètre cube (Bq/m³), en tant que produit de filiation du radium-226. La figure 20 illustre l'important abaissement de la concentration de radon-222 suite à la décontamination liée au radium-226 dans une chambre à coucher, passant de plusieurs milliers de Bq/m³ à environ 200 Bq/m³. À noter par ailleurs que la mise en marche d'un ventilateur durant les travaux (en violet sur le graphique) permet de protéger le personnel de l'entreprise d'assainissement d'une exposition à des niveaux élevés de radon.

Problématique des pollutions mixtes

La présence de pollutions mixtes (chimique et radiologique) a été constatée dans près de 20 % des espaces extérieurs à assainir. L'OFSP coordonne au cas par cas l'assainissement de ces parcelles avec les cantons concernés. Les cas complexes sont discutés au sein du groupe de soutien sur les pollutions mixtes constitué de représentants et représentantes de l'OFSP, de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et de la Suva, afin d'assurer le respect des législations sur la radioprotection et sur la protection de l'environnement, ainsi que des règles de protection des travailleurs et des travailleuses. En 2021, l'OFSP a mis en place une nouvelle collaboration avec l'entreprise ARCADIS pour l'analyse du spectre global des polluants chimiques sur les échantillons contaminés au radium-226, complétant ainsi la collaboration déjà établie avec le Laboratoire de Spiez pour les métaux lourds.

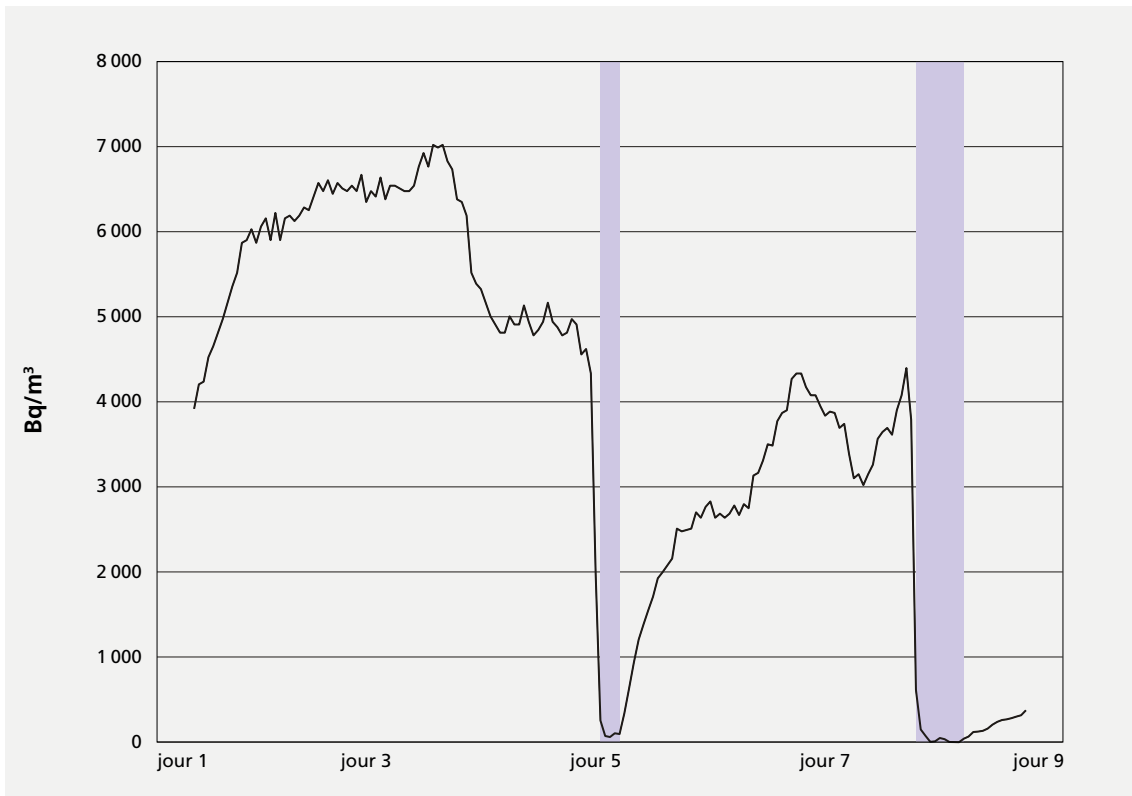


Figure 20
Exemple d'évolution de la concentration de radon-222 (en Bq/m³) durant l'assainissement lié au radium-226, avec en violet les phases d'enclenchement du ventilateur.

Élimination des déchets

Durant l'année 2021, plus de 250 m³ de déchets inertes associés au plan d'action ont été éliminés en décharge conformément à l'article 114 de l'ORaP, le critère d'activité spécifique de 10'000 Bq/kg pour le radium-226 étant respecté.

De plus, près de 16'000 litres de déchets combustibles ont été éliminés en usine d'incinération conformément à l'article 116 de l'ORaP, qui fixe une activité hebdomadaire maximale de 2 MBq pour le radium-226. Il s'agissait notamment de déchets spéciaux, à savoir une trentaine de meubles préalablement débités en zone contrôlée, ainsi qu'une vingtaine de cadres de fenêtre ayant fait l'objet d'un désamiantage.

Les déchets avec une activité supérieure aux valeurs susmentionnées sont conditionnés comme déchets radioactifs et acheminés sous contrôle de l'OFSP au dépôt intermédiaire fédéral (figure 21). En 2021, près de 1800 litres de déchets issus du plan d'action ont été éliminés par cette voie.



Figure 21
Conditionnement de terre fortement contaminée au radium-226 en vue de son élimination au dépôt intermédiaire fédéral

Retard lié à la pandémie

L'OFSP étudie actuellement les possibilités de prolonger le plan d'action radium jusqu'à fin 2023. En raison de la pandémie, l'OFSP a en effet dû suspendre à plusieurs reprises ses interventions sur le terrain entre 2020 et 2021, en particulier dans la sphère privée qui représente 80 % des biens-fonds concernés. Un plan de protection Covid-19 définit par ailleurs les modalités de communication et d'intervention. Ces restrictions ont entraîné un retard d'une année sur les diagnostics et les assainissements, et ce, malgré les soutiens externes supplémentaires engagés pour les diagnostics.

Projet sectoriel « décharges »

Le projet sectoriel « décharges » a d'une part pour objectif de recenser les anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium-226 et d'autre part, de définir les mesures à prendre pour protéger l'environnement et la santé de la population ainsi que des travailleurs et des travailleuses des dangers liés à la présence de ces déchets.

En octobre 2021, l'OFSP a publié le rapport technique « Recensement et gestion des anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium » sous www.bag.admin.ch/heritages-radium (Héritages au radium dans des décharges). Ce rapport, élaboré en collaboration avec l'OFEV et en accord avec les cantons concernés, détermine la méthode d'identification des anciennes décharges potentiellement affectées, leur classement en trois catégories de risque, ainsi que les mesures de protection à mettre en œuvre, en particulier lors de travaux d'exca-

Les cantons principalement touchés (Berne, Genève, Jura, Neuchâtel et Soleure) ont procédé à la classification de leurs anciennes décharges selon le processus défini. Plus de 280 anciennes décharges susceptibles de contenir des déchets contaminés au radium-226 ont ainsi été identifiées. La liste correspondante est publiée sous le même lien à titre informatif.

L'OFSP prépare actuellement une directive visant à concrétiser la mise en œuvre à long terme des processus de surveillance et à clarifier les responsabilités des différentes parties prenantes. Il est prévu de consulter les cantons principalement concernés dans le courant de l'année 2022.

Lancement du Plan d'action sur le radon 2021–2030

L'année 2021 a été marquée par le lancement du Plan d'action sur le radon 2021–2030, adopté par le Conseil fédéral le 8 mai 2020. Ce plan définit quatre orientations générales avec au total douze objectifs. La protection contre le radon sera ainsi poursuivie et surtout améliorée. On vise notamment à renforcer la protection contre le radon dans les bâtiments, à simplifier l'estimation du risque lié au radon, tout en développant les compétences nécessaires. De plus, le plan d'action se concentre désormais aussi sur la protection des personnes sur leur lieu de travail.

Lancement du Plan d'action sur le radon 2021–2030

Le Plan d'action sur le radon 2021–2030 inclut, d'une part, de nouveaux défis en matière de protection contre le radon et, d'autre part, des objectifs qui n'ont pas pu être atteints comme souhaité dans le plan d'action 2012–2020. La gestion du radon dans le parc immobilier doit encore être améliorée en mettant l'accent sur les nouvelles constructions. La stratégie énergétique 2050, qui vise à réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments et à les rendre plus durables, pose un nouveau défi pour la protection contre le radon. Il faut notamment concilier les aspects importants d'enveloppe étanche du bâtiment et de renouvellement d'air suffisant.

La communication concernant le risque sanitaire lié au radon doit être plus efficace. Il faut communiquer surtout là où il est possible de diminuer directement le risque, p.ex. lors de la planification de nouvelles constructions ou de transformations importantes, ou même lors de transactions immobilières. En outre, il est prévu de faciliter la procédure de détermination du risque personnel lié au radon, au moyen d'outils plus simples et plus attrayants.

La collaboration avec les organisations du monde du travail, notamment dans le domaine de la construction, doit être poursuivie et renforcée. Dans ce cadre, il est important de mettre à disposition du matériel et des outils pédagogiques appropriés, facilitant l'intégration du thème du radon dans les plans d'étude des associations professionnelles. Il est prévu d'harmoniser la formation des consultants et des consultantes en radon entre les régions linguistiques de Suisse, afin qu'elle repose sur une base clairement définie. Cela permettra de créer les conditions-cadre pour que tous les éléments garantissant une bonne protection contre le radon (à savoir le conseil, la mesure et l'assainissement) puissent à l'avenir être fournis par un seul et même prestataire.

La protection des travailleurs et des travailleuses constitue un nouveau volet du plan d'action. À ce titre, la catégorie des « postes de travail exposés au radon », introduite lors de la révision de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP), doit être clairement définie, afin de pouvoir identifier les postes de travail concernés. L'ensemble du processus, de la mesure du radon à la dosimétrie individuelle, en passant par l'estimation de la dose, sera réorganisé et redéfini. La collaboration avec la Suva, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) ou encore le Département fédéral de la défense, de la protection de la population et des sports (DDPS) est particulièrement importante à cet égard.

Les quatre orientations générales du plan d'action: état et perspective

Parc immobilier

Dans le cadre du développement de la norme SIA 180, il sera à l'avenir possible de collaborer plus étroitement avec la Société suisse des ingénieurs et des architectes (SIA). La Commission des normes concernée de la SIA a nommé à cet effet une personne de contact chargée d'approfondir et de simplifier les échanges directs entre l'OFSP et la SIA.

Afin de renforcer l'attention sur le lien entre les mesures énergétiques dans les bâtiments et la qualité de l'air intérieur, l'OFSP a prévu d'intensifier les échanges avec l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), qui sera désormais représenté dans le Comité de pilotage du Plan d'action radon 2021–2030. Comme première mesure concrète, il est prévu d'intégrer des informations spécifiques sur le site internet de l'OFSP, afin de mettre en évidence les points de vigilance liés au radon lors de mesures énergétiques dans les bâtiments. Enfin, le projet *Radon Mitigation Efficiency (RAME)* s'est achevé en 2021 ; il visait notamment à étudier l'efficacité à long terme des mesures de protection contre le radon. Les résultats obtenus sont documentés dans une petite brochure qui donne des conseils aux propriétaires immobiliers en matière d'assainissements liés au radon (figure 22).

Risque pour la santé

Il est difficile de communiquer sur les risques sanitaires induits par le radon en raison de son caractère imperceptible. L'outil de contrôle du radon, disponible sous www.carte-radon.ch, permet de prioriser la mesure du radon dans un bâtiment spécifique, constituant ainsi un premier pas pour améliorer la communication dans ce domaine. Grâce à des méthodes similaires, qui vont au-delà des simples mesures du radon, l'OFSP aimerait aussi faciliter l'estimation du risque personnel qui lui est associé. Les mesures courtes délivrant un résultat fiable en font partie. La communication doit systématiquement être renforcée, en particulier dans

les situations où le radon constitue un thème pertinent. Les transactions immobilières ou les baux à loyer s'inscrivent dans cette démarche. L'OFSP a en outre révisé la brochure traitant des aspects juridiques de la protection contre le radon dans de telles situations, sa publication étant prévue en 2022.

Compétences en matière de radon

L'OFSP a initié un projet en collaboration avec Holzbau Schweiz, l'association professionnelle du secteur de la construction en bois, visant à élaborer un module d'apprentissage sur le thème du radon pour la plate-forme d'apprentissage Holzbau-Lab. Le module sera constitué de contenus pour le web et de courts films d'apprentissage et comprendra une introduction à la thématique du radon. Il s'agit d'un projet pilote en vue d'une collaboration approfondie avec d'autres associations professionnelles.

Un concept de formation et de formation continue des consultants et des consultantes en radon a été élaboré de concert avec les services régionaux spécialisés sur le radon, afin d'harmoniser la formation sur le radon en Suisse. La journée de formation continue obligatoire tous les cinq ans pour les consultants et les consultantes en radon doit notamment être mise en œuvre de manière uniforme dans les trois régions linguistiques. À partir de 2022, tous les cours devront se baser sur ce concept de formation et de formation continue. Ce concept sera régulièrement adapté et conduira ainsi à la fusion des compétences de consultant(e)s en radon et de services de mesure agréés dans les années à venir, en vue de concrétiser l'objectif du plan d'action visant à « fournir la procédure touchant au radon par un seul prestataire ».

Protection des travailleurs/euses

L'introduction de la notion de « postes de travail exposés au radon » requiert un ajustement approprié de certains outils existants. Ainsi, la base de données du radon doit être adaptée en vue de l'enregistrement des résultats de mesure sur de tels postes de travail et surtout pour l'éventuelle estimation de la dose qui s'ensuit. Cette partie nouvellement programmée est déjà disponible dans une

version de test. Le groupe de travail « Radon au poste de travail », mis sur pied pour cette orientation générale, a commencé à définir l'ensemble du processus de protection contre le radon aux postes de travail. Ce dispositif débute avec la mesure agréée du radon, suivi par l'estimation de la dose et, le cas échéant, l'exigence d'une dosimétrie individuelle pour le radon. Dans un premier temps, il conviendra de définir quels sont les postes de travail exposés au radon qui doivent faire l'objet d'une mesure. Le groupe de travail susmentionné est composé de membres des autorités de surveillance compétentes (Suva, IFSN et OFSP) ainsi que du DDPS et de l'Institut fédéral de métrologie (METAS).

Plateforme de coordination « radon » avec les autorités d'exécution

La première rencontre de la plateforme de coordination « radon » pour les autorités d'exécution s'est tenue le 23 novembre 2021. Il s'agit d'un nouveau format souhaité par certains cantons. La plateforme vise à promouvoir et à approfondir l'échange d'informations et d'expériences entre les autorités d'exécution

dans le domaine du radon. Lors de ce premier événement, l'OFSP a présenté l'état d'avancement du plan d'action et les activités des groupes de travail mis en place. Les discussions ont surtout porté sur l'implication des autorités chargées de délivrer les autorisations de construire, le retour d'expérience des campagnes de mesure dans les écoles et les jardins d'enfants ainsi que sur l'application du principe de la transparence, sur la base duquel les résultats des mesures effectuées dans les écoles et les jardins d'enfants ont pu être publiés cette année encore. Les conclusions de l'enquête réalisée en amont de la rencontre ont permis de mieux répondre aux besoins et aux préoccupations des autorités cantonales compétentes en matière de radon.

Groupe d'accompagnement du Plan d'action sur le radon 2021–2030

Le groupe d'accompagnement du Plan d'action sur le radon 2021–2030, dans lequel tous les cercles intéressés (autorités incluses) sont représentés, n'a pas pu se réunir en 2021. Il a donc été informé par le biais d'une newsletter. Sa première rencontre est fixée au 4 mai 2022.

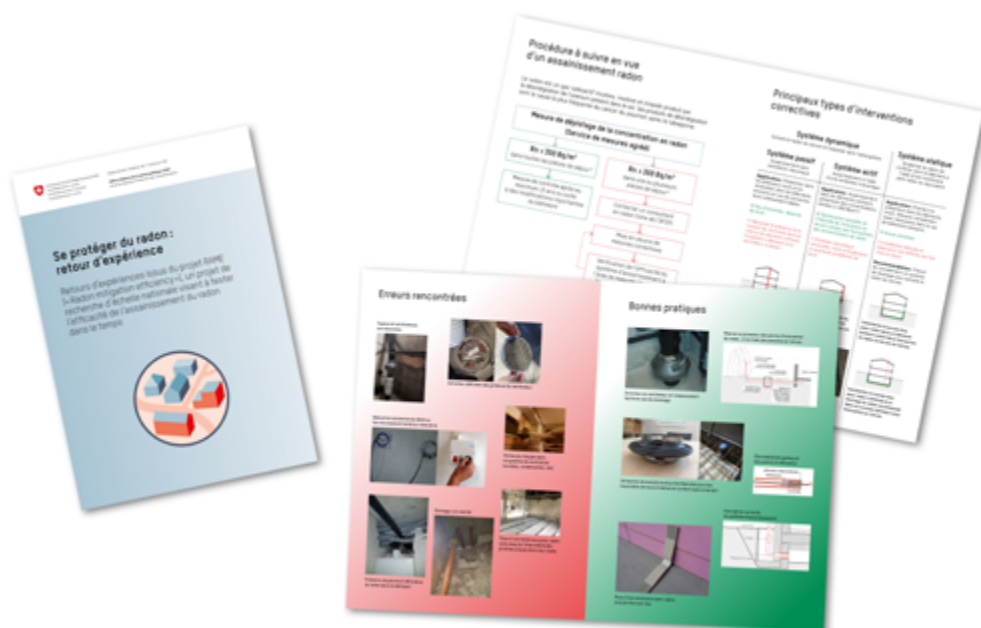


Figure 22
La brochure « RAME » contient des conseils visant à maintenir l'efficacité à long terme des mesures de protection contre le radon.

NORM : Matières radioactives naturelles

Depuis peu, l'utilisation de matières radioactives naturelles est réglementée dans l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP). Un nouveau concept de mise en œuvre et une nouvelle directive visent à optimiser la collaboration entre l'industrie, les autorités chargées de délivrer les autorisations et les organes d'exécution.

Les matières premières d'origine naturelle et leurs produits de fabrication dérivés peuvent contenir des radionucléides naturels tels que le potassium-40, l'uranium-238, le radium-226, le plomb-210, le thorium-232 ou le radium-228. Lorsqu'elles ne contiennent aucune substance radioactive artificielle additionnelle, ces matières sont considérées comme des *naturally occurring radioactive materials (NORM)*. Elles entrent dans le champ d'application de l'ORaP révisée. L'objectif des dispositions légales est de manipuler les matières plus fortement radioactives de manière appropriée et de les éliminer correctement. En tant qu'autorité compétente pour autoriser de telles éliminations et rejets, l'OFSP a élaboré à cette fin un concept de mise en œuvre (figure 23).

Première étape du concept de mise en œuvre : collaboration avec les industries concernées

Dans une première étape, l'OFSP recense, en collaboration avec la Suva, les entreprises potentiellement concernées qui sont actives dans les branches industrielles visées à l'article 168 ORaP. Il s'agit des installations de filtrage des eaux souterraines, de la production de gaz naturel, de la géothermie profonde, de l'industrie du zircon et du zirconium, de la fabrication de ciment, de la manipulation de revêtements résistants à la chaleur, ainsi que de la construction de tunnels dans des formations rocheuses riches en uranium ou en thorium. Selon l'ORaP, ces entreprises doivent vérifier si elles disposent de matières avec une concentration élevée de radio-isotopes naturels, c'est-à-dire de NORM. Elles doivent annoncer à l'OFSP la présence de NORM dans l'entreprise et le

niveau de rayonnement qu'elles émettent. De plus, les entreprises doivent informer l'OFSP si ces NORM exposent le personnel à titre professionnel ou pourraient soumettre la population à des doses de rayonnement non négligeables. Pour soutenir ce processus, l'OFSP prend activement contact avec les associations des branches industrielles en question ou les grandes entreprises. En 2021, l'OFSP et la Suva ont p.ex. contacté l'Association suisse de l'industrie du ciment (cemsuisse).

Des retours d'expérience sur les NORM sont disponibles depuis longtemps dans certaines branches industrielles en Suisse. Dans la construction de tunnels, il faut s'attendre à la présence de matières radioactives lorsque l'on rencontre ou que l'on fore des zones minéralisées. Les procédures de mesure et de tri de tels matériaux d'excavation ou de construction ont fait leurs preuves depuis longtemps. Il en est de même pour l'utilisation de matériaux à base de zircon, un minéral dont la radioactivité est souvent élevée. Dans d'autres secteurs industriels, une analyse approfondie des points potentiellement problématiques reste à faire, même si des mesures de la radioactivité de NORM sont déjà disponibles. Ainsi, lors du traitement de l'eau potable dans les installations de filtrage des eaux souterraines ou dans les installations de géothermie profonde, des radionucléides dissous dans l'eau peuvent se déposer sur des filtres ou dans des incrustations de tuyaux. Des NORM apparaissent aussi dans les revêtements résistants à la chaleur des fours à haute température comme p.ex. dans la production de ciment ; dans ces cas, c'est surtout la protection du personnel qui est visée. Comme aucun projet de production de gaz naturel n'est en cours en Suisse, ce thème n'est actuellement pas un sujet de préoccupation.

Deuxième étape : gestion des déchets contenant des NORM

La seconde étape porte sur les déchets contenant des NORM dont l'activité est supérieure à la limite de libération applicable aux NORM (LLN). Cette limite concerne les matières solides ; elle est fixée uniformément à 1 Bq/g pour les radionucléides de la chaîne de désintégration de l'uranium-238 et de celle du thorium-232 ; pour le potassium-40, elle est fixée à 10 Bq/g. Les entreprises dont les déchets dépassent la limite de libération des NORM doivent disposer d'un accord de l'OFSP pour leur élimination. Cet accord fixe les critères et la procédure de mise en décharge, d'incinération, de recyclage ou d'exportation, de manière à ce que la radioprotection soit respectée. Conformément à l'article 170 ORaP, l'OFSP contrôle en outre par sondage si des substances contenant une radioactivité naturelle accrue parviennent dans les matériaux de construction. L'indice de concentration d'activité permet de déterminer ce qui est admissible dans les matériaux de construction. Ce critère est plus strict que la limite de libération des NORM, car l'éventuelle exposition de personnes aux radiations émises par les matériaux de construction dans l'habitat est par nature plus élevée que l'exposition à des substances présentes dans une décharge ou lors d'une incinération. L'OFSP informe la population sur les résultats de mesures de la radioactivité NORM dans les matériaux de construction.

Troisième étape : produits contenant des NORM, autorisations de type et autorisations ordinaires

On détermine ensuite si des produits contiennent des NORM dont la concentration est supérieure à leur limite de libération. Un dépassement de la limite de libération n'exclut toutefois pas nécessairement une utilisation sûre si des mesures de précaution appropriées sont prises (p.ex. pour les sables abrasifs). Dans de tels cas, l'OFSP peut délivrer une autorisation de type à l'intention du fabricant ou du commerçant conformément à l'art. 15 ORaP, afin

que les utilisateurs et les utilisatrices n'aient pas besoin d'une autorisation séparée pour chaque application. Une autorisation de type pour les NORM oblige les utilisateurs et les utilisatrices à respecter les prescriptions du fabricant/fournisseur pour une utilisation sûre et une élimination conforme, de sorte que la population et l'environnement ne soient pas exposés de manière inadmissible. De telles autorisations ont déjà été octroyées pour des sables abrasifs à base de zircon, la concentration de thorium-232 étant généralement supérieure à la limite de libération des NORM. Le thorium est cependant extrêmement bien lié à la matière et très peu soluble dans l'eau. Une manipulation sûre est donc tout à fait possible avec des mesures de radioprotection appropriées. Avant l'octroi d'une autorisation de type, l'OFSP vérifie également s'il n'existe pas d'agent de sablage équivalent qui ne contienne pas de NORM.

L'article 9 de l'ORaP prévoit une autorisation ordinaire pour les NORM avec des concentrations relativement élevées de radio-isotopes naturels, qui peuvent conduire à une dose potentiellement supérieure à 1 mSv/an pour le personnel ou encore à une dose non négligeable à la population. Il n'existe actuellement aucun produit nécessitant une telle autorisation.

Directive sur les déchets NORM

La directive concernant l'élimination des déchets NORM est sur le point d'être achevée. Elle règle la collaboration entre les autorités (OFSP, IFSN, Suva, OFEV et les autorités cantonales en charge de l'environnement) pour l'élimination des déchets contenant des NORM. Elle définit les concentrations maximales par radionucléide pour certaines décharges, ainsi que pour leurs effluents, de sorte que la protection des eaux souterraines soit garantie. Elle décrit également les modalités de surveillance des décharges ainsi que les mesures à prendre en cas d'incinération et indique la procédure en cas d'exportation éventuelle de déchets à l'étranger. Ce dernier point est toutefois complexe, car la radioactivité apparaît souvent comme une pollution secondaire dans des substances contaminées chimiquement, de sorte que la directive ne peut présenter qu'une première piste.

NORM dans les denrées alimentaires

Les radionucléides naturels présents dans certaines denrées alimentaires, les produits du tabac et l'eau potable ne sont pas soumis aux dispositions sur les NORM de l'ORaP. L'OFSP

tient néanmoins à informer la population de manière approfondie. Il a p.ex. mandaté une étude sur les NORM dans les produits du tabac. Les laboratoires cantonaux et le laboratoire d'essai de l'OFSP réalisent aussi des analyses sur les denrées alimentaires et en publient les résultats.

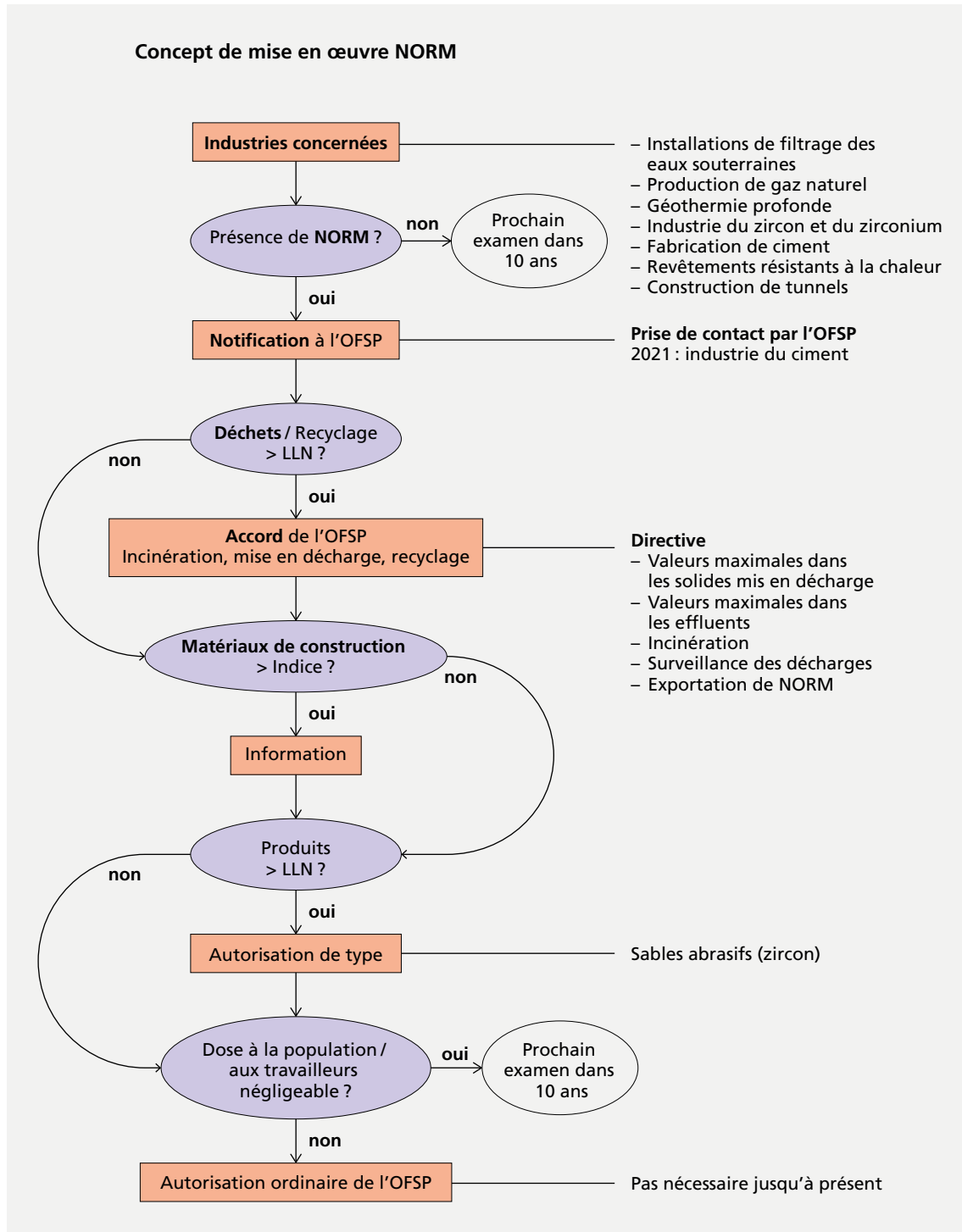


Figure 23
Un nouveau concept de mise en œuvre et une nouvelle directive visent à régler la collaboration entre l'industrie, les autorités chargées de délivrer les autorisations et les organes d'exécution dans le domaine des NORM (matières radioactives naturelles).

Surveillance de l'environnement

L'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est en charge de surveiller la radioactivité dans l'environnement en Suisse. Suite aux tempêtes de sable du Sahara survenues en février 2021, la surveillance de la radioactivité dans l'air a notamment fait l'objet d'une attention particulière dans les stations de mesure suisses. Dans l'interview en page 6, Sybille Estier, responsable de la section Radioactivité de l'environnement à l'OFSP, nous explique par ailleurs comment les accidents de Tchernobyl et de Fukushima ont influencé la surveillance de la radioactivité en Suisse et quels sont les défis actuels et futurs, notamment en ce qui concerne le projet MURAIL, visant au maintien de la surveillance de la radioactivité à haute altitude.

État radiologique de l'environnement près de la centrale de Mühleberg avant son démantèlement

Le groupe BKW Energie SA a mis la centrale nucléaire de Mühleberg (CNM) définitivement hors service le 15 septembre 2020. Cette étape a marqué le passage du régime de l'autorisation d'exploiter à la décision de démantèlement. Si un nouveau règlement concernant le rejet de substances radioactives est entré en vigueur à cette date, seule une partie des limites de rejet ont été adaptées. La surveillance de la radioactivité dans l'environnement se poursuit, quant à elle, comme en régime d'exploitation.

Entre 2017 et 2019, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) a renforcé, en concertation avec l'OFSP, le programme existant de surveillance de la radioactivité dans l'environnement au voisinage de la CNM, en particulier dans le milieu terrestre. Ce programme complémentaire devait permettre une évaluation objective de l'impact radiologique éventuel des travaux de désaffectation de la CNM sur l'environnement et la population avoisinante. L'IFSN et l'OFSP ont publié les résultats correspondants en avril 2021 dans un rapport

commun intitulé «Programme complémentaire : Point zéro démantèlement de la centrale nucléaire de Mühleberg (CNM) 2017–2019». Ce rapport est disponible sous www.bag.admin.ch/ura-fr.



Figure 24
Rapport « Programme complémentaire : Point zéro démantèlement de la centrale nucléaire de Mühleberg (CNM) 2017–2019 »

Principaux résultats de la surveillance menée en 2021

Les réseaux automatiques exploités par l'OFSP pour la mesure de la radioactivité dans l'air et dans les eaux (URAnet aero et aqua) n'ont pas mis en évidence de valeurs anormales en 2021. Les traces de radioactivité décelées en laboratoire dans les différents compartiments environnementaux dans le cadre du programme national de surveillance de la radioactivité sont conformes aux résultats attendus : elles témoignent du fonctionnement normal des entreprises ou instituts disposant d'une autorisation de rejet de substances radioactives dans l'environnement ou proviennent d'anciennes contaminations.

Les résultats ont en outre confirmé que la radioactivité naturelle était largement prépondérante en Suisse, avec des variations régionales, principalement liées aux caractéristiques géologiques. La radioactivité d'origine artificielle, comme conséquence des retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl, est, elle aussi, répartie de façon inhomogène sur le territoire : dans les Alpes et le sud des Alpes, les valeurs relevées pour le césium-137 et le strontium-90 restent légèrement supérieures à celles du Plateau. Ainsi, des traces de césium-137 sont toujours détectées dans les filtres aérosols des stations de collecte à haut débit (HVS) de l'OFSP, notamment à la station de Cadenazzo au Tessin. Ces traces proviennent des particules de sol contaminées remises en suspension dans l'air. Le phénomène est particulièrement marqué en hiver par temps sec.

Incursion de sables en provenance du Sahara (février 2021)

Selon l'analyse des filtres à air collectés entre le 1^{er} et le 24 février 2021 dans les stations HVS de Cadenazzo, du CERN, de Göttingen, de Klingnau, de Liebefeld et de Posieux, les tempêtes de sable du Sahara n'ont pas contribué à un apport significatif de radioactivité dans l'air en Suisse (voir [Poussières en provenance du Sahara \(5.3.2021\) – Radenviro](#)).

La zone de tempête saharienne englobait la région algérienne de Reggane, où la France a effectué quatre essais nucléaires atmosphériques et 13 essais nucléaires souterrains au début des années soixante. Cette zone était donc susceptible d'être contaminée par les retombées de ces tirs, raison pour laquelle la question d'un possible transport de la radioactivité artificielle vers la Suisse à travers ces poussières s'est posée.

L'OFSP a mandaté l'Institut de radiophysique (IRA) du CHUV à Lausanne pour des mesures complémentaires de plutonium et d'américium dans un mélange de 24 filtres hebdomadaires exposés dans six collecteurs à haut débit (HVS) durant les quatre semaines du mois de février, correspondant à un volume total d'air d'environ 2'500'000 m³. Seul un volume supérieur au million de m³ permet en effet d'obtenir une sensibilité de mesure suffisante pour pouvoir quantifier ces deux radioéléments indicatifs de fission/activation nucléaire.

Les résultats ont montré que les activités mesurées en février 2021 s'intégraient parfaitement à celles mesurées habituellement en Suisse : si elles étaient légèrement supérieures, c'est uniquement parce que la quantité de particules de sable collectée sur les filtres (en mg/m³) était également légèrement supérieure à la quantité de poussières habituellement collectées sur les filtres en Suisse.

Les résultats complets de la surveillance de la radioactivité de l'environnement sont publiés chaque année dans le rapport « Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse » (www.bag.admin.ch/ura-rapports), ainsi que sur le portail des mesures dans l'environnement de l'OFSP (www.radenviro.ch).

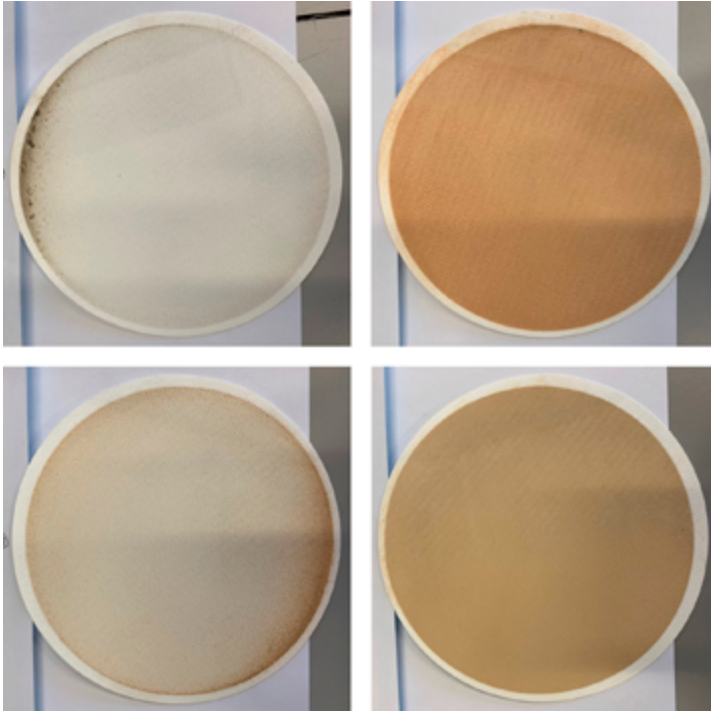


Figure 25
Les filtres aérosols exposés en février 2021 à la station de la Jungfrauoch montrent des quantités élevées de poussières (attention : ces filtres sont plus petits que les filtres à grand volume analysés)

À noter dans ce cadre que le plutonium et l'américium habituellement mesurés en Suisse proviennent de la remise en suspension de particules de sol contaminées après les essais nucléaires atmosphériques des années cinquante et soixante. Les analyses réalisées par l'IRA entre 2013 et 2020 montrent que l'activité mesurée sur les filtres à air est directement proportionnelle à la quantité de cendres (exprimée en mg/m^3) contenue sur le filtre (voir chapitre 7.2 du Rapport annuel OFSP « Radioactivité dans l'environnement et doses de rayonnements en Suisse 2020 » disponible sous www.bag.admin.ch/ura-rapports).

La quantité de poussières présentes dans l'air en février 2021 étant plus importante qu'habituellement, les activités mesurées étaient donc proportionnellement plus élevées ; elles sont toutefois restées sans conséquences pour la santé.

Denrées alimentaires

Bien que les concentrations en césium-137 diminuent régulièrement depuis 1986, des valeurs plus élevées peuvent toujours être mesurées dans certaines denrées alimentaires, comme les champignons sauvages (indigènes ou importés), le miel ou les myrtilles. Des dépassements de la valeur maximale pour les denrées alimentaires, fixée à 600 Bq/kg dans l'ordonnance Tchernobyl, ont à nouveau été enregistrés en 2021 dans de la viande de sanglier en provenance du Tessin. Depuis plusieurs années, le Service vétérinaire cantonal du Tessin contrôle systématiquement la radioactivité de tous les sangliers chassés sur son territoire ; les résultats de la campagne 2021 ont montré qu'environ 1 % des sangliers contrôlés dépassaient la valeur maximale admissible ; ils ont donc été saisis par le vétérinaire cantonal. Hormis dans les sangliers, aucun dépassement de la valeur limite pour le césium-137 n'a été enregistré dans les denrées alimentaires prélevées en Suisse en 2021.

Centrales nucléaires, hôpitaux et entreprises

Les mesures effectuées en 2021 dans le cadre de la surveillance des centrales nucléaires et des centres de recherche (PSI, CERN) ont mis en évidence des traces de rejets atmosphériques. Il s'agissait notamment de valeurs accrues de carbone-14 dans les feuillages au voisinage des centrales nucléaires ou encore d'isotopes de courtes périodes produits dans les accélérateurs des centres de recherche. Ainsi, la remise en exploitation de l'installation ISOLDE au CERN après un arrêt prolongé s'est traduite par la détection d'infimes quantités d'iode radioactif dans les échantillons d'aérosols collectés par l'OFSP au voisinage du centre de recherche.

Des traces de produits d'activation provenant de rejets liquides ont sporadiquement été détectées dans les sédiments de l'Aar et du Rhin, notamment pendant les périodes de révision des centrales nucléaires. Des valeurs de tritium légèrement accrues (13 +/- 1 Bq/l) ont également été mesurées en avril dans l'Aar (à Brugg) suite à la révision de la centrale nucléaire de Gösgen. Les concentrations mensuelles de tritium ont atteint environ 5 Bq/l à la même période dans le Rhin (à Weil am Rhein). Les rejets à l'origine de la présence de ces radionucléides artificiels dans l'environnement sont toutefois restés nettement inférieurs aux valeurs autorisées.

Comme par le passé, la surveillance mise en œuvre au voisinage des entreprises utilisatrices de tritium a révélé un marquage significatif de l'environnement (précipitations, denrées alimentaires) à proximité immédiate de ces entreprises,

en particulier de mb Microtec à Niederwangen. Les améliorations techniques mises en œuvre par mb Microtec lui ont toutefois permis de réduire ses émissions depuis 2020. La forte diminution des concentrations de tritium enregistrées dans les précipitations en 2020 par rapport aux années précédentes s'est ainsi poursuivie en 2021, avec une valeur maximale de 780 Bq/l mesurée à la station « Firma », généralement la plus impactée. Les mesures de tritium effectuées dans des distillats d'échantillons de lait et de fruits et légumes (pommes, poires, prunes, rhubarbe, etc.) prélevés fin août 2021 par le canton de Berne à proximité de l'entreprise mb Microtec ont confirmé ce constat. Les valeurs, échelonnées entre 3 et 143 Bq/l, sont en effet également en baisse par rapport aux années précédentes.

En automne 2021, l'OFSP et la SUVA ont initié un programme de surveillance du tritium dans les précipitations et l'humidité de l'air au voisinage de l'entreprise Smolsys située à Root dans le canton de Lucerne, celle-ci disposant également d'une autorisation de rejet de tritium dans l'environnement. Ainsi, les trois entreprises utilisatrices de tritium en Suisse, à savoir mb Microtec, Smolsys et RC Tritec à Teufen, font toutes l'objet d'une surveillance radiologique particulière de l'OFSP dans leur voisinage.

Enfin, la surveillance de la radioactivité poursuivie en 2021, comme par le passé, dans les eaux des stations d'épuration, les eaux de lavage des fumées des usines d'incinération et les eaux de percolation des décharges n'a pas mis en évidence de résultat anormal.

Dix ans après l'accident de Fukushima

L'OFSP a actualisé sa fiche d'information relative à l'accident de Fukushima en 2021. Celle-ci dresse le bilan des conséquences de l'accident au Japon et en Suisse ainsi que des enseignements tirés pour la radioprotection en cas d'urgence en Suisse. Cette fiche d'information actualisée est disponible sous www.str-rad.ch (Événements radiologiques et préparation aux situations d'urgence / Rejets de radioactivité / Fukushima).

Intervention en cas d'urgence radiologique

La prise en charge des coûts de la distribution des comprimés d'iode dans les zones situées jusqu'à 50 km autour des centrales nucléaires n'est actuellement pas suffisamment ancrée dans la législation. En conséquence et sur mandat du Conseil fédéral, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) a initié en 2021 un projet de révision partielle de la Loi sur la radioprotection (LRaP). Lors de la révision de l'Ordonnance sur la radioprotection (ORaP), l'OFSP a par ailleurs reçu le mandat d'élaborer un concept concernant les mesures à prendre en cas de contamination durable ; une première ébauche est maintenant disponible. En tant que centre collaborateur de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'OFSP a en outre poursuivi les travaux visant au maintien des connaissances relatives au traitement des personnes fortement irradiées.

Distribution des comprimés d'iode

Après l'accident nucléaire de Fukushima, le Conseil fédéral a étendu de 20 à 50 km le rayon de la distribution aux ménages des comprimés d'iode autour des centrales nucléaires (CN). Les coûts supplémentaires liés à cette extension ont été intégralement facturés aux CN. Celles-ci ont certes accepté la prise en charge des coûts jusqu'à 20 km, mais ont préféré d'autres variantes moins coûteuses pour la distribution dans les zones situées jusqu'à 50 km. Fin 2018, le Tribunal fédéral a décrété que la base légale pour la prise en charge des coûts par les CN était insuffisante. En conséquence et sur mandat du Conseil fédéral, l'OFSP a initié en 2021 un projet de révision partielle de la LRaP. Durant la période de transition, des accords ont été trouvés avec les exploitants des CN en vue du financement des comprimés d'iode.

L'accord de prise en charge des coûts, élaboré sur cette base, a été approuvé et signé dans une décision du Conseil fédéral du 14 avril 2021, de sorte que le financement de la distribution

aux ménages des comprimés d'iode est désormais garanti. Les exploitants des CN participent largement aux coûts de la campagne de distribution de 2024 dans un rayon de 50 km autour des centrales nucléaires en activité (CNL, CNB, CNG). Un groupe comprenant des membres de la pharmacie de l'armée, de l'OFSP et d'autres services a déjà initié les travaux préparatoires pour la prochaine distribution.

Ébauche du concept « Mesures à prendre en cas de contamination durable (article 171 ORaP) »

Dans le cas d'un accident nucléaire grave impliquant un rejet important de radioactivité, la Centrale nationale d'alarme (CENAL) prend des mesures d'urgence durant la phase aiguë, telles que l'évacuation ou la mise à l'abri de la population concernée, ou encore la prise de comprimés d'iode (figure 26). Le Conseil fédéral décrète des mesures complémentaires dans la phase précoce. La procédure de gestion d'urgence est déjà largement documentée et fait l'objet d'exercices réguliers.

Après ces phases, qui peuvent durer de quelques jours à quelques semaines, vient la phase de transition, au cours de laquelle les conditions de vie se normalisent progressivement et où l'intervention d'urgence prend fin.

Après la phase de transition, il n'y a plus de situation d'exposition d'urgence. Il s'agit désormais d'une situation d'exposition dite « existante » et d'une situation à long terme. La situation radiologique au moment de cette transition n'est cependant plus la même qu'avant l'événement. Certaines régions ne seront plus guère touchées, de sorte qu'il sera possible d'y vivre sans restrictions. En revanche, il est possible que d'autres territoires soient encore modérément à fortement contaminés ; ils ne seraient donc plus habitables ou seulement en y respectant certaines règles de comportement. En outre, la contamination des sols conduirait à celle des produits agricoles, au sein d'une zone généralement relativement vaste.

Les règles de comportement nécessaires durant cette phase post-accidentelle et la gestion d'une contamination durable ne sont pas suffisamment documentées. Dans le cadre de la révision de l'ORaP, le Conseil fédéral a chargé l'OFSP d'élaborer ces mesures à long terme manquantes (art. 171 ORaP).

Un concept général a été élaboré à cet effet, en reprenant les connaissances acquises à l'étranger lors de la gestion des effets du passage de la situation d'urgence à la situation d'exposition existante et les adaptant pour la Suisse.

L'ébauche de ce concept prévoit quatre orientations générales. La première comprend des mesures visant à subdiviser l'espace en différentes zones en fonction du débit de dose ambiante. En font aussi partie les mesures de décontamination et de gestion des déchets. La seconde orientation concerne les mesures visant à la protection de la santé de la population, p.ex. en fixant un niveau de référence pour l'exposition ou en appliquant une surveillance sanitaire. Les mesures concernant la protection des travailleurs et des travailleuses et de l'économie occupent aussi une place centrale. La quatrième orientation comprend les mesures de protection de l'environnement.

A partir de 2022, quatre groupes de travail seront constitués avec des partenaires pertinents de la Confédération, des cantons et d'autres parties prenantes. Ils élaboreront une stratégie pour leur domaine et établiront les concepts nécessaires sous l'égide de l'OFSP.

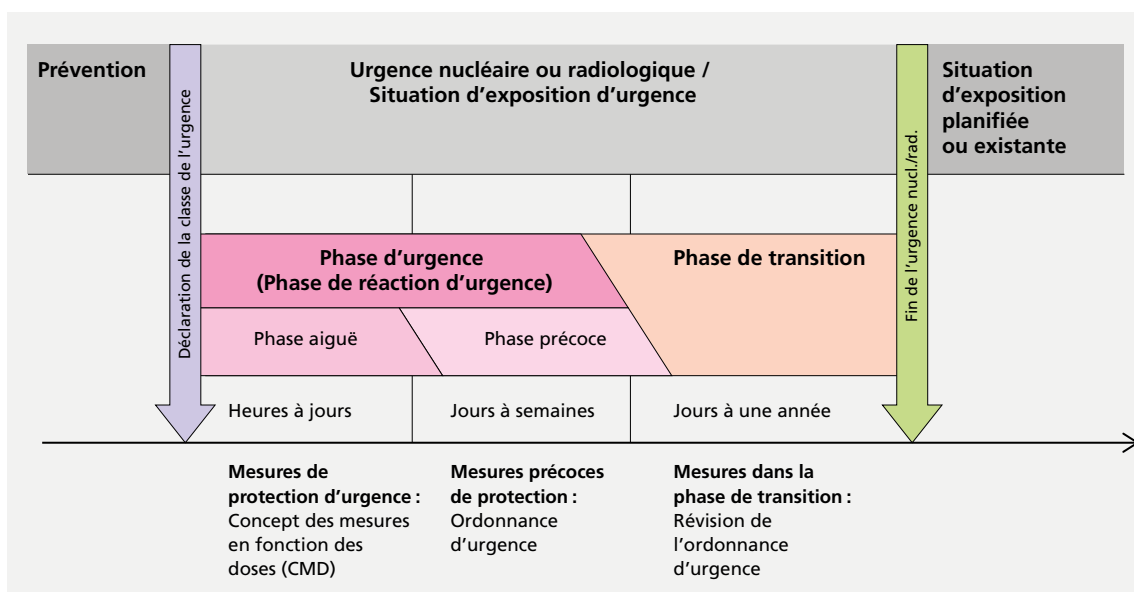


Figure 26
Visualisation des phases avant et après une urgence nucléaire ou radiologique. L'OFSP a pour mission de concrétiser les mesures à long terme après une urgence.

Protection sanitaire contre le rayonnement non ionisant et le son

Depuis 2019, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est en charge de la Loi fédérale sur la protection contre les dangers liés au rayonnement non ionisant et au son (LRNIS) et de l'Ordonnance relative à cette loi (O-LRNIS). Cette tâche comprend aussi un mandat d'information, mis en œuvre en 2021 par une conférence sur le thème « Rayonnement ultraviolet et protection contre le rayonnement solaire chez les enfants » et par un atelier sur l'ingénierie du son avec pour thème « Un bon son avec des protections auditives ». Dans le cadre de l'aide à l'exécution de la nouvelle réglementation sur les solariums de l'O-LRNIS, l'accent a été mis sur les exigences techniques touchant au contrôle de l'âge.

Journée UV 2021 : Sensibiliser pour protéger les générations futures

En août 2021, l'OFSP a organisé une journée sur le thème de la protection solaire chez les enfants et les jeunes, en collaboration avec la Ligue suisse contre le cancer et la Société suisse de dermatologie et de vénéréologie (SSDV). Des spécialistes ont débattu sur la manière d'enseigner un comportement durable en matière de protection solaire pendant la scolarité et l'apprentissage, ainsi que du rôle des infrastructures offrant des espaces ombragés.

La SSDV a ouvert la journée avec une introduction sur le thème de la peau des enfants et de sa sensibilité particulière. L'Institut de médecine sociale et préventive de l'Université de Berne a ensuite présenté les derniers résultats d'une enquête menée à l'échelle nationale auprès de parents concernant le

comportement de leurs enfants vis-à-vis de la protection solaire. Il a également été question d'une campagne de mesure de l'exposition des enfants au rayonnement UV, dont l'évaluation a été financée par l'OFSP. Selon cette étude, les enfants passent en moyenne 15 % de leur temps en plein air, d'où provient une grande partie de leur dose de rayonnement UV. Les intensités de rayonnement les plus élevées sont associées aux randonnées et aux activités en montagne. En outre, l'étude a montré que le port de lunettes de soleil constituait la mesure de protection la moins appliquée. Dans un deuxième bloc, différents projets de prévention s'adressant aux enfants et aux jeunes ont été présentés, comme p.ex. le livre d'images « Maison à l'ombre » pour les enfants en âge de fréquenter l'école maternelle.

Le programme de l'après-midi a débuté par un exposé sur le thème de l'adaptation au climat dans les villes et les communes. L'Office fédéral de l'environnement étudie, par le biais de différents projets pilotes, comment rendre les milieux urbains plus résistants au stress thermique croissant. Des oasis de verdure permettent d'endiguer les îlots de chaleur urbains. L'action rafraîchissante de mesures, telles que les espaces verts, la végétalisation des toits et des façades et la désimperméabilisation des sols, a été démontrée de façon impressionnante.

Dans la partie finale interactive, les participants et les participantes ont discuté en groupes de la manière de mieux sensibiliser les enfants et les jeunes à la protection solaire ainsi que des mesures pour améliorer la protection. Toutes et tous s'accordaient sur le fait que le thème de la protection solaire devrait faire partie intégrante de l'enseignement scolaire dans toute la Suisse. Les jeunes devraient être davantage sollicités

sur les réseaux sociaux et être encouragés à utiliser diverses applications existantes sur le thème de la peau.

Les facteurs de réussite pour la création de davantage d'espaces ombragés dans les lieux publics, et notamment sur les places de jeu des enfants, ont aussi été discutés. Il s'agit là d'encourager la collaboration interdisciplinaire et de profiter des expériences de projets pilotes déjà réalisés. Pour qu'un projet soit durable, il est très important que la communication soit transparente et que toutes les personnes en charge de prendre des décisions, la population et les médias soient impliqués suffisamment tôt.

Près de 70 représentants et représentantes des domaines de la santé, de l'enfance et de la jeunesse, de l'environnement, de la planification urbaine et du changement climatique, ont pris part à la journée UV.



Figure 28
Discussion entre Daniela de la Cruz, Présidente de la Ligue suisse contre le cancer, et Anne Lévy, Directrice de l'Office fédéral de la santé publique (Copyright: Ligue suisse contre le cancer)

Atelier O-LRNIS pour les spécialistes de l'ingénierie du son : Un son de qualité et une protection contre la perte auditive ne sont pas incompatibles

Après l'assouplissement de la Loi Covid-19 en été 2021, de plus en plus d'événements musicaux ont à nouveau eu lieu. Le thème de la perte auditive lors des manifestations bruyantes est donc redevenu d'actualité. L'atelier organisé les 30 et 31 août 2021 à Zoug pour les spécialistes de l'ingénierie du son a montré qu'un son de qualité et une protection contre la perte auditive ne sont pas forcément incompatibles. Le groupe d'expertise « Son et laser du Cercle Bruit » et l'OFSP ont organisé et conduit cet atelier gratuit en collaboration avec des spécialistes externes du domaine des manifestations. Avec trente participants et participantes chacune, les deux journées ont affiché complet.

Lors de manifestations avec émissions sonores, il faut respecter les valeurs limites et prendre les mesures supplémentaires prévues dans l'O-LRNIS pour protéger le public. Lors de l'atelier, des conseils et astuces permettant de concilier un son de qualité et le respect des valeurs limites ont été donnés, puis démontrés de manière très impressionnante par le groupe de rock présent. L'accent a été mis sur l'optimisation du son dans le public et sur la scène, ainsi que sur l'application correcte des méthodes et appareils de mesure (figure 29).

L'atelier a montré de manière pratique que plusieurs facteurs sont déterminants pour

l'obtention d'une bonne qualité sonore. D'une part, l'acoustique de la salle joue un rôle fondamental. D'autre part, il faut une bonne technique de scène et un positionnement adéquat des installations de sonorisation. La zone du public doit être le moins possible exposée au son direct de la scène, mais le plus possible au son des haut-parleurs dirigés vers son espace. Le savoir-faire de l'ingénieur du son est certainement un facteur déterminant pour une qualité sonore optimale et respectueuse de l'audition.

Les réactions des participants et des participantes à l'atelier ont toutes été positives. À l'avenir, il est prévu de proposer ce type de manifestation aussi en Suisse romande.

Informations complémentaires : « Fiche d'information O-LRNIS: manifestations avec son » disponible sous www.bag.admin.ch/son.

Aide à l'exécution : Exigences techniques pour le contrôle de l'âge dans les solariums

À partir du 1^{er} janvier 2022, les exploitants de solariums devront empêcher les personnes mineures d'utiliser les solariums. En 2021, l'OFSP a défini, en collaboration avec la branche concernée, des exigences pour le contrôle de l'âge dans les solariums en libre-service. Il est possible de placer à l'entrée des locaux des installations mécaniques ou des systèmes électroniques, conçus de manière à ce qu'une personne adulte puisse y accéder une seule fois durant la même journée, au moyen d'une carte d'identité valable.



Figure 29
Différents appareils de mesures et méthodes acoustiques ont été testés en direct avec un groupe de rock.

Exposition de la population suisse aux rayonnements ionisants

La plus grande partie de l'exposition de la population aux rayonnements est due au radon dans les habitations ainsi qu'aux examens médicaux. L'exposition à ces sources varie largement d'un individu à l'autre.

Catégories d'exposition

En radioprotection, on distingue trois catégories d'exposition aux rayonnements.

La première inclue les personnes exposées aux radiations dans le cadre professionnel. En Suisse, plus de 100'000 personnes sont soumises à une surveillance de leur exposition aux rayonnements dans l'exercice de leur profession, soit par le port d'un dosimètre, soit par calcul, à l'exemple du personnel naviguant. Cette exposition est enregistrée et contrôlée précisément par les employeurs et les autorités et fait l'objet d'un rapport séparé. Vous trouverez d'autres informations au sujet de l'exposition professionnelle en page 16 du présent rapport, ainsi que dans le rapport annuel sur la dosimétrie publié sous www.bag.admin.ch/dosimetrie-rapports.

La seconde catégorie d'exposition aux rayonnements touche la population générale. Tout un chacun est ici concerné. Contrairement à l'exposition professionnelle, les doses reçues par la population ne sont pas enregistrées individuellement, mais évaluées pour l'ensemble de la population sur la base de mesures de la radioactivité dans l'environnement ou dans les habitations, ou encore sur la base d'enquêtes ou de modèles mathématiques. Le présent chapitre rend compte des résultats de cette évaluation de la dose de rayonnement pour la population suisse.

La troisième catégorie concerne les patients et les patientes ayant bénéficié d'un diagnostic ou d'un traitement médical mettant en jeu des rayonnements ionisants. Ils font bien entendu partie de la population générale, mais les doses supplémentaires qu'ils reçoivent en raison d'une

exposition médicale sont traitées séparément. Cette exposition est en effet intentionnelle et apporte un bénéfice direct aux patients et patientes en terme de santé et de bien-être. Il s'agit là d'un cas spécial : la personne qui subit l'exposition aux rayonnements en profite aussi directement, p.ex. par le biais d'un diagnostic plus précis.

Origines de l'exposition aux rayonnements

L'ensemble de la population suisse est exposée en permanence à des rayonnements ionisants d'origines naturelle et artificielle. Si l'on différencie souvent entre sources naturelles et artificielles, ce n'est en aucun cas parce que les premières sont moins nocives que les secondes, mais généralement parce qu'elles sont présentes partout sans que nous puissions les influencer. Il existe toutefois des exceptions, notamment dans le cas du radon-222. En effet, si le gaz radon et ses descendants radioactifs sont bien d'origine naturelle, c'est leur accumulation dans les bâtiments, en raison d'une construction mal adaptée, qui est responsable des doses de rayonnement élevées pour les occupants et les occupantes. La situation est semblable pour le tabac et les vols en avion, dont l'origine des rayonnements est naturelle, mais pour lesquels la dose reçue par un individu particulier est directement liée à son comportement.

D'un point de vue de santé publique, il est donc plus judicieux de distinguer les sources d'exposition en fonction des possibilités d'action pour les individus et la société sur l'exposition qu'elles occasionnent plutôt que sur leur origine.

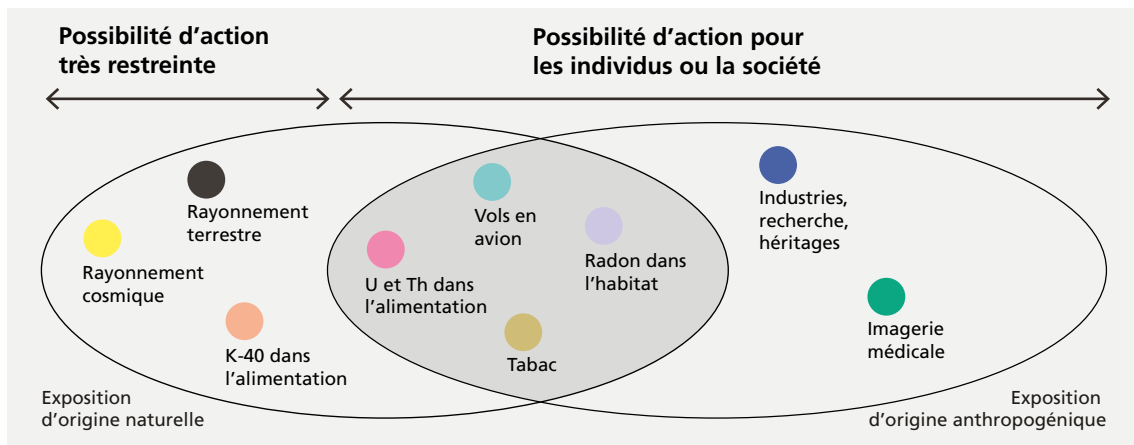


Figure 30

Les contributions importantes à l'exposition aux rayonnements de la population générale. Ovale gauche : exposition d'origine naturelle. Ovale droit : exposition d'origine anthropogénique. Zone de chevauchement (fond sombre) : la source de rayonnement est d'origine naturelle, mais l'exposition dépend de l'intervention humaine. Elle peut donc être influencée par l'action de l'individu ou de la société. Zone sans chevauchement à gauche : les possibilités d'action pour réduire ces expositions sont très restreintes. Zone sans chevauchement à droite : sources artificielles de rayonnement ; sans intervention humaine, ces sources n'existeraient pas.

La figure 30 illustre les principales sources d'exposition aux rayonnements de la population suisse (sans compter les personnes professionnellement exposées). Les études et calculs appliqués pour l'évaluation des doses moyennes reçues chaque année par la population suisse pour chacune des sources, ainsi que leur domaine de variation, sont détaillés dans le rapport « Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse », voir [Rapports annuels sur la radioactivité de l'environnement \(admin.ch\)](#).

Exposition aux rayonnements de la population générale

Exposition au rayonnement terrestre et cosmique

Le rayonnement terrestre, c'est-à-dire le rayonnement provenant du sol et des roches, induit une dose moyenne de 0.35 mSv/an et dépend de la composition du sol. La dose associée au rayonnement cosmique reçue, au sol, par la population suisse s'élève en moyenne à 0.38 mSv/an. Ce rayonnement augmentant avec l'altitude, la dose associée est p.ex. de 0.6 mSv/an à 1500 m d'altitude. Les doses inhérentes aux voyages en avion à haute altitude sont traitées séparément, car elles sont directement influencées par le comportement individuel.

Doses de rayonnement dues aux aliments

L'exposition imputable à l'alimentation mérite d'être dissociée entre le potassium-40 et les autres radionucléides. En effet, le potassium-40 est un radionucléide naturel en équilibre homéostatique : l'autorégulation par l'organisme conduit à une concentration stable de potassium-40. Un individu est ainsi toujours exposé de la même manière, quel que soit son régime alimentaire. Le potassium-40 se fixe essentiellement dans les tissus musculaires, la dose induite par ce nucléide (environ 0.2 mSv/an) dépend essentiellement de la masse musculaire de l'individu.

Les autres radionucléides issus de l'alimentation peuvent être d'origine naturelle (p.ex. les radionucléides des séries naturelles de l'uranium et du thorium comme le polonium-210 et le plomb-210) ou artificielle (p.ex. le césium-137 et le strontium-90). Contrairement au potassium-40, l'exposition dépend ici directement des habitudes alimentaires.

Certains poissons et fruits de mer sont p.ex. plus riches en polonium-210 et en plomb-210 et peuvent conduire à des doses supplémentaires significatives. Selon l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), la population française reçoit en moyenne une dose efficace liée à la consommation de poissons et de fruits de mer de 0.13 mSv/an, celle-ci pouvant atteindre 2 mSv/an pour des régimes alimentaires particuliers. Jusqu'à présent, cette contribution spécifique n'a pas été considérée

pour l'évaluation des doses reçues par la population suisse, faute de données suffisantes. Même si la consommation de poissons et de fruits de mer de la population suisse est environ trois fois inférieure à celle de la population française, cette contribution supplémentaire ne peut pas être négligée. Une réévaluation est actuellement en cours tant au niveau international (UNSCEAR) que pour la Suisse (OFSP). A noter que malgré les doses supplémentaires engagées, il n'est pas justifié d'un point de vue sanitaire de recommander une restriction de leur consommation compte tenu des qualités nutritives indéniables de ce type d'aliments.

Les doses dues à l'ingestion de strontium-90 et/ou de césium-137 provenant des retombées des essais nucléaires atmosphériques des années 1960 et, dans le cas du césium-137, de l'accident de Tchernobyl, sont aujourd'hui très faibles. Les mesures au corps entier régulièrement réalisées sur des collégiens montrent que les doses annuelles liées à l'incorporation de césium-137 sont inférieures à un millième de mSv. La dose induite par la consommation d'eau potable provient de la radioactivité naturelle (principalement les isotopes du radium) et est nettement inférieure à 0.1 mSv.

En moyenne, la dose reçue par la population suisse par l'ingestion de radionucléides (sans la contribution des poissons et des fruits de mer) est d'environ 0.35 mSv par an.

Doses de rayonnement dues au radon dans les habitations

Le radon-222 et ses produits de filiation dans les habitations constituent la plus importante contribution aux doses reçues par la population. Ces nucléides pénètrent dans le corps par l'air que nous respirons.

Dans sa publication 115 (2010), la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a réévalué le risque de cancer du poumon lié au radon et l'a nettement corrigé vers le haut. Dans sa publication 137 (2017), la CIPR propose un nouveau coefficient de dose pour les travailleurs, aussi applicable à l'exposition domestique de la population et qui concorde avec l'estimation de la publication 115 (2010). Le nouveau coefficient de dose a été déterminé sur la base d'un modèle dosimétrique et sert

de référence pour la population ainsi que les travailleurs et les travailleuses en Suisse. La « dose radon » moyenne pour la population suisse, établie avec le nouveau coefficient, s'élève ainsi à 3.3 mSv/an. La valeur moyenne indiquée se base sur une concentration moyenne de radon dans les bâtiments de 75 Bq/m³ (celle-ci sera prochainement recalculée). L'exposition de la population au radon n'est cependant pas uniforme, le domaine des valeurs mesurées étant très étendu. On a p.ex. mesuré des valeurs extrêmes de plusieurs milliers de Bq/m³.

Dans sa plus récente évaluation, le Comité scientifique des Nations Unies sur les effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR) recommande toutefois le maintien d'un coefficient de dose nettement plus faible que celui de la CIPR. Ces coefficients sont utilisés dans le cadre du mandat de l'UNSCEAR à des fins de comparaison lors de l'évaluation de l'exposition de la population mondiale. La « dose radon » moyenne de la population suisse évaluée avec le coefficient de dose de l'UNSCEAR serait d'environ 1.9 mSv/an.

Doses de rayonnement dues au tabagisme

Si l'effet nocif du tabagisme sur la santé est connu de tous, beaucoup ignorent que cette pratique constitue aussi une voie d'exposition additionnelle aux rayonnements ionisants. En effet, l'inhalation par les fumeurs de radionucléides naturels, tels que le polonium-210 et le plomb-210 contenus dans les feuilles de tabac, induit une dose supplémentaire par rapport aux non-fumeurs. D'après de récentes études, fumer 20 cigarettes par jour occasionne une dose efficace moyenne de 0.26 mSv/an. En 2016, 25.3 % de la population suisse de plus de 15 ans fumait de manière occasionnelle (1.2 cigarettes/jour) ou quotidienne (13.6 cigarettes/jour), ce qui représente une moyenne de 2.5 cigarettes par jour et par habitant, et donc une dose efficace moyenne de 0.03 mSv/an par habitant de plus de 15 ans due au tabagisme.

Doses de rayonnement dues aux vols en avion

Le rayonnement cosmique augmentant avec l'altitude (il est environ 100 fois plus élevé à 10'000 mètres qu'à 500 mètres d'altitude), les personnes voyageant par avion sont soumises à une exposition supplémentaire.

Contrairement à l'exposition permanente dans le milieu terrestre, cette exposition supplémentaire est directement liée au comportement de l'individu, raison pour laquelle elle est traitée séparément. Durant l'année 2015 (dernières données disponibles), les Suisses ont parcouru en moyenne 9000 km en avion. La dose par habitant résultant de ces voyages en avion s'élève ainsi entre 0.03 et 0.07 mSv/an en fonction des parcours effectués. En effet, les doses sont plus élevées pour les trajectoires à proximité des pôles que pour celles proches de l'équateur. Pour le personnel navigant, la dose supplémentaire liée au rayonnement cosmique peut atteindre plusieurs mSv/an.

Exposition liée aux rejets de l'industrie, de la recherche et de la médecine ainsi qu'aux héritages radiologiques (essais et accidents nucléaires, radium horloger)

Aux doses de rayonnement mentionnées précédemment vient s'ajouter une faible contribution (≤ 0.1 mSv/an) provenant de l'exposition aux rejets de substances radioactives dans l'environnement par les centrales nucléaires, les industries, les centres de recherche et les hôpitaux, ainsi qu'aux radionucléides artificiels présents dans l'environnement. Les doses reçues par les personnes habitant à proximité immédiate d'une centrale nucléaire, d'une industrie ou d'un centre de recherche et qui sont attribuables aux substances radioactives émises par ces installations dans l'air et dans les eaux usées, atteignent en effet au maximum un centième de mSv par an. La valeur limite de dose en situation d'exposition planifiée est fixée à 1 mSv/an pour la population et s'applique essentiellement à cette composante de l'exposition.

En ce qui concerne les héritages radiologiques, les retombées de l'accident de Tchernobyl en avril 1986 et des essais nucléaires atmosphériques au début des années 1960 n'occasionnent aujourd'hui plus qu'une dose de quelques centièmes de mSv par an. Les doses provenant de la dispersion de substances radioactives après l'accident du réacteur nucléaire de Fukushima en 2011 sont négligeables en Suisse. Un plan d'action est actuellement en cours afin d'assainir les biens-fonds contaminés avec du radium horloger jusque dans les années 1960 (page 51). À ce jour, 118 biens-fonds ont déjà été assainis, permettant d'éviter une dose supplémentaire de plusieurs mSv/an pour les occupants et les occupantes.

Exposition des patients et des patientes

Doses de rayonnement dues au diagnostic médical

Selon l'évaluation de l'enquête de 2018, la dose moyenne reçue par la population par le biais d'applications médicales (imagerie médicale) est de 1.49 mSv/an et par personne (en tenant compte de la contribution de la médecine nucléaire diagnostique de 0.11 mSv). On constate une stabilisation de la dose par rapport à l'enquête intermédiaire effectuée en 2013. Plus des deux tiers de la dose en radiodiagnostic sont dus aux examens de tomographie assistée par ordinateur (CT). Comme dans le cas du radon, l'exposition par le diagnostic médical est inégalement répartie : on estime en effet que 1.7 patient(e)s pour 1000 habitant(e)s reçoivent une dose efficace cumulée de plus de 100 mSv¹ issue d'examens de tomographie assistée par ordinateur sur une période de cinq ans. Toutefois, la plupart des patients et patientes reçoivent ces doses élevées à un âge avancé.

1 Méthode de calcul selon Rehani MM, Hauptmann M, Estimates of the number of patients with high cumulative doses through recurrent CT exams in 35 OECD countries ; *Physica Medica* 76 (2020) ; <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2020.07.014>

Bilan de l'exposition de la population suisse

Exposition moyenne

Les contributions moyennes des sources d'exposition susmentionnées sont illustrées en figure 31. La dose efficace moyenne reçue par la population suisse du fait de l'ensemble de ces sources d'exposition s'élève ainsi à environ 6 mSv/an.

Variabilité de l'exposition

Les valeurs moyennes de l'exposition ne sont, à elles seules, pas suffisantes pour donner une image représentative de l'exposition réelle de la population suisse, car certaines de ces composantes peuvent varier de manière très significative d'un individu à l'autre. L'exemple le plus significatif est celui de l'exposition médicale des patients et patientes. La dose efficace moyenne pour les examens CT les plus courants sur l'abdomen et le haut de l'abdomen est p.ex. d'environ 12 mSv. La dose moyenne

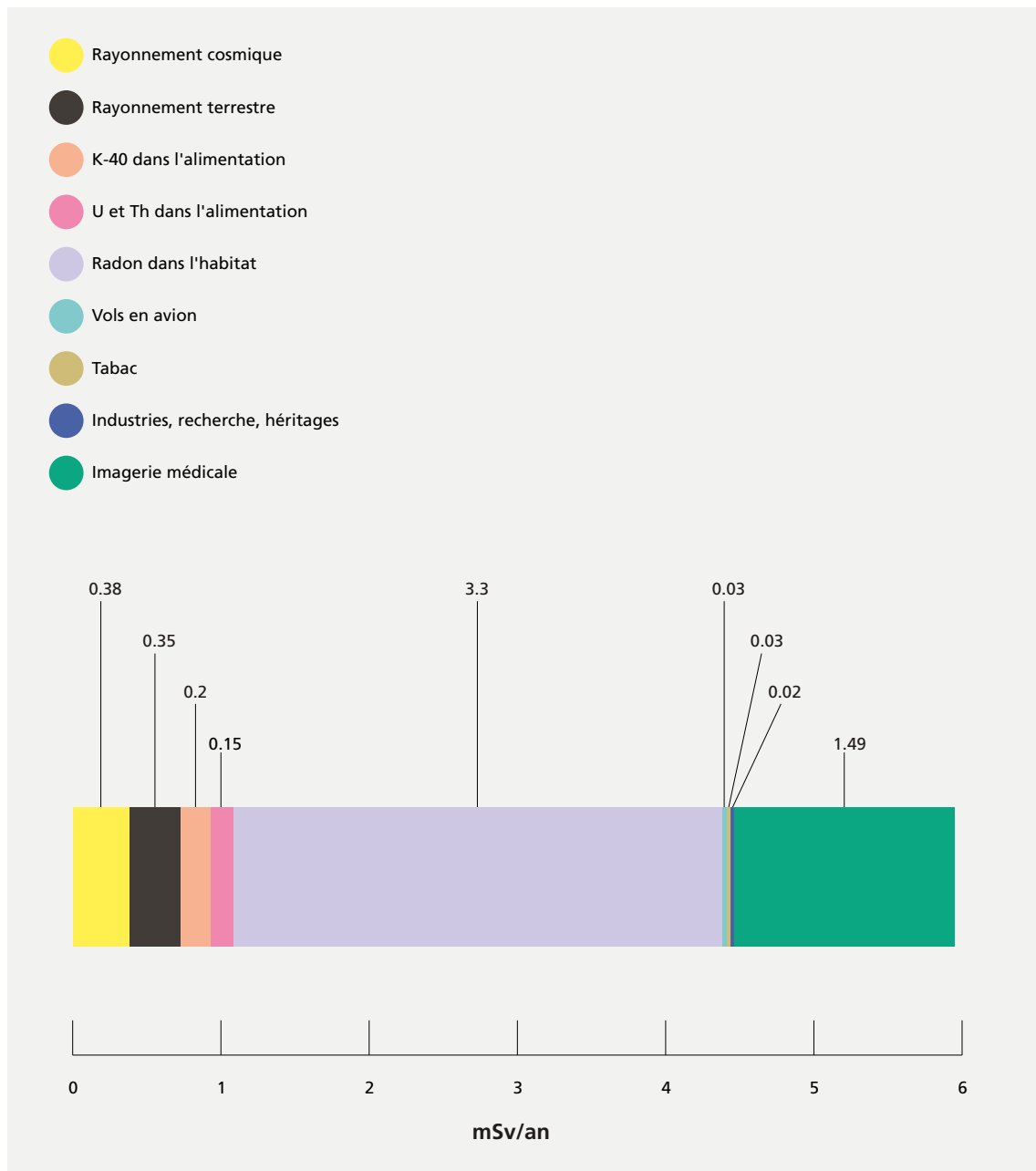


Figure 31 Contributions moyennes à la dose efficace (en mSv) par année et par habitant en Suisse

de 1.49 mSv pour l'exposition des patients et patientes n'est donc pas très représentative de la distribution des doses reçues individuellement.

Afin d'obtenir une image globale de l'exposition aux rayonnements de la population suisse, il est donc important de tenir compte des conditions individuelles, p.ex. le lieu d'habitation, le mode de vie et les habitudes alimentaires, ainsi que des examens médicaux réalisés, afin de prioriser de façon ciblée les mesures de radioprotection pour la population. Cela permettra à tout un chacun de comprendre plus facilement dans quelle mesure son comportement ou une situation particulière peut influencer sa propre exposition aux rayonnements.

Afin d'illustrer ces différences d'exposition aux rayonnements, quelques scénarios d'exposition fictifs, mais réalistes, ont été définis et les contributions à la dose effective des différentes sources d'exposition évaluées. Les doses globales résultantes pour l'individu fictif en question sont présentées en figure 32.

Les cas 1 à 5 correspondent à la majorité de la population qui ne subit aucun examen d'imagerie médicale au cours d'une année :

- Cas 1 : dose annuelle reçue par un individu ne fumant pas, ne voyageant pas en avion, vivant dans une habitation à faible concentration en radon et à faible niveau de rayonnements terrestres et cosmiques, et consommant peu de denrées alimentaires riches en radionucléides naturels.
- Cas 2 : dose annuelle reçue par l'individu du cas 1, à la différence que la concentration en radon dans son habitation équivaut à la valeur moyenne suisse (75 Bq/m³).
- Cas 3 : dose annuelle reçue par un individu vivant dans une commune à concentration moyenne en radon et à niveau moyen de rayonnements terrestres et cosmiques, ayant une consommation moyenne de denrées alimentaires riches en radionucléides naturels, fumant 2.5 cigarettes par jour et effectuant un voyage Zurich–Doha aller-retour (9000 km) par an. Ce cas correspond ainsi à celui d'une personne recevant une dose efficace annuelle égale à la valeur moyenne de la dose reçue par la population suisse (sans la contribution médicale).
- Cas 4 : dose annuelle reçue par l'individu du cas 3, à la différence que celui-ci habite dans une habitation à concentration élevée de radon.
- Cas 5 : dose annuelle reçue par un individu vivant dans une habitation à concentration élevée de radon et à niveau élevé de rayonnements terrestres et cosmiques, fumant 1 paquet de cigarettes par jour, ayant une consommation très importante de denrées alimentaires riches en radionucléides naturels et voyageant de plus fréquemment en avion.

Les cas 6 et 7 correspondent aux doses reçues par des individus exposés en plus en tant que patient(e)s au radiodiagnostic médical :

- Cas 6 : dose annuelle reçue par l'individu du cas 3, mais avec un examen radiographique annuel, délivrant une dose de 1.49 mSv (correspondant à la dose moyenne reçue par la population par le biais des applications médicales).
- Cas 7 : dose annuelle reçue par l'individu du cas 5 ayant par ailleurs reçu un scanner abdomino-pelvien (deux passages).

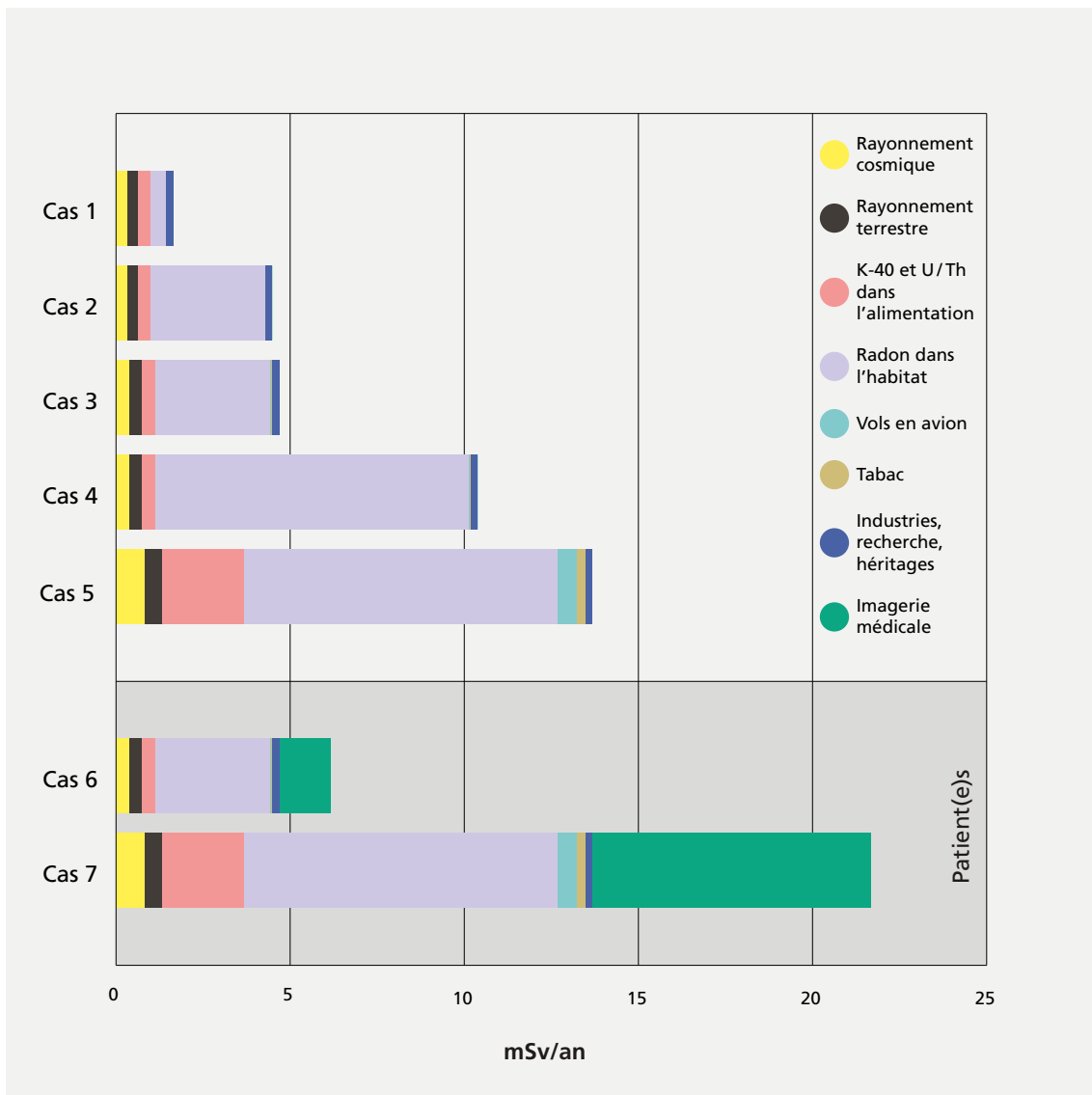


Figure 32
Variabilité de l'exposition de la population suisse: dose efficace d'un individu en mSv/an pour 7 scénarios standardisés.

Collaboration internationale

La radioprotection suisse doit être conforme aux standards internationaux et être harmonisée avec eux, surtout dans les domaines fortement concernés par des échanges avec nos pays voisins. Il est donc important de collaborer étroitement avec des organismes internationaux.

Centre collaborateur de l'Organisation mondiale de la santé (OMS)

Depuis 2014, l'Office fédéral de la santé publique (OFSP) est un centre collaborateur de l'OMS pour la protection contre les rayonnements ainsi que pour la santé publique. À ce titre, il est impliqué dans la protection sanitaire en cas de situation d'exposition d'urgence, de situation d'exposition existante (notamment concernant le radon) et de situation d'exposition planifiée dans le domaine médical, ainsi qu'en cas d'exposition aux rayonnements non ionisants. Dans ce cadre, l'OFSP a participé à la réunion annuelle de l'*International Advisory Committee* sur les champs électromagnétiques (IAC) et à celle du programme Intersun sur le rayonnement UV qui se sont tenues en 2021.

Comité scientifique UNSCEAR

L'UNSCEAR est une commission de l'Organisation des Nations Unies (ONU) mise sur pied en 1955. Elle a pour mission d'évaluer les doses délivrées ainsi que les effets des radiations ionisantes au niveau mondial et de mettre à disposition une base scientifique pour la radioprotection. Elle présente des rapports périodiques à l'Assemblée générale de l'ONU. Depuis 2016, la délégation allemande compte un représentant de la division Radioprotection.

Commission internationale de protection radiologique (CIPR)

La CIPR a le mandat de développer et de tenir à jour un système international de protection radiologique. Elle émet des recommandations sur tous les aspects de cette protection. Le professeur François Bochud, président de la Commission fédérale de radioprotection (CPR) jusqu'à fin 2021, est désormais membre de la commission principale de la CIPR. Depuis 2017, l'OFSP s'est engagé à soutenir sur cinq ans l'initiative *Advancing Together* de la CIPR, dont les objectifs sont d'améliorer le système de radioprotection, d'élargir l'accès à ses recommandations et à ses travaux, ainsi que de renforcer la collaboration avec les professionnels, les autorités et la population. L'OFSP participe en outre aux activités du *Task Group 114 - Reasonableness and Tolerability in the System of Radiological Protection*.

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

L'AIEA, agence liée à l'ONU, est en charge d'établir des normes de sécurité de base pour la protection contre les radiations. Elle s'appuie à cet effet sur les recommandations et les orientations de la CIPR. Ces normes servent de base à l'établissement des législations de radioprotection nationales ou internationales (p.ex. celles de l'Union européenne). Dans ce contexte, l'OFSP est particulièrement intéressé par les activités du Comité des normes de sécurité radiologique (*Radiation Safety Standards Committee RASSC*). En 2021, l'OFSP a notamment suivi les travaux de l'AIEA visant à établir des niveaux de référence pour les

radionucléides (naturels et artificiels) dans les aliments et l'eau potable en situation non accidentelle. Pour ce faire, il a participé activement au *Technical Meeting on Radionuclides in Food and Drinking Water in non emergency situations*, qui s'est déroulé virtuellement du 6 au 10 septembre 2021.

Agence pour l'énergie nucléaire (AEN)

L'AEN est une agence de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE) qui soutient les États membres sur les questions techniques et juridiques relatives au développement et à l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire. L'OFSP participe ponctuellement aux travaux du comité s'occupant des questions de radioprotection et de santé publique.

Association internationale de radioprotection (IRPA)

Le rôle premier de l'IRPA est de permettre une meilleure communication entre les acteurs de la radioprotection dans la perspective de promouvoir une culture de radioprotection, la mise en œuvre de bonnes pratiques ainsi que le maintien des compétences professionnelles. L'OFSP participe à ces travaux par le biais des groupes de travail du *Fachverband für Strahlenschutz*, notamment le groupe de travail sur le rayonnement non ionisant (AK NIR), ainsi que de l'Association romande de radioprotection (ARRAD). En mai 2021, l'OFSP a présenté l'approche suisse en matière de protection contre le radon à l'occasion du 3^{ème} atelier *Tolerability and Reasonableness* organisé par l'IRPA et la Société française de radioprotection.

Groupe d'experts de « l'art. 31 du traité Euratom »

Depuis 2014, l'OFSP participe, en qualité d'observateur, aux réunions et aux discussions du groupe d'experts de « l'art. 31 du traité Euratom ». Ce groupe est chargé d'examiner les normes de base élaborées par la Commission européenne pour la protection sanitaire de la population contre les dangers des radiations ionisantes. Depuis 2021, l'OFSP participe également aux activités de deux groupes de travail : le *Working Party on Natural Radiation Sources* et le *Working Party on Medical Exposures*.

Association des autorités européennes de radioprotection (HERCA)

Les États européens sont pratiquement tous représentés dans HERCA, avec comme objectif d'harmoniser la radioprotection en Europe, p.ex. par des prises de position communes sur des thèmes de radioprotection. HERCA est, pour les autorités de radioprotection européennes, la plateforme la plus importante pour échanger des expériences et pour améliorer la pratique en matière de radioprotection dans les pays membres. Dans ce contexte, l'OFSP a été fortement impliqué dans plusieurs réunions, notamment la préparation d'un atelier des inspecteurs européens sur la radiothérapie. Cet atelier vise à renforcer les compétences des inspecteurs et à les familiariser avec les nouvelles technologies. En raison de la pandémie et du fait que l'idée de base consiste à promouvoir un échange d'expérience intensif entre les inspecteurs venant des états membres de HERCA, la rencontre a été déplacée à une date ultérieure. La radioprotection dans les installations de thérapie aux protons a été abordée dans le cadre d'un groupe de travail dédié à ce thème. Un document interne a été publié afin d'aider les autorités à déterminer les procédures d'autorisation, les activités de surveillance ainsi que la spécificité de la radioprotection pour ces installations complexes. Une enquête sur l'application des nouveaux produits radiopharmaceutiques en médecine nucléaire a aussi été réalisée dans les différents pays membres.

European ALARA Network (EAN)

L'objectif de ce réseau est de maintenir l'exposition de la population à un niveau aussi faible que raisonnablement possible (*as low as reasonably achievable*) par des stratégies d'optimisation (www.eu-alara.net). En 2021, un nouvel agenda stratégique, présentant la vision, les buts et les activités proposées par l'EAN pour la période 2021–2026, a été mis en vigueur. En 2021, le réseau a publié deux bulletins d'information et organisé ses deux séances annuelles en ligne en raison du Covid. L'OFSP a par ailleurs présenté la législation suisse en matière de radon aux postes de travail par le biais de trois cas d'étude dans le cadre de la 2^{ème} réunion du groupe de travail *Radon at Work (RAW)*. Relevons encore qu'un atelier sur la médecine sera organisé en 2023.

Collaboration bilatérale avec l'Allemagne et la France

Des échanges réguliers ont lieu entre l'OFSP et les autorités allemandes de radioprotection, à savoir le *Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit* (BMUB) ainsi que le *Bundesamt für Strahlenschutz* (BfS), de même qu'avec l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en France. En outre, l'OFSP participe, avec les autres autorités suisses de radioprotection, l'Inspection fédérale de la sécurité nucléaire (IFSN) et la Suva, à l'échange d'expériences sur l'exploitation, la sécurité, la surveillance et l'impact environnemental des installations nucléaires ainsi que sur d'autres aspects de la radioprotection. Cet échange a lieu régulièrement dans le cadre de la Commission germano-suisse pour la sécurité des installations nucléaires et de la Commission mixte franco-suisse de sûreté nucléaire et de radioprotection.

Bases légales

Depuis l'entrée en vigueur de la législation sur les rayonnements non ionisants (RNI) en 2019, on dispose en Suisse de deux bases légales en radioprotection.

Le rayonnement ionisant est réglementé par une législation très complète dont les tâches d'exécution incombent principalement à la Confédération. Les actes les plus importants sont la Loi du 22 mars 1991 sur la radioprotection (LRaP) et l'Ordonnance du 26 avril 2017 sur la radioprotection (ORaP). D'autres ordonnances sur la radioprotection, la plupart traitant d'aspects techniques, se basent sur ces actes. La législation en radioprotection s'appuie sur l'art. 118, al. 2, let. c de la Constitution fédérale, qui délègue à la Confédération la compétence de promulguer des prescriptions concernant le rayonnement ionisant. La protection s'applique à toutes les situations où l'être humain et l'environnement sont exposés à de tels rayonnements. La législation couvre l'ensemble des domaines pertinents (formation, autorisation, surveillance, dosimétrie, déchets, environnement, recherche, situations d'urgence, etc.) et repose sur des concepts unifiés pour tous les secteurs (médecine, recherche, industrie, installations nucléaires).

Le présent rapport annuel répond à l'obligation légale d'informer à propos des thèmes suivants : dosimétrie individuelle (art. 75 ORaP), radioactivité de l'environnement (art. 194 ORaP) et informations sur les événements d'intérêt public (art. 196 ORaP).

La protection sanitaire en matière de RNI et de son a été améliorée avec l'entrée en vigueur de l'Ordonnance relative à la Loi fédérale sur la protection contre les dangers liés au rayonnement non ionisant et au son (O-LRNIS) en date du 1^{er} juin 2019. Cette ordonnance réglemente l'utilisation des solariums, prévoit une formation pour les traitements esthétiques, interdit les pointeurs laser dangereux et comprend des dispositions pour les manifestations avec son et rayonnement laser. L'exécution incombe globalement aux cantons, la Confédération leur apportant un soutien au moyen d'aides à l'exécution. Depuis le 1^{er} décembre 2020, la Confédération est responsable de l'exécution du domaine des manifestations avec rayonnement laser.

Révision partielle de la LRaP

Sur mandat du Conseil fédéral, l'OFSP a initié en 2021 un projet de révision partielle de la Loi du 22 mars 1991 sur la radioprotection (LRaP) afin de concrétiser le principe du pollueur-payeur (art. 4 LRaP) relatif au financement des campagnes de distribution des comprimés d'iode à la population. Dans ce cadre, il est prévu de réglementer également la prise en charge des coûts liés à l'assainissement de sites contaminés par la radioactivité (p.ex. les héritages au radium) et à la surveillance des immissions. Deux autres thèmes sont aussi prévus, à savoir l'ajout d'articles sur la protection des données et l'adaptation des sanctions pénales pour les infractions mineures. L'accent est mis sur les adaptations nécessaires, sachant que les ordonnances sur la radioprotection ont été totalement révisées en 2018. La révision partielle de la LRaP ne concerne donc pas le système de la radioprotection et ses principes. Une consultation publique sur cette révision est prévue début 2023.

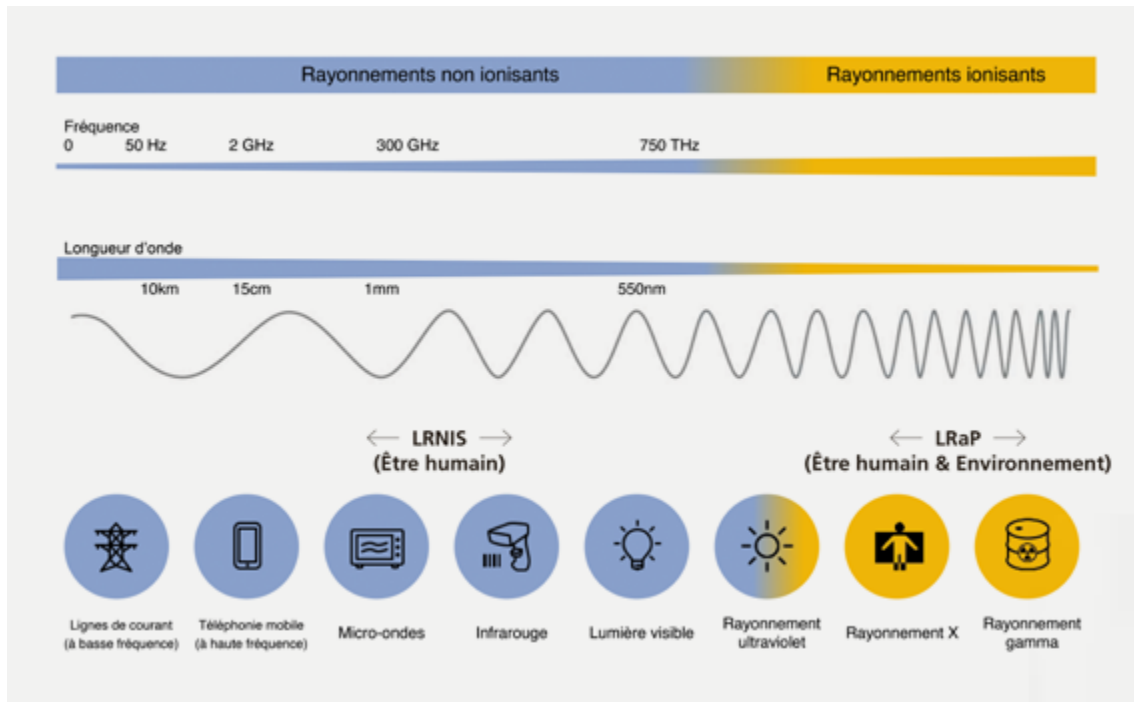


Figure 33
Le spectre du rayonnement électromagnétique en tant que cadre opérationnel pour la Loi sur la radioprotection (LRaP) et la Loi sur la protection contre les dangers liés au rayonnement non ionisant et au son (LRNIS).

Division radioprotection — Tâches et organisation

Les rayonnements sont omniprésents. Leur utilisation en médecine, dans la recherche et dans l'industrie ou dans la vie quotidienne présente toutefois certains risques pour la santé humaine et l'environnement. Une forte exposition aux rayonnements, p.ex. à la radioactivité, au radon ou au son, n'est pas sans danger, que ce soit pour les travailleurs et travailleuses, les patients et patientes ou le public. L'OFSP a le mandat de protéger la population contre les risques liés aux rayonnements ionisants et non ionisants, de permettre leurs applications utiles et de publier des informations les concernant. En outre, il est responsable de la radioprotection médicale et professionnelle, de la surveillance de l'environnement et de la protection radiologique en situation d'urgence.

L'OFSP est l'autorité d'autorisation pour l'utilisation de rayonnements ionisants dans la médecine, l'industrie et la recherche. La surveillance des quelque 22'000 autorisations délivrées dans ces domaines constitue donc une tâche essentielle de la division Radioprotection. L'OFSP est aussi en charge de la surveillance de la radioactivité dans l'environnement ; il exploite à cet effet des réseaux nationaux de mesure et un laboratoire accrédité. Il met en œuvre de vastes plans d'action dans trois domaines : le radon, le radium ainsi que la sûreté et la sécurité radiologiques (Radiss). Il participe aussi à la préparation aux urgences radiologiques. Dans le domaine des rayonnements non ionisants (RNI) et du son, l'OFSP informe le public sur la manière d'utiliser les produits émettant du RNI et du son en limitant son exposition. Depuis le 1^{er} juin 2019, il lui incombe, en collaboration avec les cantons, d'exécuter les prescriptions de la nouvelle législation sur le RNI et le son.

Plus de 40 personnes, issues de nombreux domaines professionnels (physique, géologie, biologie, radiochimie, ingénierie) travaillent au sein de la division Radioprotection. La priorité est accordée aux mesures permettant de prévenir les accidents graves et d'éviter

des doses élevées à la population, aux patients et patientes et aux personnes professionnellement exposées aux radiations. Des partenariats avec des organismes spécialisés en Suisse et à l'étranger permettent à l'OFSP d'évaluer en permanence les risques liés aux rayonnements selon l'état de la science et de la technique. Les tâches de la division Radioprotection sont :

- Octroi d'autorisations et surveillance en radiothérapie, en médecine nucléaire et en radiodiagnostic médical ainsi que dans les installations de recherche telles que le CERN et le PSI
- Coordination des audits cliniques introduits en 2020 dans le domaine de doses élevées
- Mise en œuvre, en collaboration avec les cantons, de l'exécution de la législation sur le RNI et le son
- Surveillance du personnel professionnellement exposé aux radiations ionisantes (environ 104'000 personnes, dont 9000 issues du secteur de l'aviation) et tenue du registre dosimétrique central
- Prises de position sur les aspects de la radioprotection dans les études cliniques utilisant des appareils produisant du rayonnement ionisant ou appliquant des

- produits radiopharmaceutiques (destinées à la Commission d'éthique ou à Swissmedic)
- Accord de l'OFSP pour l'autorisation de produits radiopharmaceutiques adressée à Swissmedic (en prenant en considération la recommandation de la Commission des produits radiopharmaceutiques)
 - Contrôle de qualité de produits radiopharmaceutiques mis sur le marché suisse
 - Autorisation et essais de type de sources radioactives
 - Surveillance de la radioactivité dans l'environnement
 - Exploitation d'un laboratoire accrédité de mesure de la radioactivité et gestion de réseaux de mesure
- Évaluation de l'exposition de la population suisse au rayonnement ionisant et suivi à long terme
 - Mise en œuvre des Plans d'action radon, radium et Radiss
 - Reconnaissance des formations en radioprotection, des services de dosimétrie et des services de mesure du radon
 - Participation à la préparation des situations d'urgence radiologique
 - Information de la population concernant l'exposition aux radiations (rayons X, radioactivité, électrosmog, UV, lumière, ...) et les risques sanitaires associés

Vision

La Suisse bénéficie d'une radioprotection globale, durable et de haut niveau.

Mission

En tant qu'autorité compétente, l'OFSP veille à la protection de la population et de l'environnement contre les rayonnements dangereux pour la santé.



