

REPÈRES

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLEAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

EN PRATIQUE

Détecteurs ioniques de fumée :
organiser la dépose en sûreté

DOSSIER

Pédiatrie

La juste dose :
un combat perpétuel

REPORTAGE

La radioprotection
au cœur d'une aciérie





Entrez au LMRE

Découvrez en images des équipements, certains uniques en France, capables de quantifier des radionucléides à l'état de traces à partir d'échantillons de l'environnement. Le laboratoire de métrologie de la radioactivité dans l'environnement (LMRE), à Orsay (Essonne), les utilise pour suivre la migration de contaminants radioactifs. Il vous ouvre ses portes grâce aux « Grands formats ».

www.irsn.fr/LMRE-gf

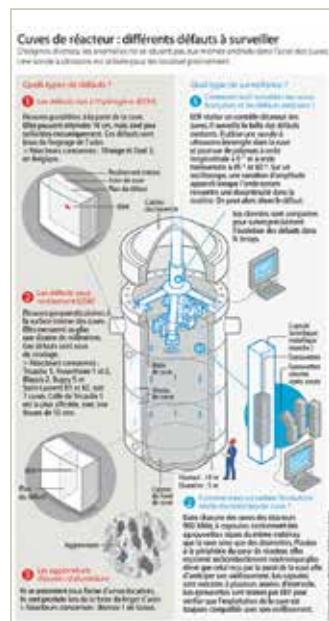
54^e HDR

Comment les reins sont-ils affectés par les faibles doses ? Sur cette question essentielle en radioprotection, le chercheur Yann Guéguen a obtenu cette année une habilitation à diriger les recherches (HDR) : la 54^e de l'Institut. Au sein

du pôle santé environnement (laboratoire de recherche en radiochimie, spéciation et imagerie, LRSI), il pourra désormais encadrer des thèses.

www.irsn.fr/HDR

intéresse ? Obtenez-la gratuitement en adressant un e-mail à irsn.mediathèque@irsn.fr. La médiathèque propose 30000 images fixes et animées.



Comment vous procurer une infographie de Repères ?

Repères fait la part belle aux images pour expliciter des pratiques et concepts scientifiques ou techniques. Une de ces infographies vous



En vidéo : les ESR en radiothérapie

Ils concernent 1 patient sur 32000. Quelles sont les origines des événements significatifs en radioprotection (ESR) en cas de radiothérapie ? Comment les prévenir ? En trois minutes, vous apprendrez l'essentiel sur ces expositions anormales et exceptionnelles lors d'actes médicaux et sur les recommandations des experts.

www.irsn.fr/r40-radiotherapie
www.irsn.fr/r40-etalement

Agenda

sous réserve de la tenue des évènements, en raison de la Covid-19

18 septembre 2020

Mont-de-Marsan (Landes)

Rencontre RÉSO-PCR

Venez rencontrer les experts du Laboratoire de dosimétrie de l'IRSN (LDI) lors de la journée de formation continue du réseau sud-ouest des personnes compétentes en radioprotection (PCR). Au programme : les risques nucléaires, radiologiques, biologiques, chimiques (NRBC) et le rôle de la PCR dans la prise en charge d'un patient contaminé.

Plus d'information : www.pcr-sudouest.fr

24-25 septembre 2020

Nîmes (Gard)

34^e rencontres des cadres de radiologie du Grand Sud

Cadre de santé, directeur de soins dans une institution publique ou privée, vous aimeriez échanger sur le suivi dosimétrique de vos agents en imagerie, radiothérapie ou médecine nucléaire ? Dialoguez avec les experts en dosimétrie de l'IRSN à l'occasion de ces rencontres régionales au thème évocateur : « *Le cadre sur un fil* ».

Plus d'information : www.afppe.com/key4register/?e=211

Abonnement

POUR VOUS ABONNER
www.irsn.fr
Rubrique l'IRSN
> Publications
> Magazine Repères

On line WEBMAG

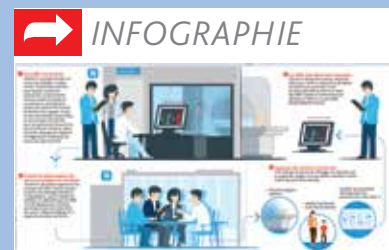
www.irsn.fr/R46



Reportage : Radiologie industrielle
Quelles mesures, quels contrôles, quelle organisation ?



Quels dispositifs de radioprotection ?



Dossier : Pédiatrie
Niveaux de référence diagnostiques : un outil pour aller vers la juste dose



Dossier
Un plan d'action est mis en place après un incident

Sommaire

En couverture : La réduction de doses est une préoccupation en pédiatrie. Par exemple pour les enfants souffrant d'une scoliose, comme sur cette image.

P.4 TEMPS FORTS

Covid-19

L'Institut maintient ses activités essentiellement à distance



Centrale de Saint-Alban

Les riverains s'impliquent dans la surveillance de l'environnement

P.6 FAITS ET PERSPECTIVES

Interdiction des armes chimiques

Accompagner les industriels français

P.9 ZOOM

En plein poumon

DOSSIER P.10

Dossier du prochain n° :

Réacteurs : fonctionner en sûreté après 40 ans

Pédiatrie
La juste dose :
un combat perpétuel

P.17 EN PRATIQUE

Détecteurs ioniques de fumée

Organiser la dépose en toute sûreté

P.20 INTÉRÊT PUBLIC

Nucléaire : quelle place pour les questions citoyennes ?



P.22 REPORTAGE

Radiologie industrielle

La radioprotection au cœur d'une aciérie

© Antoine Devouard/Drone Press/Médiathèque IRSN



Exposition santé L'enfant mieux protégé

L'avancée de la radioprotection en santé est une réalité. Elle est très marquée en pédiatrie, en raison de la fragilité des organes en développement et à un temps accru pour que les dommages radio-induits se transforment en cancer.

Ses progrès ont plusieurs origines : l'observation des bonnes pratiques par les professionnels, du prescripteur au praticien réalisant l'acte ; des innovations technologiques, sous-tendues par des progrès scientifiques et portées par des industriels ; la substitution soutenue par la Société française de radiologie et promue dès l'enseignement universitaire. Dans ce dossier, *Repères* fait le point sur la situation et informe sur la place de l'IRSN dans ce processus vertueux. En recherche, il investit et copilote plusieurs études épidémiologiques majeures. Il s'investit dans des travaux en amont pour comprendre, évaluer ou prévenir les effets des radiations. Ses experts sont consultés pour des dosimétries spécialisées, notamment chez la femme enceinte. Enfin, ses avis et recommandations contribuent à faire évoluer des pratiques. Avec un objectif partagé par tous : protéger l'enfant.

Marie-France Bellin

Présidente de l'IRSN

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

REPÈRES – Éditeur : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire - Membre d'Etson - 31, avenue de la Division-Lederc, 92260 Fontenay-aux-Roses – Tél. : 01 58 35 88 88 – Site Internet : www.irsn.fr – Courriel : repères@irsn.fr – Directeur de la publication : Jean-Christophe Niel – Directrice de la communication : Marie Riet-Hucheloup – Rédactrice en chef : Catherine Roulleau – Assistante de rédaction : Isabelle Cussinet – Ont collaboré à ce numéro : Agnès Dumas, Octavia Verly, Pascale Monti – Comité de lecture : François Bréchinac, Louis-Michel Guillaume – Rédaction et réalisation, maquette et direction artistique : ABG Communication – Iconographie : Sophie Léonard – Photos de couverture : © Astier - CHRU Lille/BSIP ; bas, © Sophie Brändström/Signatures/Médiathèque IRSN – Impression : Handiprint (50) – Imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement – ISSN : 2103-3811 et 2491-8776 (Web) – juillet 2020.

Incendies de Tchernobyl L'exposition en France est infime

Avril 2020. Des feux ravagent 800 km² de forêt dans la zone contaminée de Tchernobyl en Ukraine. Ils remettent en suspension d'importantes quantités de radionucléides, notamment du césium 137. Quel est l'impact pour la population et l'environnement en France ? Pour le savoir, les experts de l'IRSN – mobilisés malgré le coronavirus – modélisent le trajet des masses d'air contaminées depuis les brasiers vers l'ouest. Ces simulations montrent une exposition infime. La dose* accumulée est de 8×10^{-8} mSv, à comparer à l'exposition annuelle moyenne due aux rayonnements naturels, qui est de 2,9 mSv. La radioactivité est mesurée en France par les stations du réseau Opera-Air. Les relevés d'avril sont rassurants : seulement huit – sur une trentaine réalisés – dépassent légèrement le bruit de fond habituel. Simulations et relevés concordent. Disponibles sur YouTube, les travaux de l'Institut rencontrent un succès inédit : fin mai, la simulation du 15 avril dépassait 390 000 « vues ».

* Dose efficace externe en France pour un adulte qui vivrait en extérieur jusqu'à fin 2020.

www Pour en savoir plus :
Visualiser la simulation
www.irsn.fr/Incendie-Tchernobyl-042020

RADIOPROTECTION PÉDIATRIQUE

20 à 30 %

C'est la réduction des indices de doses entre les scanners installés en 2015 et ceux datant d'avant 2009.

47 évaluations

de doses à l'utérus suite à l'exposition d'une femme enceinte ont été réalisées par l'IRSN en 2019.

Retrouvez notre dossier Pédiatrie en page 10.

Vie de l'Institut



L'IRSN a contribué à l'effort de solidarité. Manon Ringeval et Philippe Delaunay, personnels du site du Vésinet (Yvelines), collectent des équipements pour des hôpitaux d'Île-de-France.

© Jean-Pierre Vidal/IRSN

Covid-19

L'Institut maintient ses activités essentiellement à distance

Le 4 avril, un incendie se déclare dans la zone d'exclusion autour de la centrale de Tchernobyl, en Ukraine. Alors que la France est confinée face au risque pandémique, l'Institut s'organise dès le 6 mars.

« Pour la première fois, le Centre technique de crise (CTC) de l'IRSN est e-mobilisé. Il réalise ses analyses, simulations... essentiellement à distance », décrit François Besnus, directeur de l'environnement. Sur irsn.fr, des notes actualisées tiennent le public informé (voir article ci-contre).

Certaines activités – technique, sécurité, crise – font l'objet d'astreintes, nécessitant parfois une présence sur site. « L'IRSN s'adapte pour assurer ses missions en appui des pouvoirs publics dans le respect des consignes de limitation des contacts et de confinement », précise son directeur général, Jean-Christophe Niel.

Le suivi dosimétrique

Côté sûreté, l'Institut continue de traiter les demandes des exploitants nucléaires. Il adapte et mène à distance ses activités d'expertise avec EDF, Orano et l'Autorité de sû-

reté nucléaire (ASN). Seules les inspections des installations sur site sont suspendues.

La continuité des services est assurée pour la surveillance de l'environnement. Les données des balises du réseau Teleray¹ sont relevées et analysées à distance.

La crise sanitaire conduit l'établissement public à aménager l'activité de suivi de la dosimétrie des travailleurs. « Le 25 mars, une ordonnance a allongé la durée possible de port des dosimètres². Nous avons adapté l'activité de production et d'analyse du Smeri³. Nous y avons notamment intégré des mesures de sécurité (distanciation sociale, mise en quarantaine). Nous avons maintenu nos capacités de traitement en urgence », détaille Olivier Chabanis, son directeur. Une attention particulière a été portée au secteur hospitalier.

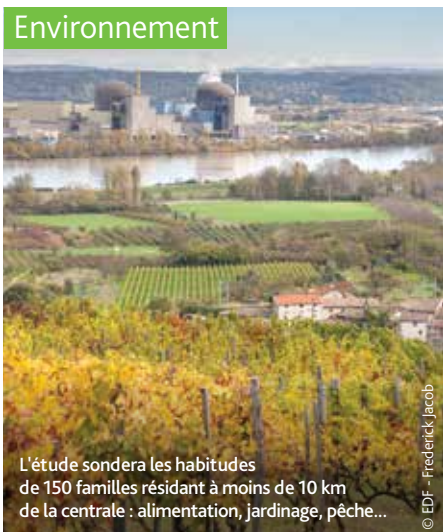
1. Télésurveillance de la radioactivité dans l'air

2. Ordonnance n° 2020-306 du 25/3/2020 relative à l'adaptation de la surveillance dosimétrique individuelle : dosimetrie.irsn.fr/fr-fr

3. Service de mesure des expositions aux rayonnements ionisants

www Pour en savoir plus :
IRSN assure ses missions www.irsn.fr/Covid-19

Environnement



L'étude sondera les habitudes de 150 familles résidant à moins de 10 km de la centrale : alimentation, jardinage, pêche...

© EDF - Frederick Jacob

“ Nos mesures sont proches de celles réalisées par la centrale.

Centrale de Saint-Alban

Les riverains s'impliquent dans la surveillance de l'environnement

“ Si la population n'est pas vraiment inquiète, des élus de la Cli¹, des associations et des riverains s'interrogent sur les rejets de la centrale, les déchets... ». Elisabeth Célar, présidente de la Cli de Saint-Alban (Isère), et ses concitoyens en sauront plus dès 2021, lorsque l'étude radiologique de l'environnement de la centrale de Saint-Alban Saint-Maurice livrera ses résultats.

Cette étude initiée par l'IRSN en 2019 – première à engager la société civile – vise deux objectifs : évaluer précisément l'exposition des riverains et les impliquer dans la mesure de la radioactivité locale².

La Cli et les maires font le lien entre l'Institut et la population. EDF facilite

l'étude en fournissant un soutien logistique et les données de fonctionnement de la centrale. L'IRSN caractérise l'influence des rejets radioactifs sur l'environnement et les produits locaux, grâce aux prélèvements atmosphériques, terrestres et aquatiques. Ses enquêtes de proximité révéleront de plus les routines des habitants. Les réponses à la population seront apportées en réunion publique.

1. Commission locale d'information
2. Le site www.mesure-radioactivite.fr/

WWW Pour en savoir plus : contact-ers-saint-alban@irsn.fr
Pour participer à l'étude : secretariat.cli@isere.fr

Santé



Les niveaux de référence diagnostiques (NRD) visent à protéger les patients exposés aux rayonnements ionisants.

© S. Brandström/Signatures/Médianet/IRSN

Radiothérapie pelvienne Une bactérie protège la barrière intestinale

Un probiotique naturellement présent dans l'intestin, la bactérie *Faecalibacterium prausnitzii* (*F. prausnitzii*), limite les effets secondaires de la radiothérapie pelvienne. Si cette observation – faite chez l'animal – est confirmée lors d'études cliniques, elle bénéficierait aux patients atteints de cancers du rectum, de la prostate ou gynécologiques. Cet espoir naît du travail mené à l'Institut par Alexia Lapière, doctorante en microbiologie et radiobiologie. La radiothérapie pelvienne induit un ensemble de complications – douleurs, nausées, troubles digestifs, hémorragies. Ce syndrome causé par la dégradation radio-induite de l'épithélium intestinal – barrière physique contre le passage de pathogènes, d'allergènes et de toxines – concerne 90 % des patients. Il s'accompagne d'une modification de la flore : *F. prausnitzii* diminue au niveau colorectal. Au cours des recherches, menées chez le rat, la bactérie est administrée en traitement prophylactique, avant irradiation. Résultat : elle réduit les atteintes du côlon, en augmentant le renouvellement de l'épithélium, et préserve son rôle de barrière.

Imagerie médicale

La réduction des doses se poursuit

Baisse de 12 % en scanographie, 7 % en radiologie, 3 % en médecine nucléaire. Les doses de rayonnement délivrées lors des examens médicaux diminuent dans quasiment tous les domaines. C'est un des points clés à retenir du dernier bilan sur les niveaux de référence diagnostiques (NRD), publié au printemps 2020.

Les NRD sont un indicateur des pratiques en imagerie médicale et un outil pour optimiser les doses. « La grande majorité des valeurs transmises est en dessous des NRD réglementaires entrés en vigueur en juillet 2019 », se félicite David Célier, expert en radioprotection, co-auteur du bilan. Un progrès lié « aux évolutions techniques et à la prise de conscience par les praticiens de

l'importance d'une utilisation raisonnée en termes de bénéfice/risque », selon Jean-François Chateil, radio-pédiatre au CHU de Bordeaux (Gironde).

Le bilan porte sur les données transmises à l'Institut entre 2016 et 2018. Si 80 % à 90 % des professionnels en scanographie et en médecine nucléaire ont participé, les données pédiatriques manquent encore.

Pour poursuivre cette démarche vertueuse, l'IRSN recommande d'adapter les niveaux de référence aux évolutions médicales. Il s'agirait notamment d'introduire des NRD pour des examens jusqu'ici non concernés, comme la tomosynthèse mammaire.

WWW Pour en savoir plus : www.irsn.fr/NRD-bilan

WWW Pour en savoir plus : www.irsn.fr/These-Lapiere

FAITS ET PERSPECTIVES



Interdiction des armes chimiques

Accompagner les industriels français

Fabricants, fournisseurs, utilisateurs, importateurs ou exportateurs de nombreux produits chimiques sont concernés par la Convention d'interdiction des armes chimiques (CIAC). Quelles sont leurs obligations ? Comment se préparer à une inspection ? À travers un exemple, les experts expliquent comment les industriels français peuvent être accompagnés.

Pesticides, produits pharmaceutiques, cosmétiques, herbicides, résines... beaucoup de produits – même les plus courants – sont visés par la CIAC. Cette réglementation est peu connue et certains industriels ne se pensent pas concernés. Qu'il s'agisse de remplir les déclarations, de suivre les évolutions réglementaires, de se préparer à une inspection, ou encore de protéger leurs données industrielles et commerciales, des experts de l'IRSN les accompagnent.

L'entreprise est conseillée

Certains produits couramment utilisés dans l'industrie peuvent être détournés. Un fabricant d'intermédiaires de polyamides de la chaîne du nylon, comme Butachimie, est ainsi soumis à la réglementation CIAC. « *Le cyanure d'hydrogène que nous produisons à partir d'ammoniaque et de gaz naturel est utilisable aussi pour fabriquer*

des armes chimiques, indique Michel Constant, responsable environnement de Butachimie. *Chaque année, nous devons déclarer auprès de l'IRSN le volume de cyanure d'hydrogène produit l'année précédente et notre intention de production pour l'année à venir.* » Cette transmission d'informations jugées sensibles rend parfois les industriels réticents. La confidentialité des données est pourtant assurée lors de la collecte des déclarations grâce à un portail de télédéclaration sécurisé.

Dans le secteur industriel, la CIAC classe les produits chimiques en quatre catégories¹, en fonction de leur niveau de toxicité et des utilisations qui peuvent en être faites. Avoir des activités en relation avec ces substances induit la nécessité de se soumettre au régime de vérification. Il repose sur la déclaration annuelle des activités et des installations en relation

avec ces composés et sur des inspections plus ou moins contraignantes en fonction de la nature des activités et des quantités mises en œuvre. « *Sous les seuils de vérification, l'industriel n'a aucune obligation vis-à-vis de la convention. Le couplage déclaration-inspection n'est pas automatique* », précise Nathalie Pirès, experte en chimie à l'Institut.

Les inspections sont préparées

Si les industriels peuvent profiter des conseils des experts pour remplir leurs déclarations – activités et nombre d'usines à déclarer, codes de déclaration à retenir, etc. – ils en bénéficient surtout en cas d'inspection par des fonctionnaires internationaux de l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques (OIAC). Conduite par des inspecteurs couverts par l'immunité diplomatique, elle a pour but de vérifier la conformité des déclarations,

EN CLAIR

Interdiction des armes chimiques : exemples d'industries concernées

Certains produits et usines chimiques peuvent être détournés à des fins malveillantes. Pour prévenir ce risque, la Convention d'interdiction des armes chimiques (CIAC) s'applique aux producteurs, utilisateurs, importateurs ou exportateurs de ces substances. Elle les classe en plusieurs catégories*. Zoom sur quelques cas-types.

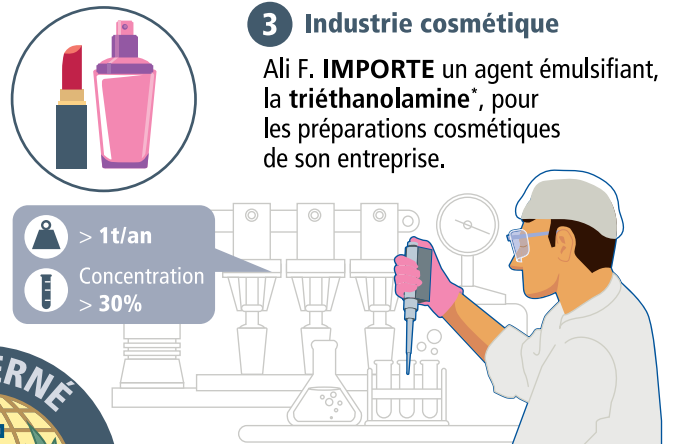
1 Industrie du textile

Marie M. **UTILISE** un **produit ignifugeant*** pour traiter des tissus contre le feu dans son usine de textile.



3 Industrie cosmétique

Ali F. **IMPORTE** un agent émulsifiant, la **triéthanolamine***, pour les préparations cosmétiques de son entreprise.



2 Industriel de la savonnerie

Édouard P. **FABRIQUE** du savon par une **réaction chimique de saponification***.



4 Fabricant d'encre

Fatima K. **UTILISE** un solvant, le **thiodiglycol*** pour fabriquer des encres dans l'un de ses ateliers.



* Pour comprendre les produits et les familles des produits visés par la CIAC, consultez non-prolifération.irsln.fr

© Art Presse/ABC Communication/Médiathèque IRSN/magazine Repères

le non-détournement de substances et l'absence de produits figurant au tableau des armes chimiques.

Comment y participe l'IRSN ? « Il reçoit une copie des notifications d'inspection de l'OIAC, en même temps que le ministère de l'Europe et des Affaires étrangères. Il en vérifie la conformité, s'assure que les inspecteurs sont bien acceptés sur notre territoire, détaille Noémie Balistreri, chargée d'application des contrôles internationaux de non-prolifération des armes chimiques à l'Institut. Nous prévenons le site visé, organisons la logistique – hébergement, transport, interprétariat – pour les inspecteurs. Nous conseillons l'entreprise en vue de l'inspection : documents à préparer, protection des données confidentielles. »

Michel Constant, dont l'entreprise a été

inspectée en 2016, témoigne : « Malgré les délais courts de notification [quarante-huit à cent vingt heures séparent la notification de l'arrivée de l'inspection selon la catégorie de produits] nous avons pu nous organiser et recevoir les inspecteurs dans de bonnes conditions. Les experts nous ont exposé en amont le déroulement et nous ont conseillés sur l'organisation, les éléments à présenter, comme les justificatifs comptables, etc. »

Les intérêts sont protégés

Le rôle de l'Institut est d'assurer le bon déroulement de l'inspection. Il cherche un compromis entre deux impératifs : démontrer que le site respecte les dispositions de la CIAC – que ses activités sont conformes aux volumes déclarés, qu'il n'a pas omis de déclarer des produits, etc. – et

préservé les intérêts de la nation, en protégeant le savoir-faire et les procédés de l'industriel. « Avant l'inspection, nous sensibilisons le personnel. Nous conseillons la concision et identifions ensemble les informations à conserver confidentielles, tels les noms des clients, la "recette" au cœur du savoir-faire, etc. », détaille Noémie Balistreri. Lors d'une inspection, une question peut faire l'objet de discussions, afin de déterminer si elle est fondée. Des procédures strictes sont parfois mises en œuvre : accès réduit aux bâtiments, masquage d'informations non pertinentes, etc.

Le jour J, le site accueille les inspecteurs de l'OIAC et l'équipe d'accompagnement, comprenant plusieurs personnes de l'IRSN et un agent du ministère de l'Intérieur.

« Une salle verrouillée – véritable poste de commandement – a permis d'assurer la

FAITS ET PERSPECTIVES



Une brochure présentant la CIAC et ses obligations est diffusée auprès des industriels.

confidentialité de l'inspection. Personne ne devait accéder aux ordinateurs des inspecteurs en leur absence, se souvient Michel Constant. Nous leur avons transmis des informations comptables et techniques : les caractéristiques des unités, le nombre de réacteurs, les matériaux, volumes, familles de produits chimiques fabriqués, les procédures et équipements mis en œuvre, le type de réactions chimiques, etc. Ils ont vérifié la concordance entre les renseignements fournis et la réalité des installations. Le conseil – en amont et le jour J – nous a évité toute improvisation. » Lors de la réunion de fin d'inspection, les experts de l'équipe d'accompagnement sont également présents pour relire et discuter le rapport préliminaire rédigé par les inspecteurs.

En tant qu'appui technique du Quai d'Orsay et du ministère de l'Économie et des Finances chargé de l'industrie pour l'application de la CIAC dans le domaine civil français, l'IRSN a participé à 165 inspections² depuis l'entrée en vigueur de la Convention en 1997. ■

1. Trois tableaux et la classe complémentaire des produits chimiques organiques définis (PCOD).
2. Inspections dans le secteur industriel civil au 30 avril 2020. Ce chiffre ne tient pas compte des inspections des sites relevant du ministère de la Défense.



Pour en savoir plus :

Le site " Non-prolifération " de l'IRSN :

non-prolifération.irsn.fr/

Brochure " Prévenir le détournement de produits ou d'installations chimiques " :

www.irsn.fr/Guide-Exploitant-CIAC

Une vidéo sur l'accompagnement des inspections :

www.irsn.fr/Inspections-OIAC

Quel rôle a France Chimie vis-à-vis de la convention ?

En tant que fédération regroupant uniquement des producteurs – environ 900 entreprises, à 90 % des PME et entreprises de taille intermédiaire – nous menons une action en partenariat avec l'IRSN. Notre rôle consiste à former et informer nos adhérents. Dès que l'Institut nous adresse des informations sur la convention, des modifications, etc., nous leur transmettons. Nous avons aussi créé un colloque qui se tient lors de changements réglementaires importants sur la CIAC. Le dernier a eu lieu en 2017.

Comment s'articulent vos actions et celles de l'IRSN ?

Quand les entreprises nous contactent, nous réalisons un premier diagnostic. Nous évaluons leurs connaissances de la convention, les informons sur la réglementation et en fonction de leurs produits, des seuils mis en jeu, vérifions si elles sont concernées. Ainsi elles peuvent se situer. Quand c'est nécessaire, nous leur donnons l'information utile sur leurs obligations et les orientons vers l'Institut.

Avez-vous d'autres activités en partenariat ?

Nous proposons chaque année une formation d'une journée sur la CIAC. Une quinzaine d'entreprises sont formées par des intervenants de l'Institut sur l'application concrète de la convention en entreprise. C'est aussi l'occasion de les préparer à un éventuel contrôle de leurs usines par l'OIAC*. Il nous arrive aussi d'intervenir à la demande de l'Institut, en soutien à des pays souhaitant mettre en œuvre la convention, comme dernièrement avec la Côte d'Ivoire (*lire ci-dessous*).

* Organisation pour l'interdiction des armes chimiques



3 questions à...

Pascal Perrochon

Responsable des affaires internationales de France Chimie



Une inspection de l'OIAC chez un industriel.

AILLEURS

Partenariat avec la Côte d'Ivoire

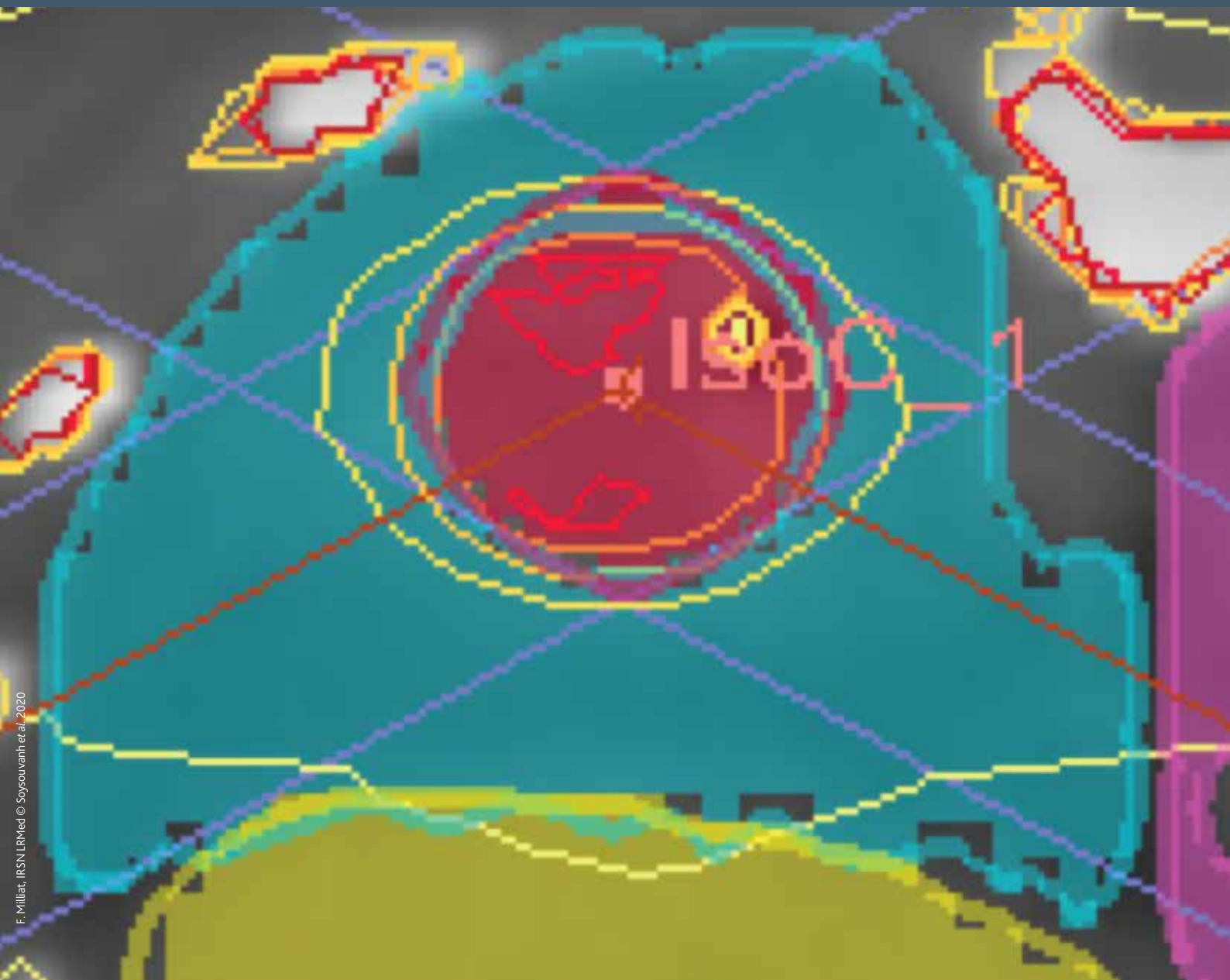
« Venir sur notre site les intéressait car ils consomment et importent aussi du cyanure d'hydrogène et nous avons déjà été inspectés par l'OIAC¹. »

Voilà comment Michel Constant, responsable énergie-environnement de Butachimie, explique la venue d'une délégation de Côte d'Ivoire en décembre 2019 dans l'usine de Ottmarsheim (Haut-Rhin). « Nous avons passé en revue les documents exigés, les points de vigilance : protection de la propriété intellectuelle, "briefing" des personnes impliquées dans la visite... Notre expérience montre qu'une inspection préparée en amont avec les autorités nationales

ne perturbe pas une unité de production. »

La visite du site industriel fait suite à l'accueil par l'IRSN de cette délégation chargée de mettre en œuvre la CIAC² en Côte d'Ivoire. Elle relève d'un programme de partenariat mis en place par l'OIAC, visant le partage de bonnes pratiques entre un État aguerri à la mise en œuvre de la CIAC – telle la France – et un autre moins expérimenté. La rencontre comprenait également une présentation des outils mis à disposition par l'OIAC et des études de cas.

1. Organisation pour l'interdiction des armes chimiques
2. Convention d'interdiction des armes chimiques



En plein poumon

Fabien Milliat

Expert en radiobiologie des expositions médicales

Vous croyez voir une image tout droit sortie d'un jeu vidéo rétro, où la sphère rouge est un vaisseau ennemi à anéantir ? Vous êtes loin de la réalité. Il s'agit bien d'un combat, mais l'ennemi est tout autre. Cette tâche pourpre est une zone bien délimitée du poumon gauche (*en bleu sur l'image*) d'une souris transgénique traitée par radiothérapie stéréotaxique. Cette technique de haute précision, utilisant des mini-faisceaux convergents, permet d'irradier à haute dose de très petits volumes. Elle est utilisée en médecine depuis une dizaine

d'années pour le traitement des cancers du poumon. Son intérêt est, entre autres, d'éviter la chirurgie chez certains patients – notamment ceux difficilement opérables – tout en gardant sous contrôle la prolifération de la tumeur.

Qu'en est-il des risques associés ? Une nouvelle étude, menée par le laboratoire de radiobiologie des expositions médicales de l'Institut, révèle que la radiothérapie stéréotaxique induit un phénomène de sénescence, un vieillissement prématuré des cellules saines environnantes.

Cette image – issue de ces travaux – a été publiée dans la revue *International journal of radiation oncology, biology, physics*. Elle a été obtenue avec l'irradiateur Sarrp (*Small animal radiation research platform*), un système d'irradiation dédié au petit animal. Dans le cadre du programme Rosiris, lancé par l'IRSN, ce travail doit identifier les mécanismes biologiques des effets secondaires des radiothérapies. Avec un prolongement possible : le développement de candidats-médicaments qui pourraient les limiter. ■



La réduction des doses est une préoccupation constante en pédiatrie. Des progrès importants ont été réalisés ces dernières années. Par exemple pour les enfants souffrant d'une scoliose, comme sur cette image.

4 fois moins

C'est la baisse de cadence d'images en cardiologie interventionnelle, passée de 30 à 7,5 images par seconde.

En dix ans, ceci a réduit jusqu'à 75 % la dose reçue par le patient.



Pédiatrie

Délivrer la juste dose

Les enfants sont plus sensibles aux rayons X que les adultes. La compréhension et la réduction du risque radio-induit combinent épidémiologie, suivi des pratiques, expertise, progrès techniques et principe de précaution. Tour d'horizon des avancées.

« Pour 10 000 scanners réalisés avant l'âge de 10 ans, on risque de voir se développer 1 cas de leucémie et 1 cas de tumeur cérébrale dus aux rayonnements dans les dix années suivantes, selon une publication de 2012¹. C'est peu mais toujours trop ! » Épidémiologiste, Marie-Odile Bernier fait partie des médecins, scientifiques et radioprotectionnistes de l'Institut, qui œuvrent aux côtés des professionnels pour protéger les jeunes du risque radio-induit. Pourquoi s'intéressent-ils tant à l'enfant ? Parce qu'il cumule les fragilités. En raison de sa petite taille, il a besoin de doses ajustées de radiations, délicates à déterminer. Toujours en croissance, ses organes sont aussi plus vulnérables. Et les dommages radio-induits ont un temps accru pour évoluer en cancer. Alors comment les protéger ?

Des scanners moins irradiants

La modalité d'imagerie la plus irradiante, le scanner, est une cible majeure de la radioprotection. Son lien avec le risque de cancer a fait l'objet de recherches, sans qu'aucune réponse définitive ne soit apportée. Corrélation n'est pas causalité et les conclusions sont parfois contradictoires d'une étude à l'autre. En cause ? Des effectifs insuffisants ou des biais méthodologiques, indique Marie-Odile Bernier : « Quand une étude rapporte un risque accru sans préciser l'indication de l'examen, comment être sûr que cette augmentation n'est pas due à la maladie initiale ? La trisomie, par exemple, augmente le risque de leucémie. »

Pour lever ces ambiguïtés, l'épidémiologie opte pour de vastes cohortes, plus robustes sur le plan statistique. En 2011, les 100 000 enfants français de la Cohorte enfant scanner² – engagée depuis 2009 avec le concours de l'IRSN – sont inclus dans l'étude européenne EPI-CT³. Réunissant un million d'enfants de neuf pays européens, EPI-CT explore tous les cancers solides avec une fiabilité accrue, liée à un calcul élaboré de la dose à l'organe. Ses résultats sont attendus pour 2020 : ils doivent fournir à la radioprotection un chiffrage du risque radio-induit.

Mais si l'épidémiologie affine la connaissance du risque, la radioprotection de l'enfant face au scanner ne l'a pas attendue pour avancer. « Jusqu'en 2000, des établissements utilisaient des protocoles adultes en pédiatrie. À partir de 2008, les doses ont diminué, raconte Marie-Odile Bernier. Ce progrès n'est pas une conséquence des études réalisées. Mais le fait de les avoir menées, d'avoir évoqué ce risque avec les radiologues, a contribué à modifier les pratiques. »

EN CHIFFRES

Exposition des enfants dans un contexte médical

Actes diagnostiques d'imagerie médicale utilisant des rayonnements ionisants (chiffres 2015)

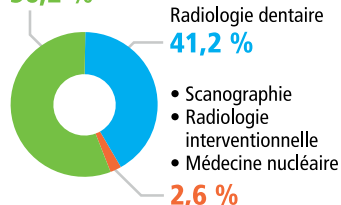
Proportion des enfants ayant bénéficié d'un ou plusieurs actes en 2015



Répartition des actes diagnostiques

Radiologie conventionnelle

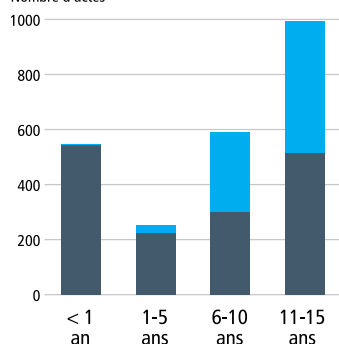
56,2 %



Fréquence et nature selon l'âge

■ Dentaire ■ Hors dentaire

Nombre d'actes

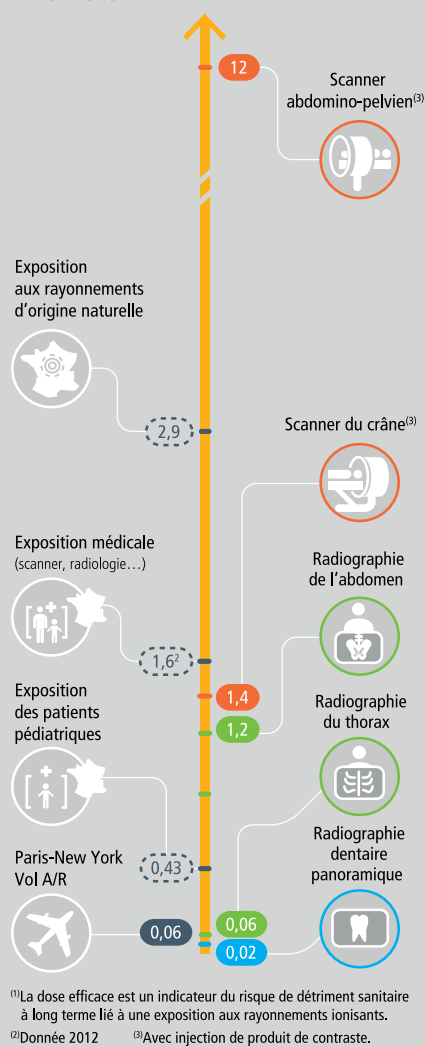


Source : Rapport ExPRI pédiatrique, 2017.

Quelle dose efficace pour quelle exposition⁽¹⁾

○ Dose moyenne en mSv/an

● Dose « ponctuelle » en mSv



⁽¹⁾ La dose efficace est un indicateur du risque de détriment sanitaire à long terme lié à une exposition aux rayonnements ionisants.

⁽²⁾ Donnée 2012

⁽³⁾ Avec injection de produit de contraste.



Une manipulatrice d'électroradiologie prépare un enfant de deux ans en vue d'un scanner cérébral. Elle lui explique le déroulement de l'examen.

© Philippe Castano/Médiathèque IRSN



Effectuée sous guidage radiologique, la cardiologie interventionnelle pédiatrique est un enjeu de radioprotection.

© OPD/BSIP

“ La radioprotection est un combat perpétuel.

Hubert Ducou Le Pointe, spécialiste de radio-pédiatrie à l'hôpital d'enfants Armand-Trousseau (Assistance Publique-Hôpitaux de Paris, AP-HP) le confirme : « Beaucoup de radio-pédiatres sont impliqués dans la radioprotection nationale et internationale à travers des groupes et des projets européens, comme le Lake Starnberg Group⁴ issu de la Société européenne de radiologie pédiatrique. C'est devenu une tradition. » Et de pointer des avancées notables : « Les techniques se sont améliorées. Grâce aux détecteurs de rayons X plus performants, les machines exposent moins aux rayonnements qu'avant. »

Pour mieux connaître ce niveau d'exposition, l'IRSN expertise le parc scanner français. Parue en 2018⁵, cette analyse décrit un parc majoritairement récent. Seuls 3,5 % des scanners ont plus de 10 ans. Julie Sage, physicienne médicale en charge de l'étude, indique : « Les scanners installés en 2015 ont des indices de dose en baisse de 20 à 30 % comparés à ceux installés avant 2009. »

Vers une évolution du remboursement ?

L'expertise du parc fait émerger un autre constat : le scanner pédiatrique génère peu d'activité et les centres qui le pratiquent sont souvent déficitaires. « Outre un matériel spécifique, le scanner demande du temps et du savoir-faire pour préparer l'enfant et réussir l'examen du premier coup malgré un contexte stressant », observe Julie Sage. Pour remédier à cette situation, l'Institut propose des solutions⁵. L'une d'elles : valoriser par le remboursement la mise en condition du jeune patient et de sa famille.

1 million

d'enfants de neuf pays européens participent à l'étude épidémiologique EPI-CT. Elle analyse le risque de cancer radio-induit par un ou plusieurs scanners diagnostiques.

1. Pearce MS (2012) *The Lancet* 380, 499-505

2. Cohorte enfant scanner www.irsn.fr/LEPID-Enfant-Scanner

3. *Epidemiological study to quantify risks for paediatric computerized tomography and to optimise doses* www.irsn.fr/EPI-CT

4. Groupe de chercheurs en radiologie pédiatrique

5. Rapport "Parc de scanners et recommandations relatives à la radioprotection en imagerie médicale" www.irsn.fr/Parc-Scanners

« En cas d'examen un peu long, nous mettons l'enfant à l'aise. Dans notre service, nous lui faisons respirer un mélange d'oxygène et de protoxyde d'azote », illustre Hubert Ducou Le Pointe.

Le rapport préconise surtout la substitution. Lorsque cela est possible, les examens irradiants doivent être remplacés par ceux non irradiants, comme une échographie ou une imagerie par résonance magnétique (IRM). Mais ces modalités ne sont pas toujours disponibles. Reste en outre l'épineuse question du remboursement. Pour l'échographie et l'IRM chez les enfants, la classification des actes médicaux ne prévoit pas de « modificateurs » pour valoriser des circonstances particulières de réalisation des actes. Pourtant ces examens exigent aussi un temps préparatoire. « Cette incohérence peut freiner la substitution et se répercute sur la radioprotection », pense Julie Sage. Une revalorisation du remboursement pourrait favoriser la réorganisation des urgences pédiatriques pour mieux prendre en compte la radioprotection, en donnant notamment un accès continu à l'échographie et l'IRM, préconisé par l'Institut.

Nouveaux NRD pédiatriques en 2019

Les niveaux de référence diagnostiques (NRD) sont un autre levier pour optimiser l'exposition. « Nous analysons les doses envoyées par les professionnels et proposons des NRD », décrit David Célier. Depuis dix ans, cet expert en radioprotection à l'Institut participe à l'élaboration de ces niveaux, en vigueur depuis 2004. « Cette "photo" des pratiques donne aux professionnels un moyen d'agir. Chacun relève les doses délivrées à ses patients et par comparaison aux NRD, identifie sur quels examens faire prioritairement porter l'effort d'optimisation. » La démarche se veut simple, efficace. Pourtant, quinze ans après leur instauration, les NRD restent assez peu utilisés en pédiatrie et difficiles à mettre à jour, en raison

de données insuffisantes (lire encadré ci-dessous). Pour analyser la situation, l'Institut a mené, avec les radio-pédiatres, une enquête auprès d'une quinzaine d'établissements. En 2019, de nouveaux NRD sont définis. « Les doses les plus basses possibles ne seront pas évidentes à atteindre, anticipe Jean-François Chateil, radio-pédiatre au CHU de Bordeaux. Je sais d'emblée que mon service ne sera pas bon sur certains examens. Il nous faudra tester des réglages, les changer... pour atteindre le bon niveau. La radioprotection est un combat perpétuel. Chaque changement dans l'équipe de manipulateurs nécessite de reprendre les bonnes pratiques. Le suivi par exemple des doses observées en cystographie⁶ amène régulièrement à revoir le protocole avec médecins et manipulateurs. Le contrôle des doses ne doit pas compromettre le diagnostic. » Et le spécialiste d'illustrer ses propos : « Si vous recherchez une lésion du foie, sans la dose adéquate l'image du scanner peut être très bruitée, au point de vous faire manquer des images nodulaires. Avec les appareils d'ancienne génération, ce défaut de dose était visible. Les appareils modernes le masquent, car le post-traitement améliore la qualité de l'image finale. Il y a donc le risque de méconnaître une lésion. La radioprotection demande une vigilance accrue. »

La cadence d'images baisse

Autre enjeu de radioprotection, la cardiologie interventionnelle. En pédiatrie, elle diagnostique et traite les cardiopathies congénitales (6 500 à 8 000 cas par an en France). En remplaçant les interventions à cœur ouvert, elle diminue le risque opératoire et les complications.

Son principe ? Intervenir sous surveillance radiologique à l'aide d'un cathéter passé dans le système vasculaire. « C'est là qu'intervient la radioprotection, indique Estelle Rage, pharmacienne et experte en épidémiologie à l'Institut. Le patient est exposé tout au long de l'intervention. La dose dépend de sa durée, de la précision de l'image et de l'angle des rayons. » Une dose – 3 à 100 mSv – parfois supérieure à celle délivrée avec un scanner (10 mSv en moyenne).

Pour évaluer le risque radio-induit, l'étude épidémiologique Coccinelle⁷ est initiée en 2011 par l'IRSN. Elle suit 19 000 enfants environ, issus de 15 centres français de cardiologie pédiatrique. « Une première évaluation en 2018⁸ montre un risque vie entière accru de 0,4 % à 6 % pour tout type de cancer », résume l'experte. De nouveaux résultats sont annoncés pour 2020.

Mais déjà, la radioprotection progresse grâce à l'évolution des pratiques. « Nous avons diminué la cadence d'images : de 30 par seconde, nous sommes passés à 7,5. » Second facteur d'amélioration, la durée d'intervention a été réduite. « À l'hôpital Marie-Lannelongue, nous remplaçons désormais une valve cardiaque pulmonaire par les vaisseaux en vingt-cinq minutes de scopie en moyenne, contre



cinquante à soixante minutes dans le registre européen », témoigne Sébastien Hascoët, cardiologue interventionnel dans ce centre du Plessis-Robinson (Hauts-de-Seine) participant à l'étude Coccinelle.

Une prévention personnalisée ?

Les prédispositions individuelles au risque radio-induit sont un autre champ de recherche exploré. Les résultats du projet Medirad (Medical low dose radiation exposure) sont attendus pour 2021. Engagé en 2017, il vise à compléter les approches épidémiologiques. « 100 patients ayant développé un cancer radio-induit sont comparés à 300 témoins demeurés sains sur la même période », décrit Marie-Odile Bernier. Les sujets sont issus de la cohorte EPI-CT³. « Tous remplissent un questionnaire détaillé – examens radiologiques subis, historique de la grossesse de la mère, etc. – complété par un test génétique. »

En cas de résultats concluants, la radioprotection s'engagera peut-être dans une nouvelle ère : celle d'une prévention personnalisée des risques radio-induits. ■

NRD

Le volume de données pédiatriques augmente



« En quelques mois, le nombre d'établissements envoyant les données en pédiatrie a doublé.

Nous en avons recueilli deux fois plus en radiologie comme en scanographie », se félicite David Célier, expert en radioprotection chargé des niveaux de référence diagnostiques (NRD) à l'Institut.

Pour développer l'utilisation des NRD pédiatriques, deux mesures ont été prises. Outre leur mise à jour (voir article p.11), les modalités d'évaluation des pratiques et de transmission des informations ont changé.

« Pour un examen de scanner chez l'adulte, le site dédié à la transmission des données NRD reçoit plusieurs centaines de données par an. En pédiatrie, c'était rarement plus de cinq », rappelle l'expert. Plusieurs causes à cette pénurie. Les examens pédiatriques sont beaucoup moins fréquents et les données doivent être segmentées selon le poids des enfants. Relever les doses de 30 enfants de morphologie similaire, comme demandé précédemment, était un défi. La nouvelle réglementation – de juillet 2019 – abaisse le nombre minimal à 10 sujets et impose aux établissements dépassant 5 % d'activité en pédiatrie l'évaluation des examens et l'envoi des relevés à l'IRSN. Un frémissement encourageant.

www Pour en savoir plus :
basenrd.irsns.fr
nrd.irsns.com

6. Radiographie de la vessie et de l'urètre. L'examen utilise des rayons X et un produit de contraste à base d'iode, injecté directement dans la vessie.

7. www.irsns.fr/LEPID-Coccinelle

8. Journy N et al. (2018) Cardiovascular Interventions 11:e006765

Évaluer le risque pour l'enfant à naître

Qu'elle ait besoin d'une imagerie diagnostique ou d'une radiothérapie, la femme enceinte peut être exposée aux rayonnements ionisants. Quelles procédures de radioprotection diminuent le risque pour l'enfant à naître ? Quelles expertises apporte l'Institut dans ce contexte ?

In utero l'embryon, puis le fœtus, fait déjà l'objet de toutes les attentions. Plus encore lorsque sa mère doit subir des examens irradiants. Radiologues et physiciens médicaux limitent les doses reçues à l'utérus. Parfois, lors des expositions délicates à estimer, ils contactent l'IRSN. Depuis 2004, près de 900 évaluations ont été réalisées par l'Institut, le plus souvent suite à l'exposition fortuite à l'occasion d'un diagnostic¹. En 2019, il y en a eu 47.

L'enfant à naître est très sensible aux radiations ionisantes. Au stade pré-implantatoire – huit premiers jours – c'est la loi du « tout ou rien » : après une irradiation, la grossesse s'arrête ou se poursuit normalement. Par la suite, au-delà de 100 mGy² et selon le stade de développement, les principaux risques sont des malformations, un retard mental et à long terme, une augmentation du risque de cancer proportionnelle à la dose reçue.

Si la réglementation retient un seuil de 1 mGy à ne pas dépasser, la préconisation reste de ne pas exposer le fœtus, sauf si c'est indispensable pour le diagnostic ou le traitement de la mère.

« Êtes-vous enceinte ? »

Comment le protéger si sa mère doit passer un examen irradiant ? Pour commencer, en interrogeant la patiente. « Nous demandons : "Êtes-vous enceinte ? Est-il



La justification de l'acte diagnostique ou thérapeutique est très présente en pédiatrie. Elle s'applique avant même la naissance de l'enfant.

possible que vous le soyez ?" Ces questions sont obligatoires et systématiques », précise Catherine Jenny, physicienne médicale à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière à Paris.

Que se passe-t-il si la grossesse de la patiente est ignorée ? « Cela arrive rarement », tempère l'experte. Soit l'intéressée n'a pas connaissance de sa grossesse, soit elle arrive inconsciente aux urgences et passe un scanner dans le cadre d'un bilan traumatologique. Il s'agit alors d'un événement significatif de radioprotection (ESR). « L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) nous sollicite quand l'événement est important, comme dans le cas d'un incident survenu en 2018 [lire article Webmag Repères n°40]. Mais c'est très rare, précise Serge Dreuil, physicien médical à l'Institut. Nous sommes plus fréquemment sollicités par l'hôpital, qui souhaite avoir une estimation de la dose à l'utérus. »

L'enjeu est d'informer au plus vite la patiente, pour la conseiller sur une éventuelle interruption de grossesse. Selon la

Commission internationale de protection radiologique (CIPR), si la dose absorbée est inférieure à 100 mGy, il n'y a pas lieu de mettre un terme à la grossesse. Cette évaluation est néanmoins utile, notamment pour informer le pédiatre qui suivra l'enfant après la naissance.

L'exposition du fœtus est estimée

L'évaluation de la dose reçue à l'utérus n'est pas systématiquement effectuée par l'Institut. Tout dépend de la taille de l'établissement, de la présence ou non d'un service de radiothérapie ou de médecine nucléaire – donc d'un physicien médical en interne – et de la complexité du calcul. « Les grands hôpitaux ont généralement les compétences en interne et calculent eux-mêmes. Parfois, le physicien médical de l'hôpital nous contacte pour confirmer son estimation. Les petites structures travaillent soit avec une société externe, soit font appel à nous », détaille Serge Dreuil. Lorsqu'il est sollicité, l'Institut envoie à l'établissement demandeur un formulaire.

Celui-ci récapitule tous les paramètres du (ou des) examen(s) : type d'imagerie, indices de doses propres à l'appareil, zone anatomique traitée, nombre de passages effectués, etc.

Le plus souvent, les estimations concernent des scanners abdominaux-pelviens, les plus irradiants pour le fœtus. « Nous intégrons les données dans notre logiciel de première intention. Si après l'application d'une marge de sécurité, la dose calculée ne dépasse pas le seuil de 100 mGy, nous nous arrêtons là. Sinon, nous recourons à une méthode plus complexe. Nous demandons les images de l'examen pour avoir la morphologie précise de la patiente et affiner le calcul. » En deux jours ouvrés, les chargés d'expertise en radioprotection médicale rendent leur estimation. Tout se fait à distance, sauf dans un cas particulier.

Simulation avant radiothérapie

Il arrive parfois qu'une femme enceinte ait besoin d'une radiothérapie³. Une situation délicate à gérer, les doses délivrées étant très au-delà de celles de la radiologie.

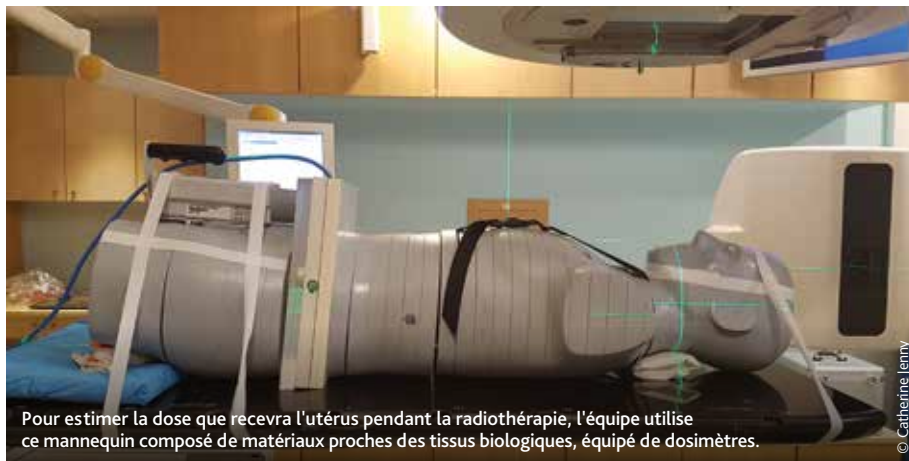
« Lors d'une radiothérapie, le rayonnement atteignant l'utérus provient en partie de l'accélérateur lui-même, en partie de sa diffusion dans le corps de la patiente. Si on peut réduire le premier avec un blindage adéquat, on ne peut rien faire contre le second », indique Serge Dreuil.

Pour adapter le traitement quelle que soit la localisation du cancer et protéger l'enfant à naître, une estimation préalable de la dose à l'utérus est nécessaire. Elle est complexe. Les médecins hospitaliers la réalisent rarement seuls. « Leurs outils sont performants pour calculer la dose reçue par les organes situés dans le champ de traitement ou à proximité. En revanche, ils sont moins adaptés pour calculer la dose à distance, au niveau de l'utérus. » D'où l'intérêt de faire appel à une entité externe, comme l'IRSN. Deux procédures sont alors possibles : simuler par ordinateur – ce qui demande plusieurs jours de calcul avec des machines puissantes – ou agir sur place, à l'aide d'un fantôme⁴ et de dosimètres.

Face à une situation de ce type, l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière à Paris a récemment fait appel à l'Institut pour éclairer sa décision et déterminer la juste dose, pour un risque maîtrisé (*lire encadré ci-contre*). ■

RADIOTHÉRAPIE

Un fantôme pour estimer la dose reçue *in utero*



Pour estimer la dose que recevra l'utérus pendant la radiothérapie, l'équipe utilise ce mannequin composé de matériaux proches des tissus biologiques, équipé de dosimètres.

© Catherine Jenny

En janvier dernier, l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière (Paris) rencontre une situation rare et délicate : une jeune patiente enceinte, atteinte d'un cancer évolutif, doit être traitée par radiothérapie sans tarder. L'accouchement prématuré est inenvisageable, sa grossesse n'est pas assez avancée. L'établissement se tourne vers l'IRSN. Ensemble, les physiciens de l'hôpital et de l'Institut aident les radiothérapeutes et les gynécologues à adapter le traitement dans l'intérêt de la mère et de l'enfant. Pour évaluer la dose que recevra le fœtus, l'IRSN prête à l'équipe un fantôme corps entier (*photo*), puis participe aux tests menés sur place. « Après avoir placé les dosimètres dans le fantôme, nous l'avons exposé aux conditions du traitement et avons mesuré la dose reçue à l'emplacement de l'utérus », décrit Serge Dreuil, physicien médical à l'Institut.

Ces tests *a priori* permettent d'estimer les niveaux de dose attendus. Selon les résultats, l'équipe peut modifier la technique de radiothérapie – adapter l'angle des faisceaux, réduire la taille des champs, modifier l'énergie des photons – ou recourir à des protections, tels caches et ponts en plomb au-dessus de l'abdomen. Une situation comme celle-ci peut mener à recommander une interruption de grossesse. Si elle est impossible ou refusée, le plan de traitement est adapté.

« Une radiothérapie dure plusieurs semaines. Pour cette patiente, nous avons choisi de calculer le moment auquel déclencher l'accouchement, c'est-à-dire la dose à partir de laquelle le risque pour le fœtus pourrait être supérieur aux seuils connus, raconte Catherine Jenny, physicienne médicale à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière. Elle a ainsi poursuivi sa grossesse pratiquement au terme attendu. »

1. Etard C et Aubert B (2009) Radioprotection 44, 479-93
2. Pour comparaison, un scanner abdomen et pelvis délivre une dose de 20 mGy, un scanner du rachis lombaire, 25 mGy (valeurs indicatives).
3. Les incidences estimées des cancers du sein, du col utérin et de la maladie de Hodgkin, nécessitant un recours à la radiothérapie pendant la grossesse, sont respectivement de 1/3000 à 1/10000, 1/1000 à 1/6000 et 1 à 2/10000 (Mazon et al. 2016).
4. Mannequin simulant le corps humain.



Pour en savoir plus :
Fiche d'information « Grossesse et exposition aux rayonnements ionisants »
www.irsn.fr/Grossesse-RI-patients

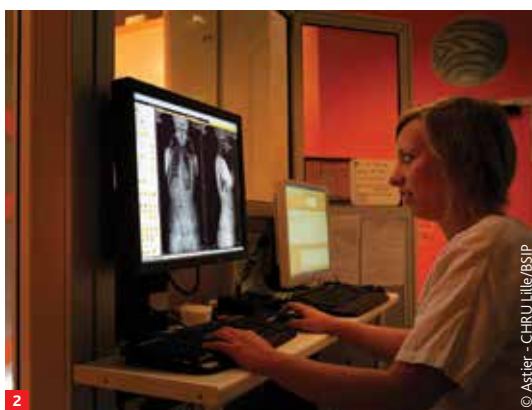
Fiche d'information « Estimation de dose utérine pour une patiente enceinte »
www.irsn.fr/Grossesse-RI-patients

À LIRE



Un plan d'action est mis en place après un incident

www.irsn.fr/R40



1 La radiographie basse dose EOS acquiert les clichés face et profil en position fonctionnelle, en simultané. Résultat : une image anatomiquement plus juste. Cette fille, suivie à Nice (Alpes-Maritimes), au centre Rossetti, porte un corset pour sa scoliose avancée.

2 Le suivi de la scoliose exige deux radios par an pendant une décennie. Toute initiative visant à baisser l'exposition améliore la radioprotection.

REPORTAGE Concilier radioprotection et surveillance radiologique est un défi en cas de scoliose. Pour réduire l'exposition, la pédiatrie mise sur les avancées des techniques et des pratiques médicales. Incursion au CHU Grenoble Alpes (Isère).

Scoliose

Imagerie et chirurgie innovantes baissent la dose

Accompagnée de ses parents, Mathilde, 11 ans, patiente sagement dans la salle d'attente du service d'orthopédie pédiatrique du CHU Grenoble Alpes. La jeune fille a une suspicion de scoliose. Pour confirmer le diagnostic, son médecin traitant l'a adressée à Aurélien Courvoisier, chirurgien orthopédique, expert des déformations du dos de l'enfant. Fait-elle partie de ces 3 à 5 % d'enfants – sept fois plus de filles – dont les vertèbres déformées pourraient à l'âge adulte causer des difficultés respiratoires ou une arthrose ?

Réduire l'exposition lors du suivi...

Pour se prononcer, Aurélien Courvoisier a besoin d'une radiographie du rachis, face et profil. Il propose à Mathilde une « *radio alternative basse dose* ». Surpris, les parents demandent des explications. Le médecin leur décrit alors le suivi de cette déformation évolutive.

Pour repérer une éventuelle aggravation, la scoliose est surveillée tous les six mois par radiographie. Un corset est prescrit en cas de déformation marquée, surtout si le potentiel de croissance¹ est important. Un tel suivi nécessite au moins dix radios. Au passage, elles irradient seins et ovaires. En imagerie classique, chacune représente 0,85 mSv², équivalant à environ trois mois d'exposition annuelle (voir infographie p. 11).

En 2016, un groupe de travail – inquiet face aux publications sur les cancers radio-induits –

recommande à l'Académie de médecine la vigilance sur les doses délivrées de rayons X³. Mais le spécialiste rassure la famille : « *L'imagerie basse dose EOS divise l'exposition par six, voire quarante avec certains réglages*³. »

... et pendant l'opération

Les parents s'interrogent. Que se passera-t-il si la scoliose est confirmée ? 2 à 3 % des enfants suivis sont opérés. À l'aide de vis et de tiges, mises sous imagerie, les vertèbres sont repositionnées pour corriger la déformation. Point négatif : un surplus d'exposition.

En chirurgie conventionnelle – l'arthrodèse – pratiquée à la fin de la croissance, le spécialiste met ses dix ans de pratique au bénéfice de la radioprotection : il se passe de la radio pour figer les vertèbres.

Quand la scoliose évolue vite, agir tôt améliore la correction. Aurélien Courvoisier recourt à une approche chirurgicale nouvelle. Mini-invasive, celle-ci ne peut cependant se passer d'imagerie. Pour baisser l'exposition, il prévoit de tester une alternative peu irradiante, développée par une start-up française⁴. « *Cette plateforme aide à améliorer le geste chirurgical. Pour diminuer les doses de rayons, elle fonctionne avec moins d'images* », explique-t-il. Quel bénéfice tirera Mathilde de cette radioprotection renforcée ? Tout dépendra du verdict de sa première radio basse dose. ■

WWW Pour en savoir plus : www.eos-imaging.fr

1. Il est estimé à partir de l'aspect général de l'enfant et de la date éventuelle des premières règles.

2. Étude ExPRI pédiatrique 2015 www.irsn.fr/expri-2015

3. Rapport à l'Académie nationale de médecine 2016 www.academie-medecine.fr/wp-content/uploads/2016/12/16.11.15-DUBOUSSET-rapport-v-16.12.8-AK.pdf

4. www.surgivisio.com



Encore environ un million de DFCI – détecteurs ioniques de fumée – restent à retirer d'ici la fin de l'année prochaine.

Détecteurs ioniques de fumée

Organiser la dépose en toute sûreté

L'ESSENTIEL Les détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI) contenant des éléments radioactifs doivent être remplacés par des technologies non ionisantes avant le 31 décembre 2021. Cette obligation réglementaire concerne de nombreuses installations. Sans bonnes pratiques en radioprotection, la dépose présente des risques. Elle doit être confiée aux sociétés spécialisées.

TÉMOIGNAGE Un professionnel habilité à retirer les détecteurs. **DÉCRYPTAGE** DFCI : organiser la dépose en sûreté. **AVIS D'EXPERT** Une spécialiste de l'expertise des sources.



Raphaël
de Oliveira

Responsable du
développement chez
IPSI Sécurité Incendie

TÉMOIGNAGE

“Établir un plan de retrait est obligatoire”

« Les principaux risques associés à la dépose – retrait, transport et stockage – des détecteurs de fumée à chambre d'ionisation (DFCI, ou détecteurs ioniques) viennent d'une éventuelle dégradation à chacune de ces étapes. Les professionnels des systèmes de sécurité incendie sont les seuls habilités à déposer les DFCI.

Notre société intervient dans des établissements recevant du public, en particulier l'hôtellerie. Notre personne compétente en radioprotection (PCR) forme dès l'embauche nos 80 techniciens. Une session de deux heures porte sur la méthodologie des trois étapes sensibles de la dépose.

Comment l'expert en protection incendie accompagne-t-il le détenteur de l'installation ? Tout commence par l'indispensable rédaction d'un plan de dépose. S'il y a lieu, il mentionne l'étude technique pour remplacer des DFCI par une technologie optique de fumée. Il précise la planification des opérations :

recensement des détecteurs avec attribution d'un numéro d'identification, déclaration au Système d'information et de gestion de l'inventaire des sources (Sigis), dépose avec évacuation. Le plan prévoit le transfert des DFCI dans une filière industrielle agréée pour leur traitement et recyclage. Il comporte aussi une estimation chiffrée.

Retirer, remplacer

Souvent, les professionnels ne savent pas qu'il existe des DFCI dans leur établissement – ils n'ont pas été répertoriés, un faux-plafond les cache, etc. C'est la principale difficulté. Pour y remédier, il faut les repérer. Notre bilan sert à cela. Autre information : remplacer les DFCI n'implique pas forcément de remplacer toute l'installation anti-incendie. À noter : hors dépose, le faible rayonnement unitaire des DFCI ne présente pas de danger pour les personnes utilisant les locaux. ■

Les étapes de la dépose des détecteurs ioniques de fumée

Les propriétaires de recensement et la dépose dans leurs locaux. Une liste des erreurs à éviter.

1 Faire le point

Nathalie dirige un centre de formation construit avant novembre 2011. Est-il équipé de DFCI, dont l'arrêté¹ paru à cette date prévoit le **démantèlement progressif** ? Pour le mettre en conformité, elle commence par les **compter** ou confie cela à un mainteneur.



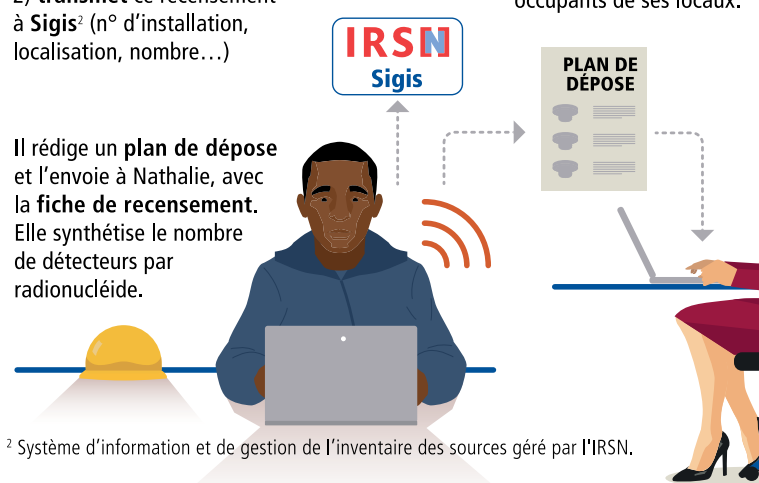
Stéphane est **professionnel** de la maintenance des systèmes de sécurité incendie. **Habilité** à déposer les DFCI, il a déclaré son activité auprès de l'**Autorité de sûreté nucléaire (ASN)**.

✓ Faire appel à une société de maintenance habilitée.

2 Recenser les DFCI

Le détenteur doit réfléchir à un **plan de migration**. Nathalie le confie au mainteneur. Il effectue le **recensement**, puis 1) **répertorie** l'installation et 2) **transmet** ce recensement à **Sigis²** (n° d'installation, localisation, nombre...)

Il rédige un **plan de dépose** et l'envoie à Nathalie, avec la **fiche de recensement**. Elle synthétise le nombre de détecteurs par radionucléide.



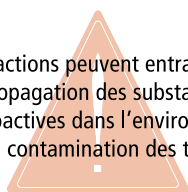
² Système d'information et de gestion de l'inventaire des sources géré par l'IRSN.

✓ Conserver la fiche de recensement.

✓ Empêcher l'accès aux DFCI.
✓ En cas d'incident, contacter la PCR, sinon l'IRSN (voir Contact).

¹ Arrêté du 18/11/2011, NOR : ETSP1128407A.

Ces actions peuvent entraîner la propagation des substances radioactives dans l'environnement ou la contamination des travailleurs.



Ne démontez pas les DFCI vous-même.



N'oubliez pas de signaler les DFCI lors des travaux.



Ne jetez pas les DFCI à la poubelle classique.



N'endommagez pas les DFCI démontés.



Ne vendez pas les DFCI démontés en ligne.



Gros plan sur le logo radioactif d'un détecteur de fumée ionisant de la marque Cerberus contenant de l'américium.

© Simon Schneebeli, www.polludoc.ch, CC BY-SA

DANS L'ACTUALITÉ

Le 9 mars 2020, une société de maintenance incendie d'Île-de-France déclare à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) la **perte**, lors d'une dépose, d'un carton de DFCI : 21 appareils contenant de l'américium 241 (activité totale de 388,5 kBq). L'ASN classe l'**événement au niveau 1** de l'échelle internationale des événements nucléaires et radiologiques (Ines, *International nuclear event scale*), graduée de 0 à 7. Suite à l'incident, la société prévoit de **renforcer la formation** de son personnel.

INFORMATIONS À CONSERVER

La fiche de recensement doit contenir :

- La désignation de l'installation ou nom de l'utilisateur
- L'adresse complète
- L'échéance prévisionnelle de dépose (date limite 31/12/2021)
- Le numéro d'identification de l'installation et la localisation du marquage associé défini en annexe III de l'arrêté du 18/11/2011 portant dérogation à l'article R. 1333-2 du Code de la santé publique (CSP) pour les DFCI
- Le nombre de DFCI par radionucléide

Les locaux professionnels ont l'obligation d'organiser le dépose des détecteurs ioniques de fumée (DFCI) installés selon une procédure qui comprend des étapes obligatoires et

4 Déposer les DFCI

À l'issue de la dépose, Stéphane installe des **détecteurs optiques ou thermiques** et remet à la détentrice de l'installation une **attestation de prise en charge des DFCI**.



Il les **emballe** et les rapporte dans son **local d'entreposage**. Dès que possible, il les évacuera vers les **filiales de reconditionnement**. Il se connecte sur le site **Sigis** et déclare les N détecteurs repris.

En cas d'entreposage transitoire sur site :

- ✓ Local fermé à clé.
- ✓ Étiquetage trèfle.
- ✓ En cas de perte ou de vol, déclaration à l'ASN³ et à la préfecture.

³ formulaire F1 du guide ASN n° 11 / Annexe 2

Quels bénéfices ?

- ✗ La radioprotection est améliorée.
- ✗ Des centaines de milliers de DFCI sont démontés chaque année.

Les DFCI rejoignent des filières adaptées autorisées par l'ASN, qui se chargent du démontage des sources.



TEXTES RÉGLEMENTAIRES

- Code de la santé publique : article R.1333-2 relatif à l'interdiction de l'ajout intentionnel de radionucléides dans les biens de consommation, produits de construction et denrées alimentaires.
- Arrêté du 18/11/2011 portant dérogation de l'article R.1333-2 du CSP pour les DFCI.
- Arrêté du 6/03/2012 portant homologation de la décision n° 2011-DC-0253 de l'ASN du 21/11/2011, définissant les conditions d'emploi et modalités d'enregistrement, règles de suivi, reprise et élimination des DFCI.

POUR ALLER PLUS LOIN

Fiche Américium 241 (ref. ED 4308)
www.irsn.fr/Fiches-Radio

CONTACT

Unité d'expertise des sources
BP 17
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex
Tél. secrétariat : 01.58.35.95.13

AVIS D'EXPERT



© Stéphanie Clavelle/Médiathèque IRSN

Agnès Hoorelbeke

Spécialiste de l'expertise des sources

“Viser l'exposition la plus basse”

“ Nous suivons la décroissance du nombre de détecteurs ioniques de fumée (DFCI) en France. Ceci est possible grâce au Système d'information et de gestion de l'inventaire des sources (Sigis), qui recense les sources connues de rayonnements ionisants dans l'Hexagone. Le rôle de l'Institut est d'informer les professionnels, par exemple sur la conduite à tenir en cas de dégradation, de vol, d'incendie de ces matériels ou au sujet de leur reprise. Environ 23000 installations, comptant jusqu'à plusieurs milliers de détecteurs, sont inscrites dans le Sigis : établissements recevant du public, industries, secteur tertiaire, etc. Nous estimons à près d'un million le nombre de DFCI non encore identifiés, or ils n'apportent aucune plus-value pour la sûreté incendie. Les modèles optiques, sans source radioactive, offrent depuis dix à quinze ans les mêmes performances. En radioprotection, prévaut le principe Alara, *As low as reasonably achievable*. Il faut cibler l'exposition la plus basse possible et, à performance égale, choisir du matériel peu ou pas rayonnant. En retirant les DFCI, les professionnels respectent ce principe d'optimisation et se conforment à la réglementation, qui interdit l'ajout de radionucléides dans les produits de construction depuis 2002.

CONTACT

Agnès Hoorelbeke
01 58 35 95 34
agnes.hoorelbeke@irsn.fr

Nucléaire : quelle place pour les questions citoyennes ?

Depuis plus de dix ans, un dialogue s'est instauré avec la société civile sur le nucléaire et la radioprotection. Permet-il la participation des citoyens et la prise en compte de leurs demandes ou est-ce une pluralité de façade ? *Repères* a posé la question à quatre associations.



Roger Spautz, Greenpeace, lors d'une réunion de concertation en 2018.

1 Les initiatives citoyennes sont-elles soutenues ?

Ancienne enseignante, Anita Villers, présidente de l'association Eda (Environnement et développement alternatif), s'associe dès les années 2000 à la démarche d'ouverture de l'IRSN à la société civile. Après avoir participé à plusieurs rencontres – dont une intitulée « *Attirer l'attention sur les faibles doses* » – elle décide d'organiser en 2013 une conférence sur ce thème. Destinée au personnel des hôpitaux et cliniques, « *du brancardier au chirurgien* », son objectif est de les sensibiliser et de proposer des formations. « *Porter cette parole sans être médecin ni scientifique était un défi* », raconte-t-elle. La première édition est un succès. Elle réunit 200 personnes : étudiants, personnel médical, experts, etc. C'est un déclencheur.

« *Nous avons mis en lumière le fait que les professionnels qui gravitaient autour des médecins – infirmiers, aides-soignants, etc. – n'étaient pas suffisamment formés sur les faibles doses et peut-être pas assez protégés. Il y a eu une prise de conscience* », se souvient la militante. Plébiscité, l'événement aura lieu tous les deux ans jusqu'en 2019, avec la participation des experts de l'Institut. Les formations sur les faibles doses pour le personnel hospitalier se sont depuis multipliées sur le territoire. Voilà un exemple d'implication de la société qui se traduit par l'élaboration de projets citoyens.

www Pour en savoir plus :
Eda et la radioprotection dans le domaine médical
eda-lille.org/eda-et-la-radioprotection-dans-le-domaine-medical/

Depuis 2012, Anita Villers organise des séminaires santé Ancli-IRSN.

2 Comment les demandes sont-elles prises en compte ?



En 2018, Greenpeace demande à accéder au rapport *Impact Cycle**, réalisé par l'IRSN lors d'une expertise sur le fonctionnement du cycle du combustible nucléaire français. L'association constate qu'il est incomplet : certaines parties du rapport relatives aux activités d'EDF et d'Orano ont été omises par l'Institut, leur divulgation ayant été jugée susceptible de porter atteinte à la sûreté de l'État (art. L311-5). D'autres associations s'en émeuvent.

Une démarche est engagée auprès de la Commission d'accès aux documents administratifs (Cada). « *L'IRSN a publié une version plus complète du rapport. Nous avons eu accès à certaines des informations qui avaient été occultées*, se souvient Patrick Maupin, responsable de Greenpeace à Bordeaux (Gironde). Une réussite qu'il juge relative en matière de transparence. « *Le citoyen doit passer par une procédure longue et incertaine de saisine de la Cada* », regrette-t-il. Presque tous les avis de l'IRSN sont aujourd'hui publics. Les questionnements de la société sont pris en compte dans les expertises et les concertations sur les sujets majeurs.

* Le rapport *Impact Cycle 2016* www.irsn.fr/impact-cycle-2016

3 Quelle diffusion de l'expertise ?

Il y a deux ans, une concertation publique est lancée sur les conditions de sûreté de la poursuite de l'exploitation des réacteurs de 900 mégawatts au-delà de quarante ans. Lors du débat, les experts de l'Institut interviennent. « Ils ont apporté des nuances fines, tout en vulgarisant les connaissances, se souvient Isabelle Barthe, l'une des deux garantes de la concertation désignées par le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN). Lors d'une

rencontre organisée par la Commission locale d'information [Cli] de Gravelines [Nord], je me souviens d'une intervention sur les enjeux du changement climatique pour le fonctionnement des centrales. L'expert était rigoureux, mais s'exprimait en langage non technique. Le public se sentait mis en confiance pour participer. » Igor Le Bars, expert en sûreté, souligne : « Nous donnons des informations pour que chacun puisse augmenter ses propres compétences. »



En juin 2013, les manifestants anti-nucléaires devant l'usine d'Orano (Areva à l'époque).

© R. Garcia/PhotoPoR/La Dépêche du Midi/MaxPPP

4 Vers des citoyens sentinelles ?

Mariette Gerber, experte scientifique attachée à l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli), vit près de l'usine Orano de Malvesi (Aude). Classée Installation nucléaire de base (INB), cette usine spécialisée dans la chimie de l'uranium suscite des tensions récurrentes. L'IRSN publie régulièrement des documents sur l'impact environnemental du site, consultables sur irsn.fr. Vigilante, Mariette Gerber suit leur diffusion. « L'Institut a produit un rapport en 2017. Il recommandait à Orano de réaliser des études complémentaires sur les déchets de fabrication du tétrafluorure d'uranium, rappelle-t-elle. Mais l'industriel n'a pas suivi cette recommandation. Dans les débats – en présence d'Orano ou d'associations – j'évoque ce rapport. » Elle conclut : « L'ouverture à la société doit changer la vision des citoyens sur l'industrie nucléaire, pour qu'elle n'apparaisse plus comme lointaine et coupée de la population. »



Source EDA

5 Quelles questions sont posées ?

En 2017, l'Institut rencontre la Cli de Civaux (Vienne) sur le sujet des générateurs de vapeur de la centrale. Leur acier présente une anomalie de concentration en carbone. « À l'époque, j'ai intégré le groupe d'ouverture à la société civile. Les réunions sont l'occasion de poser des questions et d'entamer un travail de recherche, observe Jacques Terracher, membre de cette commission. Dans ce processus, la société n'est pas seulement là pour écouter. Elle apporte aussi des informations et une analyse. » Et le militant antinucléaire d'illustrer ses propos : « En alternative au projet Cigéo de Bure,

Bernard Laponche* propose de stocker à sec en subsurface le combustible usé, comme cela est fait aux États-Unis par Orano. » Même si, selon lui, le dialogue n'est pas toujours fructueux, « l'ouverture à la société apporte l'espoir que les questions et problèmes des citoyens soient pris en compte sérieusement ».

* Physicien nucléaire, consultant international dans les domaines de l'énergie.



Les générateurs de vapeur des centrales sont un sujet évoqué avec la société.

© EDF - Olivier Blaise

www Pour en savoir plus :
Avis de l'IRSN
www.irsn.fr/GV-Civaux

Radiologie industrielle

La radioprotection au cœur d'une aciérie

Le contrôle radiologique garantit la qualité des pièces en acier de haute technicité. Le radioprotectionniste met en place des mesures de sûreté et de radioprotection : surveillance des accès, sécurisation des zones, dosimétrie... Visite aux aciéries de Saint-Dizier (Haute-Marne).

Aux aciéries Hachette et Driout, lorsqu'au petit matin le métal en fusion cesse de couler dans les moules en sable, c'est aux équipes de traitement thermique, de parachèvement et de contrôle d'entrer en surchauffe : à elles de transformer les objets coulés en pièces finies. En leur sein, trois hommes garantissent, à l'aide des rayons X et gamma, la conformité des pièces dont les fonctions seront critiques lorsqu'elles prendront place dans des centrales nucléaires, des barrages hydro-électriques, des trains...

Ces contrôles radiologiques exigent des conditions de radioprotection strictes. Dans l'aciérie bragarde, c'est Jérôme Dervogne, titulaire d'un Camari* de radioprotection – renouvelé tous les cinq ans à l'IRSN – qui en a la responsabilité depuis 1999.

2,5 mètres de béton

Mais pour commencer, il faut que « la chrysalide » devienne « papillon ». Sous le toit vertigineux d'un des hangars de l'usine de Saint-Dizier datant de 1864, des gerbes d'étincelles jaillissent des ateliers. Soudeurs et meuleurs s'activent en tenue de protection pour faire naître des pièces pesant de 100 kilogrammes à 10 tonnes. Pour savoir si elles sont conformes aux besoins, les vérifications non destructives de leurs propriétés physiques se succèdent. Le contrôle radiologique en fait partie.

L'aciérie dispose de deux équipements complémentaires de radio-contrôle : le gammagraphe et l'accélérateur linéaire de 1-3 MeV. Elle peut ainsi contrôler les pièces dont l'épaisseur est comprise entre 2 et 24 centimètres. Cet avantage double cependant ses obligations en radioprotection. Deux locaux sont dédiés aux contrôles radiologiques. Ces casemates entourées de murs de 1 à 2,5 mètres de béton, premiers remparts contre les rayonnements, sont sécurisées contre la malveillance. Un zonage radiologique, basé sur des relevés dosi-

métriques réguliers effectués par Jérôme Dervogne autour des bâtiments, complète les mesures de protection.

« Seuls les radio-contrôleurs accèdent aux casemates, explique-t-il. En veillant à la traçabilité, nous installons les pièces à vérifier, assurons les tirs, puis analysons le contrôle. Nous sommes équipés de dosimètres passifs et opérationnels et de radimètres portatifs. »

Depuis 2018, il est aussi la personne en charge de la radioprotection (PCR) du site. À ce titre, il supervise la sécurisation des casemates et forme son équipe.

« Jusqu'à 300 pièces sont examinées chaque année par radiologie. Les défauts sont réparés, puis l'objet recontrôlé », indique le directeur qualité Rémy Tintillier. Malgré des milliers de tirs de contrôle effectués chaque année – une pièce fait l'objet de plusieurs radiographies, jusqu'à 100 tirs pour les plus exigeantes – Jérôme Dervogne conclut :

« Nos relevés de dosimètres reviennent toujours vierges ou montrent des doses infimes, largement en-deçà des seuils définis. » ■

* Certificat d'aptitude à manipuler les appareils de radiologie industrielle. Il est délivré par l'IRSN.



Après le retrait des moules en sable, les pièces en acier sont finalisées une à une, puis contrôlées.

Cette pièce présentait un défaut. Après meulage, ce soudeur termine la réparation.

DIAPORAMAS Retrouvez tous les reportages !



Quelles mesures, quels contrôles, quelle organisation ?

www.irsn.fr/R46



Quels dispositifs de radioprotection ?

www.irsn.fr/R46



La sécurisation nécessaire commence par les bâtiments

La casemate de gammagraphie, comme celle de l'accélérateur linéaire, est protégée par une enceinte fermée. L'affichage rappelle les règles d'accès. Jérôme Dervogne, responsable des contrôles radiographiques, et ses collègues contrôleurs sont les seuls à avoir la clé d'accès.



Des tirs sous haute sécurité

Pour confirmer une pièce, le contrôleur la vérifie par gammagraphie. Il procède à plusieurs tirs, radiographiant au fur et à mesure l'ensemble de l'objet ou de la portion d'intérêt. Le tir armé, Jérôme Dervogne quitte la pièce. L'accès est ensuite fermé et la serrure de sécurité verrouillée pour que la commande du tir soit lancée depuis la zone sûre.



Le transport des sources

Les radio-contrôles sont effectués à l'aide d'iridium 192. La source active quatre mois est toujours protégée, soit par l'instrument de contrôle, soit par le conteneur de transport comportant la signalétique adéquate : colis type B, substance radioactive II. Le respect de ces règles de radioprotection aux aciéries Hachette et Driout a été contrôlé par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en 2019.

Reportage photo : © Sophie Brändström/Signatures/Médiathèque IRSN



Des relevés dosimétriques récurrents

Toute personne extérieure au service radiographie accédant aux casemates de radio-contrôle est répertoriée. Lorsqu'il s'y rend, le directeur qualité Rémy Tintillier (à gauche) est équipé d'un dosimètre opérationnel non nominatif. À sa sortie, il émerge et relève le dosimètre opérationnel, ensuite remis à zéro sous le regard de Jérôme Dervogne (à droite). Par mesure de radioprotection, ce dernier mesure régulièrement les débits de dose autour de la casemate.



Des mesures après chaque tir

Un tir de contrôle avec l'accélérateur linéaire vient d'être effectué. Avant d'accéder à la salle dédiée, les radio-contrôleurs Jérôme Dervogne (à gauche) et Ilian Chamarande (à droite), équipés de dosimètres passifs, mesurent l'éventuel taux de radioactivité à l'aide d'un radiamètre portatif.

Neutrons Facilitez le suivi dosimétrique

Conseillers en radioprotection et médecins du travail, vous voulez optimiser le suivi dosimétrique des travailleurs ?

Le nouveau dosimètre de l'IRSN est plus compact, robuste et facile à porter. Il embarque un dosimètre radio-photoluminescent (RPL) qui détecte les rayons X, bêta et gamma, et un détecteur solide de traces nucléaires CR39 de grande surface qui détecte les neutrons rapides, intermédiaires et thermiques, sans correction d'énergie. Les résultats sont mis à votre disposition sur le portail monDosimètre et sur Siseri.



© BlackJack3D/iStock

© Grégoire Maisonneuve/Médiateur que IRSN

Pour en savoir plus

Laboratoire de dosimétrie de l'IRSN (LDI)

Tel : 01 30 15 52 22

Contact : dosimetre@irsn.fr

www.irsn.fr/dosimetrie-interne

