

Les rayonnements ionisants

- 13. Radioactivité : de la protection à la prévention
- 16. Des agents de sûreté... en sécurité
- 18. Savoir radiographier sans risque à domicile comme à l'extérieur
- 20. La chasse au radon est ouverte
- 22. Un risque en plus pour tous
- 24. Un démantèlement sous haute surveillance

■ Réalisé par Damien Larroque, avec Céline Ravallec et Lucien Fauvernier

La radioprotection, qui entend préserver les travailleurs des effets nocifs des rayonnements ionisants, s'est historiquement construite à côté de la prévention des risques professionnels. En 2018, la transposition en droit français d'une directive européenne remet en perspective son approche particulière et y réintroduit les neuf principes généraux de prévention, avec pour objectif de gagner en simplicité, sans perdre en efficacité.

Radioactivité : de la protection à la prévention

CANCERS, LEUCÉMIE, stérilité...

Louée pour ses vertus les premières années après sa découverte par Henri Becquerel, en 1896, la radioactivité est indéniablement reconnue aujourd'hui comme une source potentielle d'effets délétères pour la santé. Utilisée pour traiter maladies cutanées et tumeurs cancéreuses, elle se pare à l'époque, aux yeux du grand public, des atours d'un remède miracle. Le radium, notamment, est à la mode. Incorporé dans des crèmes de beauté ou des fontaines à eau, cet élément radioactif est censé dispenser santé inaltérable et cure de jouvence. Des pratiques qui perdureront plusieurs dizaines d'années, alors qu'en parallèle la recherche met en évidence les effets nocifs des rayonnements ionisants sur l'organisme. Dès 1915, des scientifiques

de différents pays tiraient en effet la sonnette d'alarme. Leur mobilisation débouche, en 1928, sur la création de la Commission internationale de protection contre les rayons X et le radium, qui deviendra en 1950 la CIPR actuelle. Depuis, celle-ci donne le « la » en matière de radioprotection en publiant régulièrement à l'échelle mondiale des recommandations qui sont ensuite déclinées dans les législations nationales.

Dès lors, la prévention des risques liés aux rayonnements ionisants

lution replace au centre de la démarche les principes généraux de prévention prévus par le Code du travail et permet d'intégrer ce risque dans l'approche globale de prévention de l'entreprise. Ainsi, conformément à l'un de ces grands principes, il est nécessaire de s'interroger sur la possibilité de substituer la source de risques et, à défaut, il convient de mettre en place prioritairement des protections collectives, et en second ressort des équipements de protection individuelle.

« Toute exposition à la radioactivité peut accroître le risque d'apparition d'un cancer des années après son occurrence. »

ZOOM



LA RADIOACTIVITÉ

La radioactivité est un phénomène naturel. Certains atomes dits instables, que l'on appelle radionucléides, émettent, lorsqu'ils se désintègrent, des particules ou des rayonnements dont les effets sont plus ou moins nocifs pour les organismes vivants. Il existe plusieurs types de rayonnements ionisants (alpha, bêta, gamma, X et neutronique). Les appareils comme les générateurs de rayons X ou les accélérateurs de particules sont eux aussi sources de rayonnements ionisants. Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme sont de deux types. Les effets déterministes (brûlures, diminution des globules blancs ou des spermatozoïdes...) apparaissent en quelques heures à quelques semaines, et voient leur gravité augmenter avec la dose. Ils peuvent être réversibles, ou non, en fonction du nombre de cellules détruites. Les effets à long terme, ou effets aléatoires, sont des cancers et des leucémies qui se déclarent plusieurs années après l'exposition.

dans le cadre du travail s'est construite à côté de celle des autres risques professionnels, adoptant sa propre logique qui repose sur les trois principes fondamentaux de la radioprotection : justification de l'utilisation des rayonnements ionisants, optimisation de l'exposition à un niveau le plus bas possible et limitation des doses individuelles.

La donne change en 2018, avec la transposition de la directive 2013/59/Euratom dans le droit hexagonal. Si elle ne remet pas en cause les trois fondamentaux de la radioprotection en plaçant les rayonnements ionisants sur le même plan que les autres risques professionnels, cette évo-

« Il ne s'agit pas de nier ce qui a été fait jusqu'ici, mais d'homogénéiser les approches tout en conservant ce qui fonctionne, estime Romain Mouillseaux, expert conseil technique à l'INRS. La radioprotection, historiquement très prescriptive, donnait des obligations de moyens qui pouvaient ne pas être adaptées à certaines situations et compliquées à mettre en œuvre pour les entreprises les plus modestes. Redonner la responsabilité de l'évaluation du risque radiologique à l'employeur lui permet de proportionner ses actions préventives à la réalité de son activité et des risques qu'elle entraîne. » Car si les rayonnements ionisants sont utili- >>>

sés dans des secteurs variés (voir infographie page suivante), leur dangerosité est variable en fonction de leur nature et des niveaux d'exposition qu'ils sont susceptibles d'engendrer.

Évaluer pour zoner


L'intégration de la radioprotection dans une approche globale de prévention permet donc de résoudre les incohérences qui pouvaient résulter d'une approche différenciée. Par exemple, la radioprotection pouvait être menée de façon approfondie pour des sources très faiblement radioactives alors que leur forte toxicité chimique n'était pas prise en compte. Dans les services de radiologie, le port de lourds tabliers de plomb, qui peut conduire à l'apparition de lombalgies, a pu être préféré aux protections collectives alors même que celles-ci doivent être mises en œuvre.

Aujourd'hui, le rapprochement des conseillers en radioprotection, qu'il s'agisse de personnes ou d'organismes compétents en radioprotection, avec les préventeurs « classiques » a plusieurs vertus. Cela doit favoriser une analyse qui n'omet pas les interactions entre les risques

> CONSEILLER EN RADIOPROTECTION

L'employeur est dans l'obligation de mettre en place une organisation de la radioprotection dès lors que l'évaluation des risques a mis évidence l'existence d'un risque d'exposition de salariés. Il s'appuie sur un conseiller en radioprotection pour l'aider dans cette tâche. Il peut s'agir d'un salarié de l'entreprise, dénommé personne compétente en radioprotection (PCR), ou d'un organisme compétent en radioprotection (OCR). Formé et détenteur d'un certificat adéquat (gestion des sources scellées ou non, générateur de rayons X, accélérateur de particules...), il évalue les risques, conseille l'employeur dans la définition des mesures de prévention, réalise des vérifications périodiques, etc. Il travaille en lien avec les autres préventeurs et avec le médecin du travail, notamment pour la mise en œuvre concertée de la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs.

et autorise la mutualisation des connaissances et des ressources pour travailler plus efficacement à la préservation de la santé des travailleurs. La démarche de radioprotection était cependant déjà bien structurée et rejoignait sur de nombreux aspects l'application des principes généraux. L'évaluation des risques est l'un

 Selon les chiffres de 2019 publiés par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), près de 400 000 travailleurs français bénéficiaient de la surveillance de leurs expositions aux rayonnements ionisants.

de ces points communs. Après avoir, dans un premier temps, identifié les sources (nature, type de rayonnement...) et les postes de travail concernés, une identification des zones où l'exposition des travailleurs est susceptible de dépasser certains niveaux de dose doit être réalisée (art. R. 4451-22 du Code du travail).

Le type de zone dépend de la nature de la source (naturelle ou artificielle, fixe ou mobile), de l'exposition (corps entier, peau ou extrémités) ainsi que du niveau de cette dernière. Les limites de ces zones sont matérialisées et signalées tandis que les risques encourus en y entrant, les consignes de travail (y compris en cas d'urgence) doivent être affichés et régulièrement mis à jour. Seuls peuvent accéder à ces zones de travail des salariés ayant reçu l'autorisation et faisant l'objet d'un suivi dosimétrique.

Installations nucléaires

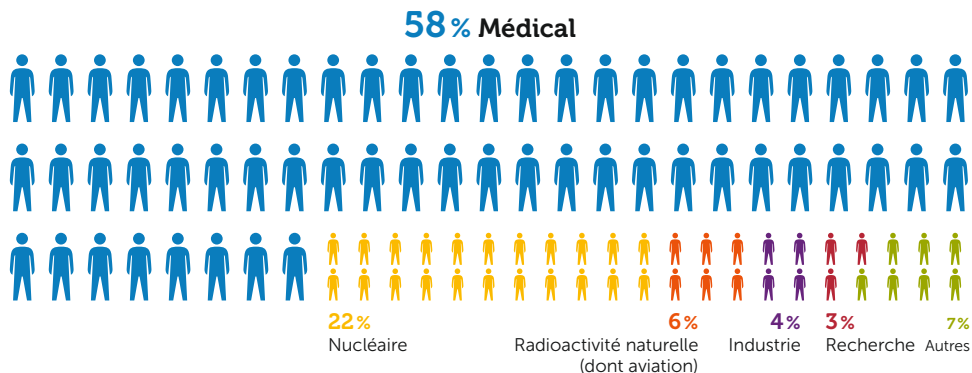
Ce suivi, assuré par le conseiller en radioprotection et le médecin du travail, peut déboucher, en cas de dépassement des VLEP (valeurs limites d'exposition professionnelle)¹, au retrait du salarié de son poste. C'est ce qu'il s'est passé lors de l'incident survenu à la centrale de Cruas-Meysses, en Ardèche, en août dernier. Pour les travailleurs intervenant dans certaines zones (art. R. 4451-33 du Code du travail), cette surveillance est complétée par le port d'un dosimètre opérationnel, dispositif actif à lecture directe qui réalise des mesures en temps réel, utiles pour alerter lorsque les rayonnements dépassent la dose d'exposition définie préalablement à l'intervention.

Certaines tâches, à l'image du démantèlement d'installations nucléaires, nécessitent la mise en place de protections collectives (boîtes à gants plombées, bras manipulateurs...) et individuelles (combinaison, appareil respiratoire...) adaptées, car elles peuvent entraîner des risques d'exposition interne, c'est-à-dire de pénétration de radionucléides dans l'organisme par ingestion, inhalation ou voie cutanéo-muqueuse. En cas de suspicion de contamination de ce type, le



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2021

RÉPARTITION DES EFFECTIFS SUIVIS PAR DOMAINE D'ACTIVITÉ



Nombre de travailleurs à bénéficier de la surveillance de leurs expositions aux rayonnements ionisants en 2019 en France **395 040**

Source : IRSN

© Guillaume Egels pour l'INRS/2021

La dose individuelle moyenne la plus élevée revient au personnel navigant de l'aviation civile ou militaire. Cette exposition est largement due aux rayonnements cosmiques.

médecin du travail doit prescrire des examens afin d'évaluer la nature et le niveau de l'exposition. Il peut s'agir de mesurer la radioactivité présente dans l'organisme à l'aide de dispositifs non invasifs et/ou celle éliminée par le corps en dosant les isotopes dans les urines ou les selles.

« Il est important de préciser que le consensus scientifique a retenu le modèle linéaire sans seuil pour les effets des rayonnements ionisants. On considère donc que toute exposition peut accroître le risque d'apparition d'un cancer des années après son occurrence, explique Anne Bourdieu, expert

d'assistance médicale à l'INRS. C'est pourquoi il est possible, pour tout travailleur du régime général exposé aux rayonnements ionisants dans le cadre de son métier, de faire une demande de suivi post-professionnel permettant de diagnostiquer précocement une éventuelle pathologie et de faire une démarche de reconnaissance de maladie professionnelle le cas échéant. » Soulignons que le tableau n°6 des maladies professionnelles, qui recense les affections provoquées par les rayonnements ionisants, est peu contraignant, car il n'impose pas de liste limitative de situations de

travail et ne prévoit pas de critère quantitatif quant à la durée et au niveau d'exposition pour obtenir cette reconnaissance.

Du nouveau pour le radon

Selon les chiffres de 2019 publiés par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), près de 400 000 travailleurs français bénéficiaient de la surveillance de leurs expositions dont 6% en raison de la radioactivité naturelle, majoritairement les rayons cosmiques (personnels navigants de compagnies aériennes, militaires...) mais aussi le radon. Ce gaz radioactif, à qui l'on doit environ un tiers de l'exposition annuelle à la radioactivité de la population française, et qui a tendance à s'accumuler dans les locaux mal ventilés, pourrait bien être responsable d'une hausse de ce pourcentage à l'avenir.

« Un arrêté à venir prévoit une augmentation significative du coefficient qui sert à calculer la dose reçue par les travailleurs qui exercent dans une atmosphère contenant du radon, indique Romain Mouillseaux. Cela implique une augmentation du nombre d'entreprises concernées par la délimitation d'une zone radon et donc un accroissement du nombre de travailleurs suivis. »

Enfin, précisons qu'en matière de radioprotection, l'employeur est tenu de s'assurer de l'efficacité des moyens de prévention mis en place. Par des vérifications initiales lors des mises en service et à l'issue de toute modification importante des sources ou des locaux, désormais confiées à des organismes accrédités, dont l'IRSN. Et par des vérifications périodiques, réalisées par le conseiller en radioprotection et selon un rythme défini par l'employeur en fonction des enjeux. ■ D. L.

1. Pour toute précision relative aux VLEP et aux dispositions réglementaires applicables aux rayonnements ionisants, se reporter à l'aide-mémoire juridique TJ 26 de l'INRS.

ZOOM



INRS ET IRSN : UN PARTENARIAT FRUCTUEUX POUR LA PRÉVENTION

Depuis 2008, un accord cadre de collaboration lie l'INRS et l'IRSN, avec un protocole bisannuel qui détaille les actions menées conjointement. Pour la période 2020-2021, la première activité consistait en l'élaboration de fiches techniques de radioprotection en milieu médical et de recherche : ces fiches sont réalisées par des experts de l'INRS et de l'IRSN et publiées dans la revue *Références en Santé au Travail*. Des fiches techniques spécifiques aux radionucléides en sources non scellées et à leur utilisation sont également rédigées conjointement. Autre mission d'importance : mener une action coordonnée sur le radon afin d'informer les acteurs concernés de la nouvelle réglementation et d'aider les entreprises à prévenir le risque radon. Cette action devrait aboutir en 2022 à la mise en ligne d'une calculatrice INRS/IRSN afin que les entreprises puissent, après relevés, estimer l'exposition de leurs salariés. Partage d'informations, échanges scientifiques et techniques sur différents sujets (métrologie, nanoparticules, particules ultrafines...) ainsi qu'un encadrement commun de thèses sont autant d'actions continues qui assurent également, au quotidien, le lien entre les deux instituts.

En savoir plus



■ PRÉVENTION DES RISQUES liés à l'exposition aux rayonnements ionisants. Aide-mémoire juridique, TJ 26, INRS.

■ DOSSIER web « Rayonnements ionisants ».

À consulter sur www.inrs.fr

Des agents de sûreté... en sécurité

Qu'ils soient envoyés en soute ou qu'ils accompagnent leurs propriétaires en cabine, les bagages des voyageurs qui prennent l'avion passent par des tunnels à rayons X pour vérifier leur contenu. Afin de garantir des expositions minimales aux salariés en charge de ces inspections, le laboratoire de Groupe ADP organise la radioprotection autour de ces appareils.

DEPUIS SA CRÉATION en 1945, Groupe ADP – anciennement Aéroports de Paris – possède son propre laboratoire de mesures. À l'origine, celui-ci s'intéressait uniquement aux problématiques de géotechnique, de suivi des infrastructures ainsi que de vieillissement et dégradation des bâtiments et ouvrages d'art. Avec le temps, pour répondre au développement de l'activité aéroportuaire et s'adapter aux évolutions réglementaires, d'autres compétences sont venues enrichir son savoir-faire technique. Aujourd'hui, le pôle environnement du laboratoire de Groupe ADP surveille la qualité de l'air et de l'eau autour des aéroports ainsi que les niveaux de bruit sur les lignes de trafic aérien.

Quant aux analyses des flux routiers et piétons, à la cartographie des niveaux de rayonnements électromagnétiques, aux mesures d'adhérence des pistes et aux tests sur les formiates et glycols – substances répandues sur les pistes et les avions en hiver pour assurer la sécurité des vols –, ils sont le pré-

carré du pôle exploitation. Ce dernier accueille en outre une équipe en charge de la radioprotection depuis 2005, année de publication d'un arrêté fixant les règles de sécurité des tunnels à rayons X utilisés pour le contrôle des bagages des passagers, qui ont été plus de 100 millions à transiter par les aéroports parisiens en 2019.

« Ces appareils, généralisés à la suite des attentats du 11 septembre 2001, sont conçus pour ne pas exposer les salariés au-delà d'1 mSv par an, soit la limite à respecter pour la population générale, explique Luc Capobianco, responsable de la section aéronautique et sûreté du laboratoire qui possède aussi la casquette de PCR (personne compétente en radioprotection). Nous devons cependant nous assurer qu'aucun dysfonctionnement des machines ne vienne remettre cela en question. »

Pour vérifier les doses de rayonnements, les deux – et bientôt trois – PCR, ainsi que les huit techniciens formés et habilités pour travailler



sur des appareils munis de générateurs de rayons X, effectuent mensuellement des mesures avec des radiamètres à l'entrée et à la sortie des tunnels ainsi qu'aux différents endroits où les salariés sont susceptibles de se tenir à proximité directe de ces équipements. Et tous les six mois, des relevés sont réalisés tout autour des appareils afin de s'assurer de leur intégrité. Chaque machine est ainsi contrôlée en interne à minima quatorze fois par an, un contrôle annuel par un organisme extérieur venant compléter ce dispositif¹.

Un protocole de mesures rigoureux

« Avec plusieurs centaines d'équipements dotés de générateurs à rayons X, soit à peu près autant que les Hôpitaux de Paris, nous sommes sur le podium français des détenteurs de ce type de matériel, souligne Michaël Rosa, lui aussi PCR au laboratoire. Afin de garantir des mesures qui puissent être comparées entre elles, notre protocole

SUPPRIMER PLUTÔT QUE PROTÉGER

Pour détecter d'éventuelles traces d'explosifs, les agents de sûreté effectuent des prélèvements avec une lingette. Auparavant, pour révéler la présence de substances dangereuses, ce textile était introduit dans des machines de sécurité qui fonctionnaient avec des sources radioactives. Depuis 2017, elles ont été remplacées par une nouvelle génération d'équipements qui sont totalement dépourvus de radioactivité. « Sur ce point précis, grâce à sa veille technologique, Groupe ADP s'est donné les moyens

de se passer de protection collective et individuelle, souligne Serge Lassus, contrôleur de sécurité à la Cramif. En effet, comme le premier des neuf principes généraux de prévention les y enjoint, ils se sont interrogés sur la possibilité de supprimer le risque et y sont parvenus. »



© Fabrice Dierrier pour l'INRS, 2021

☒ Chaque machine est contrôlée a minima quatorze fois par an, un contrôle annuel par un organisme extérieur venant compléter ce dispositif.

demande à ce qu'elles soient réalisées à 10 cm de l'appareil. Nous fixons donc sur nos radiamètres un dispositif qui nous permet de respecter facilement cette distance. » Les techniciens répertorient les niveaux de radiation, mais aussi les

intégré à Groupe ADP, il nous permet de faire des contrôles internes. Nous possédons une accréditation Cofrac qui démontre la rigueur de notre démarche scientifique », assure Luc Capobianco. D'ailleurs, en 2016, une étude dosimétrique a confirmé la qualité des mesures. Des volontaires parmi les salariés des postes de contrôle des bagages ont porté six mois durant des dosimètres à lecture différée. Les résultats montrent que les expositions ne dépassent pas la limite réglementaire pour le public, ce qui valide non seulement le travail du laboratoire mais corrobore également les informations fournies par les fabricants des tunnels. « Cela a aussi rassuré les salariés. Certains d'entre eux s'interrogeaient sur le fait que nos techniciens portent des dosimètres et pas eux », se remémore Michaël Rosa. Au-delà des vérifications mensuelles et semestrielles, qui sont aussi l'occasion de repérer les

LES RAYONNEMENTS IONISANTS

de visualiser en 3D les objets à l'intérieur des valises dirigées vers les soutes des avions, ne nécessitent généralement pas la présence d'opérateurs à proximité, indique Alexandre Deheegher. Ceux-ci mènent leurs inspections depuis des salles éloignées et équipées d'écrans. »

Améliorer le matériel

Mais d'autres salariés peuvent néanmoins avoir à s'approcher de ces sources de rayons X. Lorsqu'un doute subsiste sur le contenu d'un bagage, même après que celui-ci est passé dans un second tunnel, l'équipe cynophile intervient, notamment. Pour éviter les expositions aux rayonnements ionisants, des plexiglas ont été installés à la sortie des tunnels afin d'éviter que les lamelles plombées ne se bloquent sur les côtés des convoyeurs, comme c'était auparavant le cas. De plus, une campagne de rallongement des tunnels a été menée sur certains types d'appareils, afin de réduire au maximum l'exposition des salariés, et une autre est actuellement en cours.

Des améliorations matérielles qui font l'objet d'échanges avec les fabricants de machines par le biais de leurs propres PCR. En 2014, un travail a été mené avec certains d'entre eux, dont les modèles présentaient une durée de tir inutilement longue. « Le générateur de rayons X restait allumé quatre ou cinq secondes après le passage d'un bagage. Depuis, il s'arrête immédiatement, ce qui diminue d'autant le risque d'exposition des salariés », conclut Luc Capobianco. ■ D. L.

1. Les modalités de mise en œuvre des vérifications réglementaires évolueront définitivement à partir du 1^{er} janvier 2022.

« Avec plusieurs centaines d'équipements dotés de générateurs à rayons X, nous sommes sur le podium français des détenteurs de ce type de matériel. »

références des détecteurs utilisés, dans un logiciel de saisie dédié. « Si l'un des opérateurs rencontre un problème technique, cela permet de remonter aux contrôles auxquels le matériel a servi précédemment afin d'en vérifier les résultats avec un autre radiamètre », se félicite Alexandre Deheegher, technicien de mesures qui sera bientôt PCR lui aussi. « Notre laboratoire est

opérations de maintenance à réaliser (le changement d'un voyant lumineux, le remplacement de lamelles plombées à l'entrée et à la sortie des tunnels, le réaffichage de consignes de sécurité manquantes...), d'autres actions de prévention ont été mises en place. « À la différence des appareillages pour les bagages cabine, les tomographe, qui permettent

UN FORUM POUR LES PCR

Si Groupe ADP possède de nombreux tunnels à rayons X dont l'intégrité et le bon fonctionnement sont sous sa responsabilité, leur utilisation pour inspecter les bagages revient à des salariés d'entreprises spécialisées dans ce domaine. Celles-ci ont donc leurs propres personnes compétentes en radioprotection (PCR), avec qui le laboratoire de Groupe ADP travaille en bonne intelligence. Les entreprises de sûreté ne sont pas les seuls acteurs des zones aéroportuaires à devoir se préoccuper de radioprotection.

« Depuis 2010, nous organisons tous les ans un forum qui réunit les PCR de nos partenaires : compagnies aériennes – le personnel navigant doit être suivi puisque exposé aux rayonnements cosmiques lors des vols –, douanes, entreprises de fret, fabricants et chargés de maintenance de machines à rayons X... L'ASN et la Cramif sont également conviées à ces rassemblements, enrichissant les échanges de leurs expertises », raconte Luc Capobianco, responsable section aéronautique et sûreté du laboratoire de Groupe ADP.

À quelques encablures de Lyon, le site rhônalpin du groupe Institut de Soudure propose aux industriels le contrôle qualité des pièces de leurs installations. Des générateurs de rayons X et des sources de rayons gammas, qui permettent l'exploration des soudures, sont utilisés par les radiologues aussi bien dans les locaux de l'institut que chez les clients.

Savoir radiographier sans risque à domicile comme à l'extérieur

EN 1905 à Paris, un regroupement d'industriels crée une association de prospection sur les applications du gaz acétylène. Plus de 100 ans plus tard, métamorphosé en un groupe possédant 28 sites en France et 5 implantations à l'international, l'Institut de Soudure (IS) poursuit ses activités de recherche et développement notamment sur les techniques innovantes de soudage ou la fabrication additive. En parallèle, l'entreprise continue son activité historique de formation des professionnels de la soudure qui sont près de 10 000 par an à bénéficier de ses enseignements.

En outre, l'IS propose aux industries du nucléaire, de la chimie, de l'aéronautique, etc. de contrôler les soudures de leurs lignes de production. En effet, ces raccords entre deux pièces de métal sont aux installations industrielles ce que les coutures sont aux vêtements : leur talon d'Achille. Une soudure défectueuse sur des tuyaux sous pression ou sur un mécanisme soumis à de fortes contraintes risque de céder et de provoquer défaillances et accidents. « Les contrôles des-

Le générateur portable de rayons X est mis en route depuis le poste de commande à l'extérieur du blockhaus, évitant ainsi tout risque d'exposition.

tructifs, qui visent à valider le choix d'une technique de soudure ou d'un matériau, consistent à infliger aux pièces des séances de torture pour tester leur résistance, explique Mickaël Bourille, responsable du site de Corbas, à côté de Lyon. Les contrôles non destructifs per-

mettent, quant à eux, de repérer les éventuels défauts des soudures. »

La radiographie, l'une des techniques mises en œuvre pour détecter les imperfections qui se cachent plus ou moins profondément dans la matière, implique des générateurs de rayons X ou des sources de rayonnements gamma. Des appareillages qu'il est plus aisé d'utiliser en toute sécurité lorsque les clients apportent leurs pièces à contrôler dans les locaux de l'institut. Car ceux-ci renferment deux blockhaus pour réaliser des radiographies sans exposition des salariés. Leurs murs épais de 1,35 m atténuent fortement les rayonnements ionisants et les tirs ne peuvent être déclenchés, depuis des postes de commande situés à l'extérieur des colossales boîtes de béton et de plomb, que si les lourdes portes sont hermétiquement closes.

Si jamais l'opérateur, qui installe la pièce à radiographier et positionne le film qui sera impressionné par les rayonnements, s'y retrouverait enfermé accidentellement, trois boutons d'arrêt d'urgence sont



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2021

CHARTRE

« En 2012, nous avons signé une charte à l'initiative de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), décrit Christophe Bergeron, PCR du groupe Institut de Soudure. Il s'agit d'un engagement moral des entreprises qui manipulent des sources radioactives et de leurs clients à respecter de bonnes pratiques de radioprotection et à collaborer activement. Par exemple, les entreprises utilisatrices s'engagent à prévenir les radiologues assez en amont d'un chantier afin de préparer ensemble l'intervention. »

« Les Carsat Auvergne et Rhône-Alpes sont également partie prenante dans cette charte, ce qui a permis de conférer une vision plus globale de la prévention des risques. Si l'ASN et les radiologues industriels maîtrisent bien ceux liés aux rayonnements ionisants, nous avons pu insister sur le travail en hauteur, les horaires décalés ou le risque routier pour qu'ils soient pris en compte dans les plans de prévention », souligne Alexandre Sanmarti, contrôleur de sécurité à la Carsat Auvergne.



© Guillaume J. Plisson pour l'INRS/2021

Un radiologue arme son gammagraphe à proximité d'une balise sentinelle 360, qui émet son et lumière pour prévenir qu'une radiographie est en cours.

répartis dans les blockhaus et un quatrième permet l'ouverture du battant. « *Sous l'angle de la radioprotection, les accès sont le point faible de ce type d'installations, estime Anne-Gaëlle Croci, correspondante QHSE (qualité, hygiène, sécurité, environnement) du site de Corbas. Des dosimètres sont installés au niveau de chacune des issues pour s'assurer que le niveau d'exposition à ces endroits ne dépasse pas 1 mSv par an, qui est la valeur limite d'exposition du public.* »

Des sources radioactives indispensables

L'affaire se complique lorsque les radiographies sont réalisées directement sur les installations industrielles, comme c'est le cas pour environ 20 000 des 35 000 tirs annuels réalisés par l'équipe du centre de Corbas. Première difficulté, les appareillages doivent être acheminés jusque chez le client. Si un générateur électrique de rayons X, qui n'émet qu'une fois mis en marche, n'implique pas de précaution particulière pour être transporté, il n'en est pas de même pour un gammagraphe qui contient une source radioactive dont les rayonnements sont continus. Bien que cette dernière soit enfermée dans une capsule métallique hautement résistante, elle-même enchâssée dans

un massif de protection d'uranium appauvri et que le tout soit contenu dans la coquille d'acier qui forme l'enveloppe extérieure du dispositif, il est nécessaire de respecter des règles de sécurité. Le gammagraphe est transporté dans une épaisse boîte en aluminium reproduisant son empreinte moulée afin qu'il soit parfaitement calé. En outre, ce coffret scellé par des vis est arrimé dans le véhicule avec des sangles et le salarié en charge du transport doit posséder la formation et les autorisations adéquates. « *Il est impossible de se passer des gammagraphes sur les chantiers car non seulement les générateurs électriques de rayons X ne permettent pas de réaliser tout type de radio, mais ils sont aussi plus lourds, plus encombrants et plus compliqués à mettre en œuvre* », regrette Christophe Bergeron, personne compétente en radioprotection (PCR) du groupe.

S'éloigner

Sur les chantiers ou en entreprise, pas de blockhaus aux épaisses parois pour arrêter les rayonnements ionisants. Ici, c'est la stratégie de l'éloignement qui prévaut pour limiter l'exposition des radiologues. En effet, le débit de dose étant inversement proportionnel au carré de la distance – ce qui signifie que s'éloigner de 10 mètres

de la source réduit l'exposition d'un facteur 100 –, les opérateurs s'éloignent pendant le temps de pause nécessaire à l'impression du film (qui varie de quelques secondes à plusieurs heures selon le type de soudure, son épaisseur et l'activité de la source).

« *Le moment où nous sommes les plus exposés aux radiations, c'est lorsque la source sort du gammagraphe pour remonter le long de la gaine d'éjection et terminer sa course dans le collimateur préalablement positionné à la bonne distance de la soudure, affirme Dominique Pierrefeu, chef de chantier. C'est pourquoi il faut toujours bien étudier son environnement en amont. Une machine ou un mur sont autant de points de repli d'où actionner la télécommande reliée au gammagraphe par un câble de 10 mètres de long.* » Pour atteindre le niveau d'exposition le plus bas possible, les radiologues interviennent toujours en binôme. Afin de répartir l'exposition, celui qui réintègre la source ne doit pas être le même que celui qui l'a éjectée.

Même si les radiographies sont la plupart du temps réalisées en horaires décalés, un balisage est toujours rigoureusement mis en place afin d'éviter que les personnes présentes sur les lieux où se déroule l'intervention puissent pénétrer dans la zone à risque. « *Concevoir des plans de prévention qui tiennent compte non seulement du risque radiologique mais aussi de ceux inhérents à l'activité de l'entreprise qui nous reçoit, comme ceux de chute ou d'exposition à des produits chimiques, est donc indispensable pour que nos salariés comme les siens soient en sécurité* », conclut Christophe Bergeron. ■ D. L.

DES INSTRUMENTS DE MESURE PRÉCIEUX

Pour réaliser ses radiographies, l'Institut de Soudure met en œuvre différents radioéléments. L'iridium 192, le plus utilisé, permet de contrôler des soudures jusqu'à 100 mm d'épaisseur. Le sélénium 75, moins énergétiquement, n'autorise pas la visualisation des défauts au-delà de 40 mm de profondeur. Quant au cobalt 60, s'il peut pénétrer la matière jusqu'à 200 mm, il est plus dangereux et donne des images moins précises. En plus des dosimètres opérationnels et à lecture différée, les radiologues se munissent d'un radiamètre qui mesure

le débit de dose en temps réel. « *C'est l'outil de prévention par excellence car il correspond à la vitesse d'un véhicule alors que les dosimètres équivalent plutôt à des compteurs kilométriques, illustre Christophe Bergeron, PCR du groupe. Tout comme il est primordial de savoir à combien on roule pour pouvoir ralentir, il est nécessaire de voir si les débits de dose sont anormalement élevés pour pouvoir se mettre à l'abri.* »

La chasse au radon est ouverte

À Saint-Yrieix-la-Perche, en Haute-Vienne, la clinique vétérinaire Arsonval, souhaitant mettre à profit son sous-sol, a découvert des concentrations en radon dangereuses pour la santé de ses salariés. Avec l'aide de sa personne compétente en radioprotection (PCR) externe et de la Carsat Centre-Ouest, l'entreprise a mis en œuvre des solutions de ventilation qui ont drastiquement diminué le niveau de gaz radioactif dans son bâtiment.

LES SEPT vétérinaires et cinq assistants de la clinique vétérinaire Arsonval remettent sur pattes aussi bien les animaux de compagnie (chats, chiens, lapins, cochons d'Inde...) que d'élevage (vaches, moutons, chevaux...). Les locaux de cette TPE, sortis de terre en 2012, se situent à une demi-heure de route de Limoges, à Saint-Yrieix-

📷 Une ventilation mécanique par insufflation a été nécessaire afin de créer une surpression et limiter ainsi l'entrée du radon dans les sous-sols.

la-Perche. Comme la très grande majorité des communes de Haute-Vienne, celle-ci est classée en zone 3 sur la carte radon¹ de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Cela signifie une probabilité élevée que ce gaz radioactif, libéré par les sols, se concentre dans les parties basses des constructions (caves, rez-de-

chaussée...), et ce à des niveaux représentant des risques pour la santé humaine.

Ne résultant pas d'activités professionnelles, ces expositions peuvent néanmoins se produire sur le lieu de travail. Ainsi, depuis le 1^{er} juillet 2018, la législation demande à toutes les entreprises de s'interroger sur le radon et, le cas échéant, de mettre en œuvre des actions pour protéger les travailleurs. « Puisque le radon ne se voit ni ne se sent, il est facile d'ignorer sa présence, souligne Pierre Laurent, contrôleur de sécurité au centre interrégional de mesures physiques de la Carsat Centre-Ouest. Si, par le biais de son activité de radiologie, la clinique vétérinaire Arsonval n'avait pas été familière des rayonnements ionisants, peut-être n'aurait-elle pas repéré le gaz qui s'accumulait dans ses sous-sols. »

À l'origine de la découverte, un projet d'aménagement des sous-sols pour stocker du matériel et des archives. « Isabelle Niort, que nous avons mandatée en 2017 en tant que PCR externe pour organiser la radioprotection relative à notre salle de radiologie, nous a conseillés de mener une cam-



© Gaëlle Kerbaol/INRS/2021

DU RADON AU POLONIUM

Le radon, exhalé naturellement par les sols, est présent en permanence et partout à la surface du globe. Il est responsable d'environ un tiers de l'exposition annuelle à la radioactivité de la population française. Principalement dégagé par les sous-sols granitiques et volcaniques ainsi que par certains matériaux de construction, le radon, inodore et incolore, est un des maillons de la chaîne de désintégration de l'uranium. Comme tous les éléments radioactifs, il se transforme, émettant des particules et des

rayonnements, en d'autres éléments qui se désintègrent à leur tour jusqu'à aboutir à un élément stable, le plomb 206. Ainsi, même si l'on parle du risque radon, ce sont plus directement ses descendants, les poloniums 218 et 214, qui sont en cause. En se déposant sur les poussières en suspension dans l'air, ils sont inhalés et se fixent dans les poumons. Lors de leur désintégration, les rayonnements émis peuvent casser l'ADN des cellules et entraîner, dans certains cas, l'apparition de cancers.

> RADIOLOGIE

Isabelle Niort, gérante d'Inolitech, est PCR externe de la clinique vétérinaire Arsonval. Elle a réalisé le rapport technique de conformité de l'installation. Celui-ci permet notamment de s'assurer que l'atténuation apportée par les parois du local est suffisante pour protéger les clients et les salariés passant dans le couloir attenant. « Pour faire des radios, le port d'équipements de protection individuel radio-atténuateurs (tabliers, gants plombés...) vient compléter les moyens de prévention collectifs mis en place.. Et d'autant plus quand la maîtrise d'un petit animal, comme un oiseau ou un hamster, impose d'avoir les mains au plus près du faisceau primaire de rayons X et le corps à proximité de la table, explique la spécialiste. Il y a également la possibilité d'utiliser des liens noués aux pattes des animaux pour garder les mains hors du faisceau, mais le mieux est encore de les endormir et de reculer pour déclencher le tir. Malheureusement, leur état ne permet pas toujours d'avoir recours à cette stratégie. »



© Gael Kerbaol/INRS/2021

pagne de mesure du radon avant de nous lancer », se remémore le D^r Nicolas Queney, un vétérinaire. Ainsi, des détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN), dispositifs intégrant un film sensible aux rayonnements ionisants, sont répartis en différents points du sous-sol et laissés en place pendant deux mois. « C'est la durée minimale à observer pour obtenir une moyenne représentative de la concentration en radon, car celle-ci varie dans le temps, explique Isabelle Niort. Il est également recommandé de procéder en automne ou en hiver, période de l'année pendant laquelle les ouvrants sont peu utilisés, ce qui évite de biaiser les résultats avec des courants d'air. »

Ventilation mécanique

Résultat, le gaz radioactif est présent à des concentrations dépassant

le niveau de référence de 300 becquerels/m³ (Bq/m³) en moyenne annuelle et, de ce fait, nécessite la mise en place d'actions. Dans un premier temps, la trappe d'accès au vide sanitaire, identifiée comme la source principale de la pollution, est fermée à l'aide d'une porte munie d'un joint périphérique. De plus, un tuyau relie le vide sanitaire à l'extérieur du bâtiment pour permettre au radon de s'échapper naturellement. Malheureusement, une seconde campagne de mesures, menée à partir d'octobre 2019, démontre l'insuffisante efficacité de cette installation passive. Les concentrations en radon mesurées, dans les espaces réaménagés, sont encore respectivement de 664, 828 et 884 Bq/m³ selon les zones. « J'ai donc recommandé une ventilation mécanique par insufflation (VMI), qui fait entrer de l'air depuis l'exté-

rieur dans les pièces du sous-sol, y instaure une légère surpression et limite ainsi l'entrée du radon », indique Isabelle Niort. En complément, le tuyau partant du vide sanitaire a été relié à la ventilation mécanique contrôlée (VMC) pré-existante pour expulser le radon à l'extérieur. « Il est important que le rejet ne se fasse pas trop près de l'aspiration de la VMI sous peine de réintroduire le gaz radioactif dans les locaux », précise Pierre Laurent, dont les mesures avant et après travaux valident cette fois l'efficacité des solutions retenues. La concentration en radon fluctue aujourd'hui entre 50 et 100 Bq/m³. « Cela a très bien fonctionné, estime-t-il. Mais il faut bien avoir en tête que chaque cas est particulier et que ce qui marche dans un bâtiment peut très bien ne pas être efficace pour un autre. » Pour s'adapter aux caractéristiques des constructions, il faut donc faire du sur-mesure en utilisant un ou plusieurs des trois leviers d'actions à disposition pour combattre le radon: travailler sur l'étanchéité de l'interface sol/construction, installer un circuit de ventilation adapté et évacuer le radon depuis les sols en creusant un puisard ou en le drainant.

« La Carsat a financé la VMI à 50 % et nous a fait un chèque de 500 euros pour l'achat d'un appareil de détection électronique du radon qui nous permettra de repérer toute défaillance du système. Mais au-delà de cette aide matérielle, c'est l'accompagnement de la Caisse, associé à celui de notre PCR, qui a été des plus précieux. Sans leurs conseils, il nous aurait été compliqué de faire les bons choix », conclut le D^r Nicolas Queney. ■ D. L.

1. À retrouver sur www.irsn.fr.

À ZONES DIFFÉRENTES, OBLIGATIONS DIFFÉRENTES

La carte de France réalisée et tenue à jour par l'IRSN classe les communes de l'Hexagone en trois catégories. En zone 3, mesurer la concentration du radon s'impose. En zone 2, la teneur en uranium du sol est faible mais les communes concernées sont recoupées par des failles géologiques ou sont situées à proximité d'ouvrages miniers souterrains. Ces particularités géologiques peuvent favoriser le transport du radon. Le mesurage y est donc recommandé. Enfin, en zone 1, malgré un risque faible, dans 2 % des cas, des dépassements

du niveau de référence sont toutefois possibles, selon la campagne nationale de mesure dans l'habitat réalisée par l'IRSN. « Si une commune en zone 1 est limitrophe d'une zone 3, par exemple, vu la nature peu onéreuse d'une campagne de mesures du radon (en automesurage) à l'aide de détecteurs solides de trace nucléaire (DSTN), je conseille aux entreprises qui y résident de faire cette vérification », plaide Pierre Laurent, contrôleur de sécurité au centre interrégional de mesures physiques de la Carsat Centre-Ouest.

Un risque en plus pour tous

Dans une centrale nucléaire, la maîtrise de la radioprotection vient s'ajouter à la maîtrise des risques classiques rencontrés dans toute industrie complexe. Le nombre important de prestataires intervenant lors des opérations de maintenance de grande ampleur nécessite également des formations préalables et une supervision de chaque instant.

BÂTIMENT COMBUSTIBLE, tranche 3 du Centre nucléaire de production d'électricité (CNPE) du Bugey, dans l'Ain. À proximité de la piscine de refroidissement du combustible usagé, encore en eau mais vidée de toute matière radioactive, un briefing d'équipe est en cours. Le responsable tient dans ses mains un carnet des pratiques de fiabilisation des interventions. Ce support sert à rappeler les pratiques à mettre en œuvre durant l'intervention à venir, les gestes à réaliser, les risques en présence, les précautions à prendre. Il s'agit d'une entreprise prestataire qui s'apprête à déposer des échafaudages qui ont servi à des opérations de maintenance. Nous sommes en période de visite décennale, avec l'arrêt de la tranche 5 de la centrale. Un tel arrêt est l'occasion de réaliser de nombreux travaux de maintenance, de sûreté et de modifications structurelles, dans des zones où en temps normal, personne ne pénètre. Sur la centrale du Bugey où travaillent au quotidien près de 2000 personnes (2/3 de salariés

EDF et 1/3 de prestataires permanents), de 600 à 2000 prestataires supplémentaires viennent renforcer les effectifs lors d'un arrêt pour maintenance. Ils effectuent leur métier, mais dans un environnement inhabituel, exposant à des risques peu communs. Tous suivent donc au préalable des formations et informations sur l'environnement nucléaire. Présence de ponts roulants, risque de chute de hauteur, environnement contaminant, tous les sujets sont réabordés une dernière fois avant l'intervention. Un des risques pour l'exploitant est le FME (*foreign material exclusion*), à savoir la chute d'objet dans la piscine. C'est pourquoi chaque opérateur est équipé d'une ceinture FME où tout outil est accroché. « *Les questions sont toujours les mêmes, les réponses sont fonction de l'environnement où on intervient* », explique un des échafaudiers. La piscine est recouverte d'un filet. « *Il y a des points d'arrêt imposés, pour prendre le temps d'analyser les risques avant toute intervention,*



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2021

Si la piscine, vidée de tout combustible, est recouverte d'un filet, sa présence impose un certain nombre de règles de sécurité spécifiques à un environnement contaminant.

remarque Marlène Bejzyk, chargée de surveillance et d'intervention en logistique nucléaire, qui supervise ces derniers rappels. *De tels échanges permettent de s'assurer que les connaissances sont bien intégrées. Les prestataires sont très investis.* » Après ces ultimes rappels, l'intervention débute.

Risque invisible

Avec 22% des travailleurs suivis dans le cadre de la surveillance



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2021

BÂTIMENT MAQUETTE

Chaque centrale nucléaire française est équipée d'un « bâtiment maquette », où sont aménagés des chantiers écoles et des espaces dédiés à l'acquisition de compétences. Formation électrique, au secourisme, à la manipulation de ponts roulants... Différents espaces permettent de s'entraîner aux gestes techniques « *pour bien faire du premier coup* ». Une salle de formation aux risques est ainsi aménagée. Un sas témoin permet par exemple d'apprendre quelles sont les conditions d'intervention, comment bien entrer et éviter une dissémination des nucléides. Au total, environ 20 000 jours de formation par an sont délivrés au personnel du CNPE.

des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants, l'industrie du nucléaire arrive en deuxième position après le secteur médical. « Nous sommes soumis à tous les risques classiques d'une industrie complexe, décrit Franck Dubois, chef de mission prévention des risques à la centrale du Bugey, auxquels s'ajoute la maîtrise de la radioprotection. » Le CNPE du Bugey recense en moyenne quatre accidents avec arrêt chaque année, et une dizaine d'accidents sans arrêt, soit un taux de fréquence de 0,8. Il s'agit principalement de chutes de plain-pied ou d'accidents liés à des manutentions manuelles.

Concernant la maîtrise du risque radiologique, « le principe est de ne pas exposer le personnel et, s'il y a contamination accidentelle, de réagir pour empêcher toute dispersion, en gardant la contamination au plus près de la source », explique Christophe Injalrac, technicien en prévention des risques à la cellule dosimétrie, qui gère et suit au quotidien la dosimétrie des intervenants sur le site. D'où, outre les dosimètres portés par chacun, de multiples portiques de contrôle pour identifier au plus tôt toute contamination accidentelle. « Sur une journée de 8 heures, le temps de travail effectif est de 4 heures, le reste étant consacré à s'équiper, se déséquiper, aux contrôles... », estime Franck Dubois.

Partout, des pictogrammes avec un code couleur – vert, jaune, orange, rouge – indiquent où l'on se situe par rapport à ce risque invisible. Pour chaque zone, des procédures d'accès sont définies. Autocontrôle, minute d'arrêt avant d'entrer dans un local, rien

📷 Pour intervenir dans une zone dont la contamination se situe autour de 600 Bq/cm³, en l'occurrence une zone dite « orange », le masque à cartouche convient. Au-dessus de 1000 Bq/cm³, on passe à un masque à ventilation assistée.



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2021

ne doit être fait dans la précipitation. Le service de radioprotectons conséquent, le service de santé au travail du site est aussi impliqué dans la surveillance régulière des expositions et dans la prise en charge des personnes en cas de suspicion de contamination. « Il faut absolument éviter qu'une contamination externe se transforme en contamination interne, par ingestion ou inhalation », résume le D^r Nicolas Guéry. D'où la présence d'équipements inhabituels dans un service de santé au travail, tels deux bacs à shampooing – ou capiluves – ou un anthropogammamètre, qui détecte tous les rayons gamma issus du corps humain. « Le plus souvent, il suffit de savoir utiliser un gant de toilette pour régler le problème », sourit Christophe Pertegas, infirmier.

Retour d'expérience

Beaucoup de règles de sécurité découlent de retours d'expérience et d'enseignements tirés des pratiques. Pour l'illustrer, nous voici au bâtiment des auxiliaires

nucléaires, tranche 0, accès 309. Florian Simard, chargé d'affaires prévention des risques, doit accéder au couloir des filtres et déminéraliseurs de la tranche 0. Il s'agit d'une intervention programmée. « Je vais contrôler la condamnation en position fermée de l'accès à une zone rouge », la plus exposante, explique-t-il. Cette disposition découle d'un accident d'irradiation survenu en 1999 sur un autre site. Pour ce faire, il s'équipe d'une surcombinaison, de surchaussures, de surgants et d'un masque à cartouche. « On se situe autour de 600 Bq/cm³, donc le masque à cartouche convient, précise-t-il. Au-dessus de 1000 Bq/cm³, on passe à un masque à ventilation assistée. » Il se réfère à une « fiche référentiel zone rouge » indiquant l'équipement nécessaire pour réaliser les opérations, avant d'intervenir. Au retour, après déshabillage, il vérifie avec un appareil de mesure que la surface de ses vêtements et les parties non couvertes de son corps ne comportent pas de trace de contamination. ■ C. R.

SERVICE DE SÉCURITÉ EN RADIOPROTECTION

Une soixantaine de personnes sont dédiées à la radioprotection sur le CNPE du Bugey. Le service de sécurité en radioprotection compte une vingtaine de techniciens. Cette équipe supervise notamment les interventions des prestataires. Un pôle affaires est en charge de la gestion des projets suivant les arrêts de tranches : coordination entre les différents métiers opérationnels et la prévention des risques professionnels. Le pôle ingénierie méthodes décline les référentiels répondant à l'application de la

réglementation. Enfin, un état-major supervise l'ensemble. Lorsqu'un événement indésirable survient sur un site, il fait l'objet d'une analyse en interne. Une communication est adressée au personnel dans le cadre de commissions sécurité (il s'en tient dix par an), et au réseau des QSE (qualité, sécurité, environnement) des entreprises prestataires intervenant sur le site. L'information alimente également une base de données partagée par les responsables des différents sites du parc nucléaire français.

L'installation nucléaire de base n°49 du centre CEA Paris-Saclay, dans l'Essonne, a servi entre 1950 et 1996 à réaliser des travaux et recherches impliquant l'usage de matières radioactives. Aujourd'hui, les dix-sept espaces de travail – appelés cellules – sont en cours de démantèlement pour destruction ou réhabilitation. Une opération réalisée sous haute surveillance.

Un démantèlement sous haute surveillance

LE COMMISSARIAT à l'énergie atomique (CEA), fondé par Charles de Gaulle en 1945 afin de développer la recherche dans le domaine de l'énergie atomique, dispose de neuf centres en France dont cinq dédiés aux applications militaires. Parmi les quatre centres d'étude civils, celui de Saclay, dans l'Essonne, est le plus important avec pas moins de 7000 salariés et collaborateurs d'organismes associés. Sur 220 hectares, il abrite dix installations nucléaires de base (INB), dont Osiris, Isis et Orphée, trois réacteurs nucléaires de recherche aujourd'hui mis à l'arrêt, et des laboratoires, dont ceux de l'INB n°49 en cours de démantèlement: « *Un processus long et très réglementé* », indique Anne Terrasson, cheffe d'installation suppléante de l'INB. « *Les laboratoires haute activité de l'INB n°49 sont à l'arrêt depuis 1996, poursuit-elle, les opérations de démantèlement ont été autorisées par décret de 2008 à 2018, une demande de modification du décret est en cours pour continuer les travaux jusqu'à l'horizon 2035.* » Un chantier dont la durée

📷 Pour pénétrer dans certaines zones, l'opérateur doit revêtir une tenue protectrice complète et porter un masque à cartouche. Pour cela, il est aidé par l'une de ses collègues qui s'assure de l'étanchéité de l'ensemble.

s'explique non seulement par la contamination des éléments présents dans les enceintes à traiter, mais aussi par la taille de ces dernières: au total, l'INB n°49 est constituée de dix-sept cellules de plus de 300 m² chacune dans lesquelles de la matière radioactive a été manipulée pendant des années. « *Avant toute opération, un dossier de démantèlement doit être instruit et validé par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), précise Michel Guélin, chef du service de protection contre*

les rayonnements et de l'environnement (SPRE). *Celui-ci détaille de façon très précise les modalités de la déconstruction en matière de sûreté et de sécurité. Ces modalités varient en fonction des radionucléides présents dans les différentes cellules: césium, tritium... Heureusement, nous avons l'historique des activités menées dans chaque cellule, nous savons donc précisément ce qui s'y trouve. Mais un dossier peut prendre jusqu'à trois ans avant d'être validé.* »

Démanteler en toute sécurité

Les opérations de démantèlement de la cellule n°10, dans laquelle intervient une équipe de techniciens nucléaires de la société Orano, sont bien avancées: « *Il ne reste plus que des déchets de très faible activité et une enceinte blindée dont nous espérons reprendre l'assainissement en 2022* », explique Anne Terrasson. Si la zone de préparation des techniciens, à l'entrée de la cellule, est déjà nettoyée de tout risque radioactif, pour



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2021

UN ZONAGE EN FONCTION DE L'EXPOSITION RADIOLOGIQUE

Pour caractériser le risque d'exposition radiologique, des zones délimitées sont prévues par le Code du travail dès lors que celles-ci dépassent le seuil de 80 µSv/mois, limite pour l'exposition aux rayonnements ionisants pour le public:

- zone surveillée bleue: de 80 µSv/mois à 1,25 mSv/mois,
- zone contrôlée verte: de 1,25 mSv/mois à 4 mSv/mois,
- zone contrôlée jaune: de 4 mSv/mois à 2 mSv/heure,

- zone contrôlée orange: de 2 à 100 mSv/heure,
- zone contrôlée rouge: plus de 100 mSv/heure.

Plus le risque est important, plus les mesures de protection sont conséquentes: port du dosimètre, interdiction de boire ou manger, port de tenue de protection, contrôle individuel à la sortie de la zone...

pénétrer au sein de l'enceinte de démantèlement en zone jaune (exposition à moins de 2 mSv/h), l'opérateur doit revêtir une tenue protectrice complète et porter un masque à cartouche. Pour cela, il est aidé par l'une de ses collègues qui s'assure de l'étanchéité de l'ensemble. « *Compte tenu de la pénibilité, notamment en ce qui concerne la respiration, les interventions ne durent pas plus de deux heures* », remarque Michel Guélin.

Plusieurs cellules ont déjà été démantelées de cette façon. Elles sont ensuite réutilisées, à l'image de la n°12, transformée en cellule de conditionnement des déchets issus des opérations de démantèlement, ou de la cellule n°16 qui sert à l'entreposage de ces déchets, ou vont être déconstruites prochainement. Dans la cellule 16, Sarah Kieffer, technicienne SPRE, effectue un contrôle de routine à l'aide d'un détecteur de radiation. « *Une fois empaquetés dans les sacs prévus à cet effet, précise-t-elle, ces déchets de très faible activité sont en attente de collecte pour rejoindre le centre de stockage de l'Aube de l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra)*. » Mais à peine sa phrase terminée, son bipteur se met à sonner : « *Il y a une alerte dans une des cellules, un capteur signale une anomalie.* »

Une vigilance de tous les instants

Vérification effectuée, il s'agissait d'une fausse alerte : « *Chaque cellule est équipée d'une balise de contrôle – ou balise d'irradiation – qui s'active si un certain niveau de radiation est détecté. Mais ces équipements sont très*



© Fabrice Dimier pour l'INRS/2021

sensibles. Ici, l'alerte s'est déclenchée à cause des opérations menées par un technicien. » Si la majorité des alertes se révèlent fort heureusement fausses, la réaction de la technicienne donne une idée du niveau de sécurité sur le site. « *Même si aujourd'hui, une grande partie des installations ont été nettoyées, le risque est toujours réellement présent, souligne Anne Terrasson. Nous avons par exemple une cellule, en attente de démantèlement, qui a été utilisée pour fabriquer des sources. Celle-ci est en zone rouge, le risque radioactif lié au césium 137 est tellement important que les premières étapes du démantèlement vont se réaliser à l'aide d'un bras télécommandé.* »

Ainsi, si les balises d'irradiation fournissent des alertes en temps

Une fois démantelées, certaines cellules sont utilisées pour entreposer les déchets issus des opérations de démantèlement et des contrôles de routine des niveaux de radiation y sont réalisés.

réel, chaque porte de cellule comporte également un dosimètre RPL, un petit dosimètre contenant un une lame de verre dopé avec des atomes d'argent à effet mémoire, relevé et analysé tous les mois, pour assurer une surveillance dosimétrique d'ambiance. « *En plus de son dosicard qui doit être badgé à l'entrée et à la sortie pour recueillir son niveau d'exposition quotidien, chaque personne qui travaille ici porte également un badge équipé d'un dosimètre RPL relevé tous les mois ou tous les trois mois en fonction du poste occupé, précise Michel Guélin. Nous sommes ainsi pleinement en mesure d'assurer un suivi d'exposition très précis pour chaque personne et d'identifier qui est le plus exposé et comment, afin de prendre des mesures de protection supplémentaires si nécessaire.* »

Si la dosimétrie opérationnelle n'a pour le moment pas attesté d'un dépassement quotidien des 20 à 30 μSv chez un opérateur, seuil qui témoignerait d'une anomalie, des enquêtes ont pu être menées lorsque le dosimètre RPL dépassait les 2 mSv/mois. « *Pour la petite histoire, les enquêtes ont montré que ces dépassements étaient liés... à des voyages en avion, explique Michel Guélin avec un sourire. Il s'agissait en effet d'opérateurs en déplacement professionnel ayant laissé leur badge dans leurs bagages exposés à des radiations lors de leur contrôle par rayons X et au rayonnement cosmique pendant le vol. Il faut savoir, d'ailleurs, que les membres d'équipage des avions sont généralement plus exposés aux rayonnements que les employés du secteur nucléaire...* » ■ L. F.

VÉRIFIER ET ANALYSER POUR CONFIRMER LE DÉMANTÈLEMENT

Une fois les travaux de démantèlement terminés au sein d'une cellule, des analyses complémentaires doivent être réalisées pour s'assurer de sa non-contamination : « *Pour cela, nous délimitons les 300 m² de la pièce en carrés de 1 m² à l'aide d'une bombe de peinture, explique Sarah Kieffer, technicienne du service de protection contre les rayonnements et de l'environnement (SPRE). Sur chaque carré, nous effectuons un relevé de surface au contaminamètre à chaque coin et au centre.*

Puis, à la perceuse, aux mêmes endroits, nous prélevons de la poussière que nous envoyons pour analyse. C'est un travail titanesque, qui prend environ trois mois pour une cellule, mais c'est une obligation de l'ASN pour déclarer la zone décontaminée. »