

REPERES

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

EN PRATIQUE

Intercomparaison :
les laboratoires valident
leurs dispositifs de mesure

DOSSIER

Événements en radioprotection
**Analyser les erreurs
et améliorer les pratiques**



FAITS ET PERSPECTIVES

Combustible nucléaire utilisé :
entreposage à sec ou en piscine ?



Bilan de la surveillance de la radioactivité en Polynésie

La radioactivité dans l'environnement mesurée en Polynésie française se situe à des niveaux très bas. Le dernier rapport sur le suivi radiologique effectué sur sept îles informe sur la radioactivité de l'air, de l'eau, des sols et sur l'exposition des populations.

irsn.fr/polynesie-2016

Rapport sur le cycle du combustible en France

Le dossier « Impact cycle 2016 » d'EDF a été examiné par l'Institut. Les experts ont aussi étudié les différents scénarios de fonctionnement du parc de réacteurs, dont celui où la part du nucléaire est réduite à 50 % de la production

d'électricité à l'horizon 2025, conformément à la loi de transition énergétique pour la croissance verte (TECV).

irsn.fr/impact-cycle-2016



Découvrez l'installation Amande

La série « Grand format » sur irsn.fr – rubrique La Recherche – associe texte et images pour présenter les installations expérimentales de l'Institut. Découvrez par exemple Amande (Accélérateur pour la

métrologie et les applications neutroniques en dosimétrie externe), qui produit des champs neutroniques mono-énergétiques de référence. Ils sont utilisés en métrologie et pour des tests de détecteurs et de dosimètres neutrons.

irsn.fr/amande



Bilan de l'exposition des travailleurs

L'IRSN a réalisé le bilan des 384 198 travailleurs exposés aux rayonnements dans leur activité professionnelle en France. Cette étude montre une stabilité de l'exposition individuelle : hors radioactivité naturelle, la dose individuelle moyenne est de 0,72 mSv en 2017, contre 0,73 mSv en 2016.

irsn.fr/travailleurs-2017

Agenda

6 et 7 février 2019
Université de Nîmes (Gard)

Forum ResNuc

L'IRSN participera au 5^e forum organisé par les étudiants en master « Risques environnementaux et sûreté nucléaire » (ResNuc) à l'université de Nîmes. Cette année le thème est : la communication autour de l'accident nucléaire. L'Institut y présentera son exposition sur la radioactivité.

7 mars 2019
Caudry (Nord)

La radioactivité c'est quoi ?

Cette conférence vise à mieux connaître l'impact des rayonnements ionisants dans notre quotidien. L'Office municipal de la culture de Caudry accueillera l'exposition sur la radioactivité. Fabrice Ecrabet, expert IRSN, viendra répondre aux questions du public.

Du 25 au 27 mars 2019
Cherbourg (Manche)

Rencontres lycéennes de la radioprotection

Des lycéens de seconde et terminale et leurs professeurs, en provenance d'une dizaine de pays, présenteront leurs travaux liés à la radioactivité, à ses enjeux et aux moyens de s'en prémunir. Ces rencontres sont organisées chaque année par l'IRSN en lien avec d'autres acteurs de la radioprotection.

Plus d'information :
<http://www.lesateliersdelaradioprotection.com>

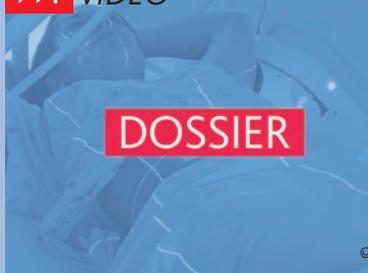
On line WEBMAG

www.irsn.fr/R40

VIDÉO



VIDÉO



Événements en radioprotection
Des clés pour comprendre et des recommandations pour prévenir les risques

ERRATUM

Une erreur s'est glissée dans le précédent numéro de *Repères*. Dans l'article « Les experts mobilisés sur les défauts des cuves », la légende de la photo en page 8 mentionne une « virole de cuve de réacteur ». Il s'agit en réalité d'une virole de générateur de vapeur.

Abonnement

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

Sommaire

En couverture : Au CH du Mans (Sarthe), Peggy Palanchon, physicienne médicale (premier plan), Nathalie Chartier, responsable du Comité de retour d'expérience, et Véronique Marié, cadre de santé, étudient un manuel d'utilisation du bouton « 1 de plus » du scanner.

P.4 TEMPS FORTS

Parc de scanners français
Les doses délivrées par acte diminuent

Mesure de la radioactivité
Des dispositifs mobiles sont testés à Fukushima



P.6 FAITS ET PERSPECTIVES

Combustible nucléaire utilisé
Entreposage à sec ou en piscine ?

P.9 ZOOM

Plongée dans la piscine du combustible usé

DOSSIER P.10

Dossier du prochain numéro :
La recherche au service de l'expertise

Événements en radioprotection
Analyser les erreurs et améliorer les pratiques

P.17 EN PRATIQUE

Intercomparaison
Les laboratoires valident leurs dispositifs de mesure



P.20 INTÉRÊT PUBLIC

Radioactivité et santé : les questions du public

P.22 REPORTAGE

Radon
Des professionnels au service de la prévention

REPÈRES – Éditeur : Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire – 31, avenue de la Division-Leclerc, 92260 Fontenay-aux-Roses – Tél. : 01 58 35 88 88 – Site Internet : www.irsln.fr – Courriel : reperes@irsln.fr – Directeur de la publication : Jean-Christophe Niel – Directrice de la rédaction : Marie-Pierre Bigot – Rédactrice en chef : Catherine Roulleau – Assistante de rédaction : Isabelle Cussinet – Ont collaboré à ce numéro : Stéphanie Clavelle, Aleth Delattre, Pascale Monti – Comité de lecture : François Bréchnignac, Louis-Michel Guillaume – Rédaction : **CITIZENPRESS** – Maquette et direction artistique : Vincent Dulau – Iconographie : Sophie Léonard – Photos de couverture : © Sophie Brändström/Signatures/Médiathèque IRSN, Laurent Zylberman/Graphix-Images/Médiathèque IRSN – Impression : Champagnac (15) – Imprimé sur Cyclus Print – ISSN : 2103-3811 et 2491-8776 (Web) – Janvier 2019.



© Anne Crété/Médiathèque IRSN

L'importance de déclarer les incidents

Imagerie médicale et radiothérapie sont des techniques essentielles en médecine, pour lesquelles les professionnels bénéficient d'une importante formation. Néanmoins, comme dans toute activité humaine, des incidents peuvent survenir, avec des conséquences réelles ou potentielles pour les patients. Dans ces cas-là, les professionnels analysent ce qui s'est passé afin que, localement, cela ne se reproduise pas. Mais, pour que leur expérience bénéficie à l'ensemble des services, il faut que l'information soit diffusée et que des mesures soient éventuellement prises au niveau national envers les équipes médicales, les industriels... C'est tout l'intérêt qu'ont les professionnels à déclarer ces événements aux autorités. Le dossier de ce numéro de *Repères* présente comment les experts de l'Institut contribuent à leur analyse afin d'améliorer la sûreté des examens et des traitements.

Cécile Etard

Experte en radioprotection médicale

IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Conformément au Règlement (UE) Général de Protection des Données (RGPD), toutes les données personnelles collectées directement ou indirectement dans le cadre du magazine Repères sont traitées aux fins de mise à disposition du magazine. Les utilisateurs sont informés qu'ils disposent d'un droit de modification, de suppression et d'effacement des informations le concernant. Ces droits peuvent être exercés en adressant une demande écrite auprès de l'IRSN Direction de la communication, Magazine Repères, BP 92 262 Fontenay-aux-Roses.

Transparence

Un dispositif d'alerte est lancé

Progresser en matière de transparence dans le cadre des relations entre acteurs et décideurs publics pour lutter contre la corruption ou en protégeant les lanceurs d'alerte sont des objectifs de la loi Sapin II. Pour répondre aux exigences de ce nouveau texte, l'IRSN a notamment mis en place un dispositif de protection des lanceurs d'alerte. Les salariés ou les collaborateurs extérieurs (intérimaires) ayant eu connaissance d'un fait illicite survenu ou pratiqué à l'Institut peuvent en faire état de manière anonymisée et sans risquer de sanction hiérarchique. Cette alerte peut être donnée via une adresse mail dédiée¹ sécurisée. Elle est ensuite étudiée par un comité. Il donne une réponse concernant la recevabilité sous 15 jours et met en place les conditions de respect de l'anonymat du lanceur d'alerte. Ce comité analyse la situation et engage les actions nécessaires pour la traiter directement ou par l'intervention de tiers.

1. alerteprofessionnelle@irsn.fr

WWW Pour en savoir plus : www.irsn.fr/alerte-professionnelle

EN CHIFFRES

44 %

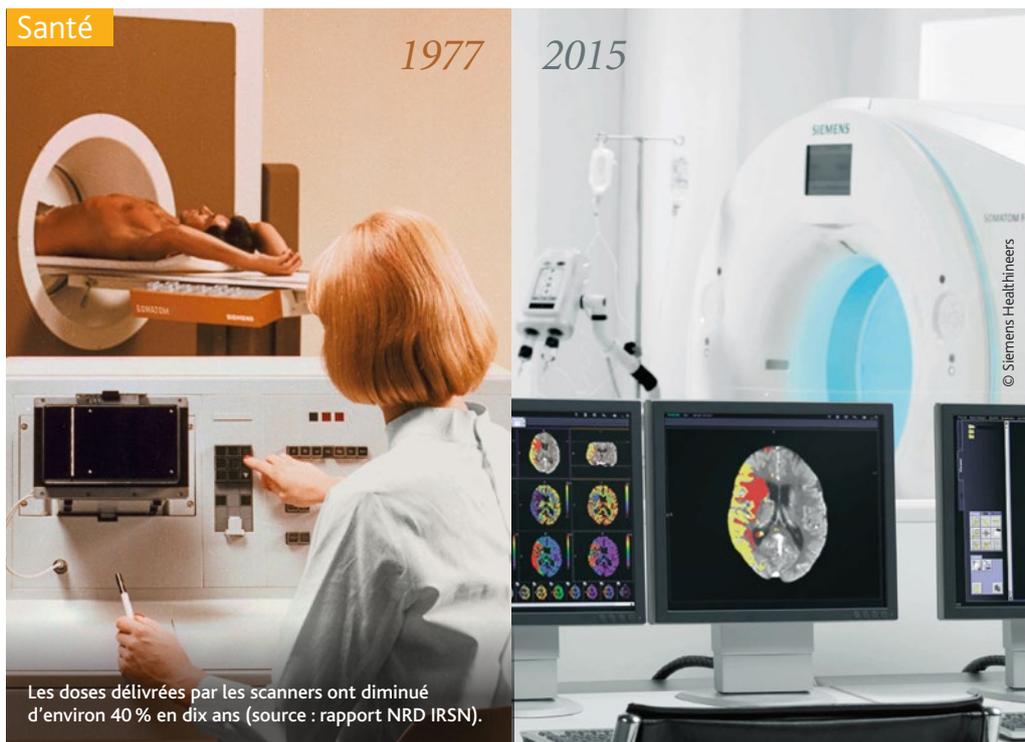
de la population française a bénéficié d'un acte diagnostique utilisant des rayonnements ionisants en 2012.

Cela représente 81,8 millions d'actes, en hausse de 6 % par rapport à 2007.

71,3 %

de la dose totale délivrée en 2012 provient des examens par scanner, contre 58 % en 2007. Ces chiffres sont issus du rapport ExPRI sur l'exposition aux rayonnements liée aux actes de diagnostic.

Pour lire le rapport : www.irsn.fr



Parc de scanners français

Les doses délivrées par acte diminuent

Il y a environ 1175 scanners en France, et ce chiffre augmente de près de 2 % chaque année. C'est ce qui ressort d'une étude menée par l'IRSN¹.

L'âge moyen du parc est évalué à 3,6 ans, ce qui en fait le plus récent d'Europe. Toutefois, 4,5 % des appareils ont plus de 10 ans, dont certains plus de 14 ans. Ceux installés en 2015 délivrent une dose 20 à 30 % plus basse que ceux mis en service avant 2009.

Il existe une nette différence entre les secteurs privé et public. Ce dernier rassemble 83 % des équipements de plus de 10 ans. « Les patients hospitalisés, qui présentent les pathologies les plus graves, seraient souvent pris en charge sur des scanners ne disposant pas des dernières avancées technologiques », explique Julie Sage, physicienne médicale à l'Institut.

Sur la base de cette analyse, l'Institut a formulé des recommandations. L'âge moyen des scanners au moment de leur renouvellement, inférieur à 7 ans, est en phase avec le cycle des évolutions techniques. Les experts n'ont pas identifié de raisons de modifier le délai de 7 ans au-delà duquel les forfaits techniques de l'Assurance maladie – pour l'amortissement et le fonctionnement de

l'appareil – sont réduits. Ils recommandent de veiller à un renouvellement homogène entre le privé et le public, avec une priorité pour les scanners de plus de 10 ans et de plus de 7 ans en pédiatrie. À défaut, ils préconisent de les mettre à niveau si des évolutions bénéfiques en matière de dose et de qualité de l'image sont possibles.

Ce travail a été réalisé sur demande de la Direction générale de la santé (DGS) et de la Direction de la sécurité sociale (DSS). Les experts ont d'abord extrait de la base Sigis² les données des scanners autorisés par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). « Cela montre l'intérêt d'exploiter cette base », commente Sylvie Berger, chargée d'affaires à l'Institut.

Ces données ont ensuite été associées à celles de la base NRD³ et aux auditions des professionnels concernés.

1. Chiffres à mi-septembre 2017.

2. Système informatique de gestion de l'inventaire des sources radioactives : base de données partagée entre l'IRSN et l'ASN.

3. Niveaux de référence diagnostiques.

WWW Pour en savoir plus : www.irsn.fr/parc-scanner

Santé



L'alimentation fait partie des treize facteurs de risque de cancer analysés.

« Calculer la part des cancers attribuable aux rayonnements ionisants est nécessaire pour cibler la prévention. »

Cancers

L'impact des rayonnements ionisants est calculé

Les rayonnements ionisants représentent la 8^e cause connue de cancers en France. Selon des calculs théoriques, ils seraient à l'origine d'environ 2 % des 346 000 nouveaux cas chez l'adulte en 2015. 1,2 % des cancers seraient attribuables au radon, 0,7 % aux radiations provenant d'examen médicaux diagnostiques et moins de 0,01 % à l'exposition professionnelle.

Ces chiffres sont les résultats d'une évaluation lancée en 2015 par le Circ¹ pour calculer le poids respectif de treize facteurs de risque liés à l'environnement ou au mode de vie – tabac, alcool, alimentation... – sur la survenue des cancers. L'estimation de l'impact des rayonnements²

a été réalisée pour la première fois en France avec l'aide de l'IRSN.

Ces résultats sont utiles pour sensibiliser à la radioprotection. Ils confortent les actions menées pour réduire le risque radon dans les habitations. « Pour l'exposition médicale, la protection passe par l'optimisation des techniques et la justification des actes », conclut Énora Cléro, épidémiologiste à l'Institut.

1. Centre international de recherche sur le cancer, agence de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

2. Pour le public, cette estimation prend en compte le radon intérieur et l'irradiation médicale diagnostique, soit environ 2/3 de l'exposition totale de la population française aux rayonnements ionisants.

WWW Pour en savoir plus : <https://www.iarc.fr/>

Environnement



Un expert effectue une mesure devant une ferme d'aquaculture détruite par le tsunami en 2011 au Japon.

Mesure de la radioactivité

Des dispositifs mobiles sont testés à Fukushima

En cas d'accident nucléaire ou d'urgence radiologique, des équipes internationales se coordonnent pour porter assistance au pays concerné. Pour s'entraîner à une telle intervention, trois experts en surveillance de l'environnement de l'IRSN se sont rendus à moins de 1 km de la centrale accidentée de Fukushima au mois d'août dernier. « Nous avons testé nos équipements et nos procédures de mesure en situation réelle, dans un milieu contaminé », explique Erwan Manach. Des spectromètres mobiles – embarqués dans un véhicule ou portés en sac à dos – et des radiamètres ont été testés. Au total, trente-trois participants, de onze pays¹ étaient sur place pour effectuer des

prélèvements et des mesures de radioactivité. « Grâce à cet exercice, nous avons comparé nos résultats à ceux des autres participants. Nous avons vérifié la cohérence de nos systèmes de mesure », poursuit l'expert. Organisé par le réseau Ranet², de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), cet exercice est le dernier en date d'une longue série.

1. République de Corée, États-Unis, France, Israël, Japon, Nigeria, Norvège, Roumanie, Slovaquie, Suède, Turquie.

2. Response and Assistance Network : réseau international regroupant trente-trois pays du monde pouvant être sollicités pour venir en aide à un pays en état de crise.

WWW Pour en savoir plus : <https://www.iaea.org/>

Visites décennales

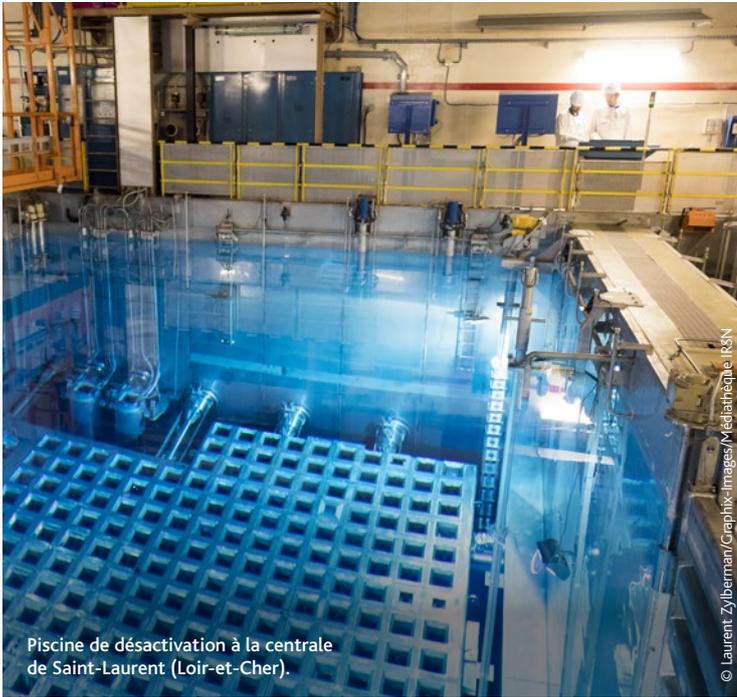
La société civile s'exprime

Débattre avec le public sur les dispositions proposées par EDF pour la sûreté des réacteurs de 900 MWe après quarante ans de fonctionnement, c'est l'objectif de la nouvelle concertation autour des 4^{es} visites décennales. La première phase se déroule jusqu'en 2019. « Une plateforme numérique d'information est mise à la disposition des citoyens afin qu'ils donnent leur avis et posent des questions au comité opérationnel de la concertation¹ », précise Frédéric Ménage, spécialiste de l'expertise de sûreté à l'IRSN. Parmi les dix thèmes abordés : les impacts environnementaux des centrales, l'usure des matériels ou l'entreposage des combustibles... Cet échange avec le public est utile pour les experts. « Il nourrit notre réflexion avec de nouveaux points de vue, par exemple sur les marges de sûreté ou le vieillissement des installations. Cela nous incite à réinterroger nos certitudes, et nous en tenons compte dans notre travail. » Cette concertation répond à une demande du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN). Des garants de la Commission nationale du débat public (CNDP) sont associés au processus.

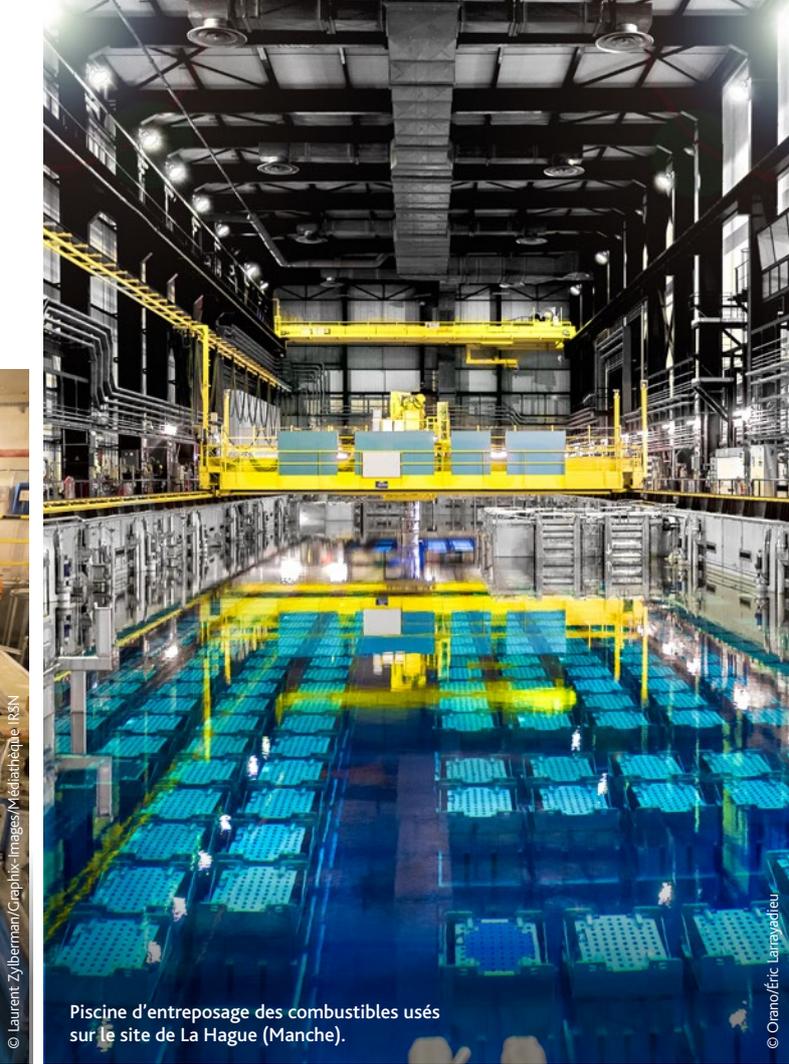
1. Il est constitué d'EDF, de l'ASN, de l'IRSN et de l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli).

WWW Pour en savoir plus : <https://concertation.suretenucleaire.fr/>

FAITS ET PERSPECTIVES



Piscine de désactivation à la centrale de Saint-Laurent (Loir-et-Cher).



Piscine d'entreposage des combustibles usés sur le site de La Hague (Manche).

Combustible nucléaire usé

Entreposage à sec ou en piscine : deux options passées au crible

Faut-il entreposer le combustible usé en piscine ou à sec ? La commission d'enquête parlementaire sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires a écouté le point de vue des experts sur les enjeux de ces deux solutions.

« Le législateur doit s'appuyer sur des expertises pour éclairer ses choix en matière de sûreté et de sécurité nucléaires », confie Paul Christophe, président de la commission parlementaire d'enquête. Dans son rapport remis le 5 juin 2018, l'Institut examine la sûreté des deux méthodes d'entreposage du combustible usé : en piscine et à sec. Il s'appuie sur les expériences de différents pays. Une quinzaine d'experts de l'IRSN ont été mobilisés pendant deux mois. « Le rapport ne recommande pas une solution plutôt qu'une autre. Il met en évidence la complémentarité des deux pratiques, qui répondent chacune à des besoins bien définis. Le choix de l'une ou de l'autre, après une phase initiale de refroidissement nécessairement en

piscine, dépend largement des choix nationaux en termes de gestion des combustibles usés et des besoins associés, notamment celui de les recycler ou non », précise Paul Christophe.

Veiller à la tenue mécanique des gaines

Lorsqu'il est déchargé des réacteurs, le combustible usé a une puissance thermique élevée qu'il est nécessaire d'abaisser en dessous d'environ 6 kW pour pouvoir le transporter et le soumettre à la filière de gestion retenue. Quelles que soient sa composition et sa destinée, le combustible usé passe toujours par une première phase d'entreposage en piscine de désactivation sur le site de production. Ensuite, les deux pratiques

d'entreposage – à sec et sous eau – sont observées de par le monde. Le choix dépend de la pratique de gestion du combustible. Lorsqu'il n'est pas recyclé, ce qui est le cas dans la majeure partie des pays, il est placé dans un entreposage à sec, à condition que sa puissance thermique soit descendue en dessous d'environ 2 kW. « Cette phase peut durer de trois à cinq ans pour les combustibles à base d'uranium enrichi [UNE] et à base d'uranium de retraitement réenrichi [URE], explique Frédéric Ménage, spécialiste de l'expertise de sûreté. Pour les combustibles à base d'uranium et de plutonium [MOX], cela peut prendre plusieurs dizaines d'années car leur puissance thermique est plus élevée et décroît plus lentement. »



Jean-Christophe Niel (DG de l'IRSN), Barbara Pompili et Paul Christophe (rapporteuse et président de la commission d'enquête) lors de la restitution du rapport de l'IRSN.

Dans les pays comme la France, la Russie et le Japon, qui recyclent le combustible usé, l'entreposage en piscine est mieux adapté. « La piscine refroidit davantage le combustible et surtout maintient à des valeurs basses la température des gaines qui confinent la matière radioactive, ce qui est favorable à la maîtrise du vieillissement », remarque Frédéric Ledroit, expert en sûreté des transports et des installations du cycle du combustible à l'IRSN. Igor Le Bars, expert en sûreté, ajoute que « l'entreposage en piscine offre la possibilité d'examiner directement les gaines et de s'assurer de leur tenue mécanique, nécessaire aux opérations ultérieures de traitement ».

Mieux refroidir le combustible

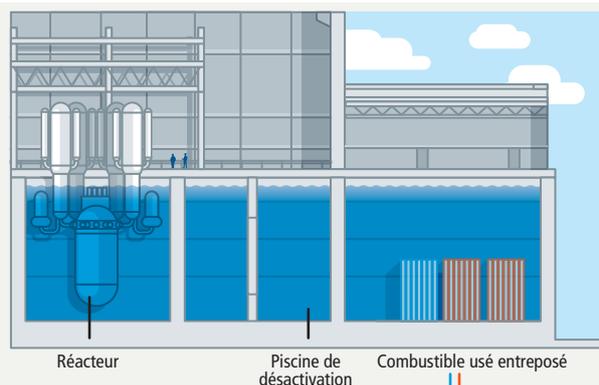
Le choix du type d'entreposage dépend aussi de la nature de l'assemblage combustible. « Pour la sûreté, le paramètre déterminant est la puissance thermique du combustible entreposé, explique Frédéric Ménage. L'entreposage à sec est plus simple à mettre en œuvre, mais il est réservé aux combustibles suffisamment refroidis. Ceux qui ont une forte puissance thermique, comme le MOX, doivent impérativement passer par un long séjour en piscine. » L'entreposage sous eau offre des capacités de refroidissement importantes qui maintiennent la gaine du combustible à basse température, entre 40 à 50 °C, contre 350 à 450 °C pour l'entreposage à sec. L'inertie thermique est grande en piscine et le combustible reste facile à surveiller en toutes circonstances, car il est accessible visuellement. Par ailleurs, l'eau protège efficacement les opérateurs contre les rayonnements gamma et neutroniques.

L'entreposage à sec fait, quant à lui, appel à des systèmes de refroidissement passifs, avec des contraintes d'exploitation limitées par rapport à l'entreposage en piscine. Les installations sont modulaires et construites en moins de cinq ans, contre une dizaine d'années pour les piscines. En cas d'accident, la puissance et le nombre de combustibles concernés sont réduits, minimisant

PROCESS

Quel entreposage pour quel combustible ?

La nature du combustible utilisé déchargé des réacteurs nucléaires influence sur le type d'entreposage. Zoom sur les principaux combustibles et les options d'entreposage choisies en France.



1

La piscine de désactivation

En sortie de réacteur, le combustible usé a une puissance thermique élevée. Il doit être entreposé un certain temps dans une piscine de désactivation sur le site de production. Lorsque la puissance thermique est descendue en dessous de 6kW, le combustible peut être transporté.

Combustible à base d'uranium naturel enrichi (UNE)

1 à 2 ans avant de pouvoir être transporté.

Combustible à base d'uranium de retraitement réenrichi (URE)

1 à 2 ans avant de pouvoir être transporté.

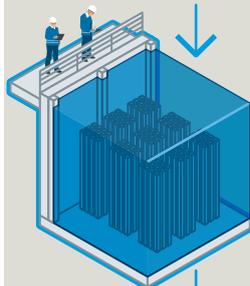
Combustible à base d'uranium et de plutonium (MOX)

2 à 3 ans avant de pouvoir être transporté.

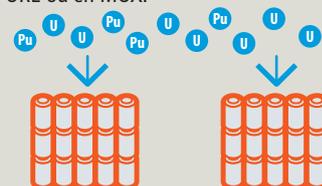
2

Combustible UNE

Une fois refroidi, le combustible UNE est entreposé sous eau, sur le site de l'usine de retraitement de La Hague.



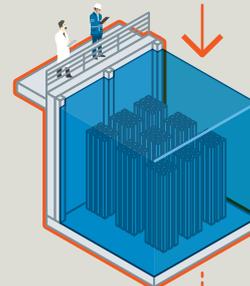
À l'usine, l'uranium et le plutonium contenus dans ces combustibles sont séparés pour pouvoir être recyclés en URE ou en MOX.



2

Combustible URE et MOX

Les combustibles URE et MOX refroidis sont transportés vers le site de La Hague où ils sont entreposés sous eau. Ils ne sont pas recyclés.



Une piscine centralisée est en projet pour entreposer les combustibles URE et MOX usés jusqu'à ce qu'une décision soit prise concernant leur devenir.

Ces deux types de combustibles pourraient être valorisés dans d'éventuels réacteurs de quatrième génération.



Après leur séjour en piscine, les combustibles sont cisailés avant d'être plongés dans une solution d'acide nitrique.

les conséquences pour l'homme et l'environnement. « En termes de sûreté comme de radioprotection, les deux dispositifs sont robustes et efficaces, souligne Frédéric Ménage, même si l'entreposage en piscine, qui concerne du combustible plus chaud, nécessite davantage de dispositions de sûreté que l'entreposage à sec, qui est plus passif. »

Prendre en compte les séismes

La France pratique l'entreposage en piscine pour les combustibles EDF. Ce choix est motivé par la décision de recycler les combustibles UNE. Ce traitement consiste à extraire le plutonium et l'uranium pour fabriquer de nouveaux assemblages – MOX et, le cas échéant, URE. Les combustibles usés sont d'abord entreposés en piscine sur site pour pouvoir être ensuite acheminés vers l'usine de La Hague (Manche) où ils sont retraités ou entreposés (voir infographie p. 7). « La stratégie française pour l'entreposage des combustibles usés n'a pas évolué, car elle est adaptée à la gestion actuelle des combustibles », remarque Frédéric Ledroit. « En revanche, avec le retour d'expérience de Fukushima, les référentiels de sûreté ont été révisés. » De nouvelles exigences et de nouveaux aléas sont pris en compte, comme des inondations et des séismes de plus haut niveau. Les dispositifs en place sont renforcés et le dimensionnement des installations futures optimisé, par exemple pour pouvoir réalimenter en eau les piscines en cas de fuite. ■

www Pour en savoir plus :
Le rapport remis à la commission
www.irsn.fr/entreposage-combustible
Le cycle du combustible
www.irsn.fr/cycle

Pourquoi la création de cette commission en 2018 ?

Outre l'actualité et la menace terroriste qui pèsent sur l'industrie nucléaire, 2018 est une année charnière dans le domaine de l'énergie. La PPE¹ qui sera publiée début 2019 orientera la politique énergétique française à l'horizon 2028. La commission a été créée pour que tous les aspects de sûreté et de sécurité nucléaires soient intégrés à la réflexion et pris en compte dans les choix stratégiques qui définiront notre future politique énergétique.

Comment la commission a-t-elle travaillé ?

Pour diversifier les points de vue, elle a mené 43 auditions² auprès de ministères, d'ONG et des principaux acteurs de l'industrie nucléaire. Une première dans l'histoire des commissions d'enquête, elle a saisi l'IRSN pour bénéficier de son expertise sur la gestion du combustible usé. Elle s'est également déplacée sur des sites de centrales et de gestion des déchets en France et à Fukushima, pour rencontrer les experts sur le terrain.

Quelles suites seront données à son rapport ?

Dans son rapport public, la commission a formulé 33 propositions, dont de nombreuses relèvent des services de l'État. Elle va donc assurer un suivi auprès des ministères concernés. En attendant, le rapport continue à circuler et à susciter des discussions. La commission travaille à la création de la délégation parlementaire au nucléaire. Les députés doivent avoir accès à un maximum d'informations, y compris celles classées secret-défense, pour prendre des décisions éclairées sur le sujet.

1. PPE : programmation pluriannuelle de l'énergie.

2. Les auditions ouvertes sont accessibles sur le site de l'Assemblée nationale.

3 questions à...

Barbara Pompili

Rapporteuse de la commission d'enquête parlementaire sur la sûreté et la sécurité des installations nucléaires



© B. Pompili



Entreposage à sec sur le site de la centrale de Doel en Belgique.

© Tom Swijns

AILLEURS

La Belgique pratique aussi l'entreposage à sec

Dès le début des années 1990, la Belgique a pris la décision de ne plus recycler le combustible nucléaire usé. « Cette décision a été confortée par une loi qui vise à sortir définitivement le pays de l'énergie nucléaire en 2025 », précise Dirk Asselberghs, directeur des installations nucléaires chez Bel V, organisme technique de sûreté belge, appui technique de l'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN). Aujourd'hui, le combustible usé est entreposé en piscine

sur le site de Tihange et à sec sur le site de Doel. « Les installations d'entreposage actuelles ne sont pas assez conséquentes pour pouvoir accueillir l'ensemble du combustible qui sera produit d'ici à 2025. » L'exploitant belge envisage de construire un nouveau bâtiment d'entreposage à sec sur chaque site. « La solution d'entreposage à sec a été retenue car, pour le même niveau de sûreté, elle est plus économique et rapide à mettre en œuvre que l'entreposage en piscine. »



© Francesco Acerbis/Médiatechique / IRSN

Plongée dans la piscine du combustible usé

Ces petites bulles d'air remontant dans l'eau le long des crayons combustibles n'ont rien d'anodin. Elles sont le signe qu'un incident est en cours au sein d'une piscine d'entreposage de combustibles usés d'une centrale nucléaire. Ici, il s'agit d'une simulation, menée dans une installation expérimentale.

La piscine est le lieu d'entreposage du combustible usé jusqu'à ce que sa puissance résiduelle qui dégage de la chaleur soit suffisamment faible pour permettre son évacuation.

S'il n'est pas refroidi correctement – rupture de la tuyauterie du circuit de refroidissement de la piscine, arrêt des pompes

comme à Fukushima –, il s'agit d'un accident de perte de refroidissement. L'augmentation de la température de la piscine peut conduire au découverture – ou dénoyage – et à l'échauffement des assemblages de combustible eux-mêmes.

Si aucune mesure n'est prise, il se produit un emballement de la réaction exothermique d'oxydation des gaines par la vapeur d'eau et par l'air. Les crayons se dégradent et les produits radioactifs qu'ils contiennent sont relâchés. Afin de décider quelles mesures prendre pour éviter le découverture, il est nécessaire de mieux comprendre

Christophe Marquié

Chercheur en thermohydraulique

le déroulement de ce type d'accident. Le programme de recherche Dénopi¹ mené par l'IRSN à Cadarache (Bouches-du-Rhône) vise à acquérir des données sur les phénomènes physiques mis en jeu lors de la perte de refroidissement. Les scientifiques analysent les différentes situations d'accident, du moins important – le volume d'eau baisse, mais sans dénoyer le combustible – au plus grave – le combustible est découvert et la gaine commence à se dégrader. ■

¹. Dénoyage accidentel de piscine d'entreposage.

www Pour en savoir plus :
www.irsn.fr/denopi



Peggy Palanchon, physicienne médicale (premier plan), Nathalie Chartier, responsable du Comité de retour d'expérience, et Véronique Marié, cadre de santé. Elles étudient un manuel d'utilisation du scanner au Centre hospitalier du Mans (Sarthe).

568

C'est le nombre d'événements significatifs en radioprotection déclarés en 2017. La moitié environ concerne des patients.

Événements en radioprotection

Analyser les erreurs et améliorer les pratiques

Erreurs, incidents, dysfonctionnements... tous ces événements significatifs en radioprotection (ESR) dans le domaine médical doivent aujourd'hui être déclarés pour éviter qu'ils ne se reproduisent et améliorer les pratiques. L'erreur est humaine, l'analyser est l'affaire notamment des experts et des professionnels, comme en témoigne par exemple l'ESR du Centre hospitalier du Mans (p. 14-15).

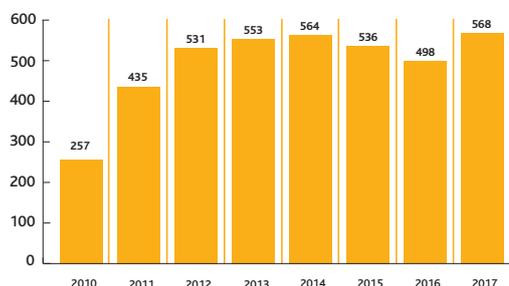
ESR. Ces trois lettres sont une préoccupation des services de radiothérapie, de médecine nucléaire et d'imagerie. Les événements significatifs en radioprotection correspondent à une exposition anormale aux rayonnements ionisants : surdosage, sous-dosage ou traitement administré au mauvais patient ou au mauvais organe. Ces ESR sont ponctuels – concernant un seul acte sur un seul patient – ou répétés – quand une erreur en amont impacte plusieurs patients ensuite. Certains peuvent aussi exposer les professionnels eux-mêmes, mais ils ne seront pas développés ici.

Les experts de l'IRSN sont souvent sollicités pour étudier, après coup, ces incidents. Qu'ils aient ou non des conséquences pour les patients, ils méritent d'être analysés pour comprendre les raisons de leur survenue et trouver la façon d'éviter qu'ils ne se reproduisent. Déclarés, ils participent au partage d'expérience au niveau régional et national.

Depuis 2007, tous les ESR doivent être signalés à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Dans les 48 heures, l'établissement remplit une déclaration via la plateforme¹, également accessible par le site de signalement des événements sanitaires indésirables du ministère chargé de la Santé². « Une première analyse des éléments fournis dans la déclaration est conduite par l'Autorité. En fonction de la gravité de l'événement, du fait de notre obligation de transparence, un avis d'incident est publié sur notre site Internet³ », explique Aurélie Isambert, chargée de mission à l'ASN. Pour les cas les plus complexes ou graves, une « inspection sur événement » est déclenchée. L'IRSN peut être saisi comme appui technique

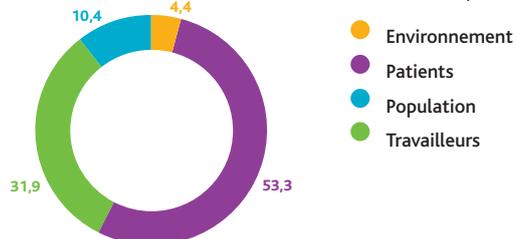
LES ESR EN CHIFFRES

NOMBRE D'ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS de 2010 à 2017

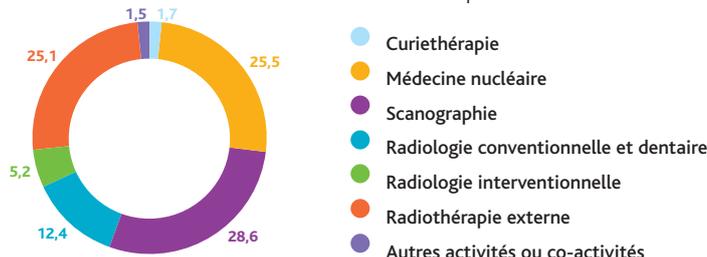


L'augmentation des ESR en 2017 est due principalement à ceux déclarés en radiologie conventionnelle et scanographie.

RÉPARTITION DES ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS par catégorie en 2017 (%)



RÉPARTITION DES ÉVÉNEMENTS SIGNIFICATIFS par activité concernée en 2017 (%)



Source : Rapport de l'ASN sur l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection en France en 2017.



La formation continue est essentielle à l'optimisation des pratiques.

© Sophie Brandström/Signatures/Médiathèque IRSN



Réunion à l'IRSN après un ESR au Centre hospitalier du Mans. © Eric Vial/IRSN

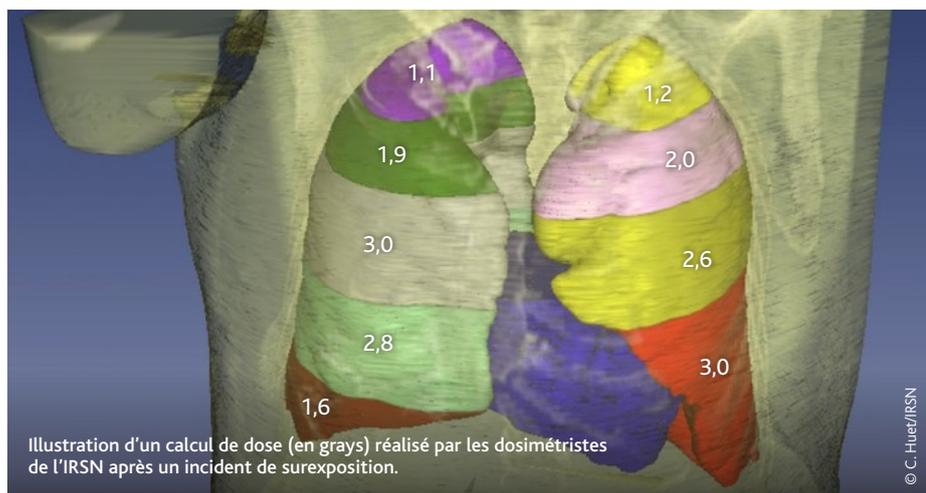


Illustration d'un calcul de dose (en grays) réalisé par les dosimétristes de l'IRSN après un incident de surexposition. © C. Huet/IRSN

“ L'analyse des ESR renforce notre expertise par l'étude de cas concrets.

ainsi que d'autres spécialistes : inspecteurs d'une agence régionale de santé (ARS), experts en physique médicale...

Évaluer la dose aux organes

Christelle Huet, experte en dosimétrie des rayonnements à l'Institut, a reconstitué en 2012 la dose à la peau et en profondeur d'un patient développant une nécrose, après avoir été soumis en quelques mois à six interventions vasculaires guidées par rayonnements ionisants. « Nous avons récupéré les données enregistrées par cet hôpital, notamment les produits dose-surface – produit de la dose multipliée par la surface de peau exposée. Nous avons extrapolé des informations, formulé des hypothèses. Nous avons utilisé un scanner du patient pour connaître son anatomie et évaluer numériquement la dose potentiellement reçue aux organes importants – poumon, cœur – et sa distribution à l'intérieur même des organes. » Si les interventions subies par le patient étaient justifiées par son état de santé, selon les professionnels et les experts, les doses auraient pu être réduites et le patient mieux informé des risques.

Dans un centre à Lyon (Rhône), en septembre 2017, un médicament radiopharmaceutique est administré à un patient. L'examen de contrôle pratiqué quelques heures après révèle que le produit s'est répandu dans son bras, près du point d'injection, au lieu de circuler dans le sang. Le médecin contacte l'IRSN. À partir des images, de la quantité de produit injectée, de son activité, l'Institut évalue la dose à 10 Gy dans la partie du bras touchée. Le soir même, les experts informent l'hôpital : cette dose ne nécessite pas d'intervention chirurgicale mais seulement la surveillance de l'apparition éventuelle d'une rougeur de la peau. Le lendemain, à partir de nouvelles images, l'Institut fait une évaluation encore plus précise, à la baisse. « La physicienne médicale de l'hôpital maîtrisait bien son

28,6 %

des ESR ont lieu au cours d'un acte de scanographie en 2017 (source : ASN).

sujet. Elle avait besoin d'appui. Nous avons l'avantage, en étant éloigné, de ne pas réagir dans le stress. Ce type de travail enrichit aussi nos propres connaissances et nos expertises », explique David Broggio, expert en dosimétrie interne.

À partir de ces estimations, les chercheurs en radiobiologie, comme Agnès François, prennent le relais. Ils évaluent les risques déterministes⁴ – brûlure, nécrose – inévitables pour de fortes doses – de quelques dixièmes de grays à plusieurs grays selon les organes concernés – et qui apparaissent quelques heures à quelques semaines après l'exposition. Les épidémiologistes estiment quant à eux les risques stochastiques⁵, à long terme : « Nous nous appuyons sur la littérature scientifique et des modèles prédictifs – en fonction de l'âge, de la dose, des organes touchés... – disponibles notamment auprès de l'UNSCEAR, le Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, explique Klervi Leuraud, épidémiologiste. On estime un sur-risque d'une nature de cancer pour une exposition donnée par rapport au risque d'apparition de ce cancer dans la population générale. »

Tirer les leçons d'un événement

Quand les informations disponibles sont insuffisantes, ou si un appui technique est nécessaire lors d'une inspection, les experts de l'IRSN se rendent dans l'établissement concerné. Serge Dreuil, physicien médical, a accompagné une inspection de l'ASN au Centre hospitalier du Mans (Sarthe) après un ESR en mars 2018 (voir reportage p. 14) : « Des défauts de conception d'une fonctionnalité particulière du scanner et d'ergonomie de son interface utilisateur ont contribué à cet incident. L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM), en charge de la matériovigilance, m'a nommé comme expert afin de proposer des recommandations quant à la sécurité de cette fonctionnalité. »

Les ESR font l'objet de différentes publications : lettres circulaires, bulletins bi-annuels de retour d'expérience en radiothérapie comportant des recommandations... En fonction de la gravité de l'événement, un avis d'incident est mis en ligne sur asn.fr, parfois assorti d'un avis technique de l'IRSN.

▶▶ WEBMAGAZINE

VIDÉO
ESR liés au fractionnement ou à l'étalement. Des clefs pour comprendre et des recommandations pour prévenir les risques.
www.irsn.fr/R40

EN CLAIR

Étalonnage des appareils : la panne du baromètre à l'origine d'un incident

Dans un service de radiothérapie, une mauvaise prise en compte de la pression atmosphérique conduit à un événement significatif en radioprotection (ESR). Les experts élaborent des recommandations pour sensibiliser les professionnels à ce type d'erreur.

L'étalonnage des appareils est vérifié chaque jour

François, physicien médical, réalise cette étape pour s'assurer de délivrer la juste dose prescrite. Une chambre moniteur située dans la tête de l'appareil contrôle la quantité et l'homogénéité des rayonnements émis. Un thermomètre et un baromètre de précision sont utilisés pour prendre en compte les facteurs qui influent sur la mesure de la dose.

Le baromètre tombe en panne

Pour poursuivre les traitements malgré la panne, le physicien médical décide de relever la pression atmosphérique sur un site internet d'information météorologique.

Les informations étaient erronées

Julie, dosimétriste s'étonne des valeurs enregistrées dans l'appareil. Elle alerte le physicien. Par convention, les valeurs de pression atmosphérique fournies par les sites météorologiques correspondent à celle au niveau de la mer. Elles auraient dû être corrigées en fonction de l'altitude.

L'ESR est déclaré

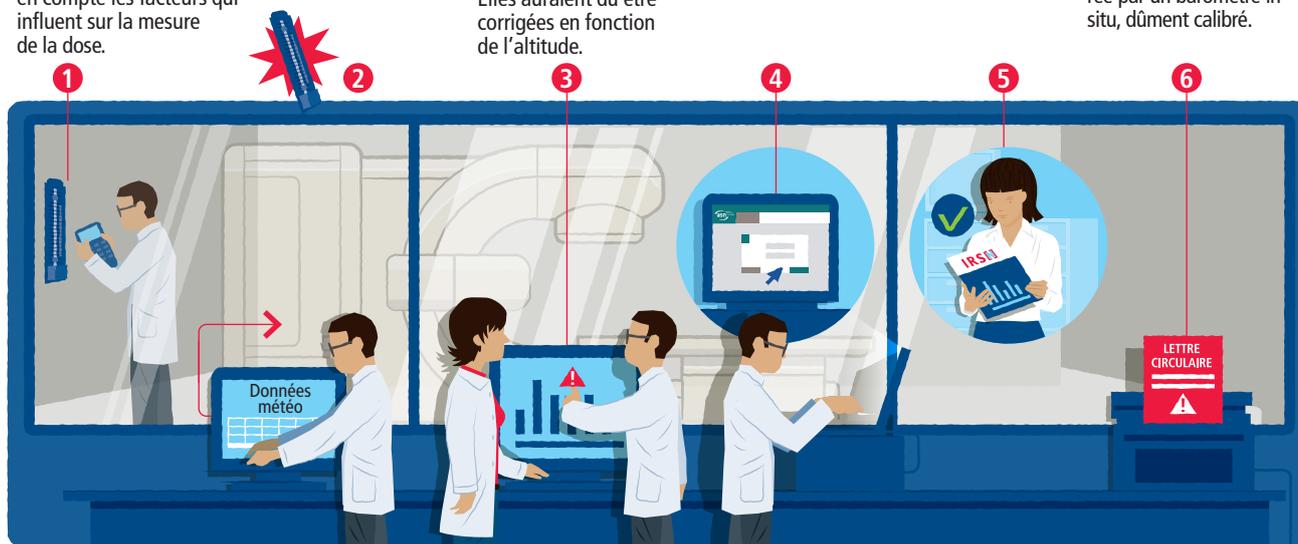
Le physicien médical déclare l'incident à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). L'IRSN est saisi. Il évalue l'éventuel impact pour les patients, préconise une prise en charge si nécessaire et établit des recommandations.

Les conséquences sont analysées

L'écart de pression entre valeur enregistrée et valeur réelle est très faible : moins de 2 %. Selon les experts, les conséquences pour les patients sont négligeables. Aucun suivi n'est nécessaire.

L'information est transmise aux services de radiothérapie

Une lettre-circulaire est adressée par l'ASN à tous les services. Elle leur rappelle que la valeur de pression atmosphérique indiquée par les sites météorologiques ne reflète pas la pression réelle dans un lieu. La pression doit être mesurée par un baromètre in situ, dûment calibré.



© A. Dagan/Citizen Press/Médiathèque IRSN/Magazine Repères

Grâce à cette transparence, les professionnels tirent les leçons de ces événements et revoient leurs pratiques. Frédéric Debordeaux, radiopharmacien au CHU de Bordeaux (Gironde), a lu les recommandations parues en 2016 suite aux ESR survenus dans un centre à Reims (Marne – voir p. 16) : partager le même langage professionnel, éviter les interruptions de tâches, améliorer la synchronisation entre préparation et administration du médicament... « Nous agissions déjà pour sécuriser le circuit des médicaments radiopharmaceutiques. Mais ces recommandations renforcent l'importance de cette mission. Nous avons mis en place une surveillance accrue sur l'organisation des préparations », explique-t-il. En amont de la préparation, les prescriptions font l'objet d'une analyse pharmaceutique pour vérifier qu'il s'agit bien du médicament et de la bonne dose pour le bon patient.

Les ESR sont exploités en formation, comme en témoigne Thomas Lemoine, ancien manipulateur en radiologie, désormais responsable de l'unité fonctionnelle de radioprotection au Centre hospitalier de Poissy-Saint-Germain-en-Laye (Yvelines) : « En formation initiale des manipulateurs, la

gestion et l'exploitation des ESR sont enseignés. En stage, les étudiants confrontent les concepts à la réalité du terrain. Ils appréhendent ainsi la "valeur positive" des ESR en les analysant. » En formation continue, les situations concrètes sont abordées en ateliers. « Ils prennent alors conscience de leur rôle majeur dans la gestion des risques, et de leur nécessaire vigilance. Néanmoins la formation ne suffit pas pour sécuriser complètement les actes, elle constitue un levier parmi d'autres pour améliorer la culture de la radioprotection », plaide-t-il.

Enfin, les déclarations sont utiles pour repérer des ESR similaires dans plusieurs établissements. Ainsi, 17 cas liés au fractionnement (nombre de séances pour administrer la dose de rayons) et à l'étalement (durée entre chaque séance) de la dose en radiothérapie ont été déclarés entre janvier 2013 et juin 2015 à l'ASN. L'Institut a mené une analyse technique, organisationnelle et humaine des causes de ces dysfonctionnements. Puis un groupe de travail national consacré au retour d'expérience en radiothérapie a élaboré des recommandations⁶.

Enfin, il faut souligner que, grâce aux compétences et au dévouement des professionnels, de tels événements restent rares. ■

www Pour en savoir plus : www.irsn.fr/accidents-radioprotection

1. teleservices.asn.fr
2. signalement.social-sante.gouv.fr
3. asn.fr
4. Risques dont la sévérité est proportionnelle à la dose.
5. Risques dont la probabilité d'apparition est proportionnelle à la dose.
6. <https://www.asn.fr/Professionnels/Activites-medicales/Radiotherapie/Bulletin-La-securite-du-patient/10-Etalement-fractionnement>



REPORTAGE Après un ESR survenu en mars dernier, le Centre hospitalier du Mans (Sarthe) et le comité de retour d'expérience (Crex) de son service d'imagerie n'ont pas ménagé leurs efforts pour éviter qu'un tel événement, ou un autre incident indésirable, ne se reproduise.

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

Le comité de retour d'expérience (Crex) est au complet. Manipulateurs en électroradiologie, aides-soignants, cadres de santé, médecin, infirmière, physicienne se retrouvent dans la salle de réunion du service d'imagerie. Comme chaque mois, ils évoquent les événements significatifs en radioprotection (ESR) récents et font le point sur les actions mises en œuvre suite aux plus anciens. Depuis plusieurs mois, celui qui a eu lieu au printemps dernier occupe beaucoup les discussions. La plupart des analyses d'ESR donnent lieu à un plan d'action en deux ou trois points. Celui-là en compte dix.

Le 7 mars, quand Peggy Palanchon, physicienne médi-

cale au Centre hospitalier du Mans (Sarthe), découvre le compte rendu du scanner pratiqué la nuit précédente chez une femme enceinte, elle s'étonne. Tous ceux réalisés chez des femmes enceintes lui sont signalés – c'est la procédure – et un rapport des doses de rayonnements administrées est joint. Mais ce rapport prend rarement plus d'une feuille ; cette fois, il s'étend sur sept pages. En parcourant le document, Peggy Palanchon comprend vite que les doses dépassent la normale. Elle signale cet ESR à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), et en informe la coordinatrice de la gestion des risques associés aux soins de l'hôpital. Elle contacte le manipulateur de l'examen pour mieux comprendre les circonstances. Elle prévient le médecin chef du service, le radiologue, le gynécologue et le chef d'orthopédie où la patiente a été hospitalisée.

Calculer précisément la dose reçue

La physicienne sollicite l'aide de l'IRSN dans l'analyse de cet événement. Elle se lance elle-même immédiatement dans les calculs nécessaires pour connaître précisément la dose reçue par la patiente et son enfant à naître. Il y a une surexposition. Elle reste en deçà du seuil à partir duquel on constate des effets déterministes, c'est-à-dire des séquelles à court terme comme des brûlures ou des nécroses des tissus.

L'histoire reste exemplaire car l'incident a été géré avec diligence par toute l'équipe, et l'analyse approfondie de





l'événement par le Crex, l'ASN et l'IRSN a été utile. Premièrement, un bouton de commande du scanner, estampillé « 1 de plus », est interdit d'utilisation jusqu'à nouvel ordre. Son nom, trompeur, a laissé croire au manipulateur en poste cette nuit-là qu'il servait à réaliser une image supplémentaire en limitant l'exposition du fœtus. Il n'en est rien. Deuxième action : interroger tous les manipulateurs sur leur connaissance et leur usage de cette fonction pour savoir si elle a pu être à l'origine d'autres ESR. Heureusement non.

Mesure numéro 3 : rédiger un mode opératoire complet et illustré pour ce « 1 de plus ».

Quatrièmement, toute l'équipe est sensibilisée, et les doses de référence pour chaque examen sont rappelées et affichées au-dessus du poste de travail : les opérateurs les ont sous les yeux au moindre doute.

En concertation avec les radiologues, un pare-feu est instauré sur les appareils : en cas de dépassement de certaines valeurs de dose, une alerte apparaît sur l'écran de commande. La mise en page des comptes rendus d'examen est revue avec l'aide du service informatique de l'hôpital afin de rendre plus visible aux médecins la dose totale délivrée.

« Parcours d'intégration »

Un important travail est mené en matière de formation avec la création d'un « parcours d'intégration ». Tout manipulateur arrivant dans le service suivra un

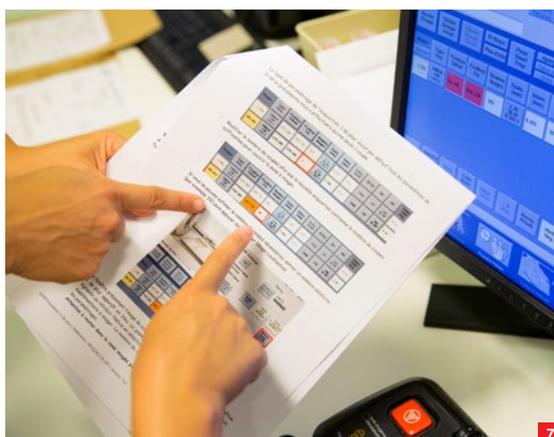
apprentissage pratique, supervisé et échelonné sur chaque machine et pour chaque type d'examen. Un référentiel d'habilitation est mis en place : à la fin de chaque étape de cet apprentissage, les nouveaux embauchés doivent répondre à un questionnaire mené par la cadre de santé du service et un manipulateur « senior » superviseur. Il permet de vérifier que toutes les compétences sont bien acquises avant que l'opérateur soit autorisé à exercer pleinement ses fonctions.

L'analyse de l'ESR met en évidence un manque de personnels. Compte tenu des temps de formation, 0,7 équivalent temps plein supplémentaire serait nécessaire pour remplir les besoins du service, en plus des 44 manipulateurs déjà en poste.

À l'échelon national, cet événement a donné lieu à une lettre-circulaire (voir bibliographie) adressée à tous les établissements médicaux concernés. Elle alerte sur cette commande « 1 de plus » et leur préconise de vérifier le bon paramétrage de leurs appareils, de rédiger un mode opératoire pour cette fonction et de sensibiliser les manipulateurs à la lecture des indices dosimétriques. ■

- 1 Au CH du Mans, réunion du comité de retour d'expérience (Crex) qui a pour but d'étudier les événements significatifs en radioprotection.
- 2 Au niveau du pupitre de commande du scanner, les manipulateurs sont sensibilisés à la dose cumulée.
- 3 Valéria Dicesare, radiologue, rédige le compte rendu destiné au médecin traitant et vérifie que le produit dose-longueur (PDL) de l'examen figure bien au centre de celui-ci.
- 4 Pour chaque acquisition, il faut vérifier la dose PDL – le produit dose-longueur – en mGy.cm et connaître la dose de référence.
- 5 Chloé Papin, à gauche, est manipulatrice en formation. Ses encadrants valident ses acquis en remplissant une fiche d'habilitation des connaissances en radioprotection.
- 6 Nathalie Chartier, responsable du Crex, consulte le compte rendu sur le tableau d'affichage.

www Pour en savoir plus :
ppalanchon@ch-lemans.fr



Reportage photo : © Sophie Brändström/Signatures/Médiathèque IRSN

L'erreur, symptôme d'un dysfonctionnement du système



Matériel nécessaire à la préparation d'une injection de produit radioactif. La seringue est plombée pour limiter l'irradiation des manipulateurs.



Injection de produits radioactifs en vue d'une scintigraphie

Les événements significatifs en radioprotection (ESR) ne sont pas seulement le fait d'une erreur du « dernier maillon de la chaîne ». Ils peuvent être la conséquence d'une organisation défailante. L'analyse de ces événements sous l'angle des facteurs humains et organisationnels est nécessaire.

Recueil et analyse de documents, observations, entretiens individuels et collectifs avec les différents acteurs de la prise en charge, analyse des données recueillies, restitution, débat avec les équipes... l'IRSN s'appuie sur une analyse ergonomique du travail pour passer au crible les organisations. « L'objectif est de donner à l'établissement, à d'autres établissements, à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), un autre éclairage – neutre par rapport à ce qu'a vécu le service concerné –, une dimension compréhensive pour mettre en perspective les dysfonctionnements et aider les établissements à avoir des leviers d'action plus organisationnels », détaille Sylvie Thellier, experte en facteurs organisationnels et humains. L'IRSN a réalisé une telle analyse à l'Institut de cancérologie Jean-Godinot à Reims (Marne). Plusieurs ESR en médecine nucléaire s'y sont produits malgré les nombreuses actions d'amélioration conduites. L'analyse a montré par exemple que la moitié des ESR trouvaient leur origine dans la phase de pré-

paration des médicaments radio-pharmaceutiques (MRP). Les supports utilisés par les préparateurs comportent des abréviations différentes pour coder les examens et les médicaments. Les changements successifs de l'organisation de la préparation des MRP, l'évolution des examens, le nombre d'abréviations à décoder et leur hétérogénéité entre le support papier du planning et le logiciel Pharma 2000 expliquent en grande partie l'augmentation des erreurs de flacon. Cette analyse a permis de revoir en profondeur l'organisation de la préparation des MRP.

Hélène Faye, docteur en ergonomie à l'IRSN, s'est intéressée à l'arrivée, à l'hôpital de La Pitié-Salpêtrière (Paris), d'un nouvel appareil de radiothérapie. Elle a pu observer la semaine d'installation de la machine par les techniciens du fabricant puis les trois mois de mise en service, en particulier le paramétrage et les contrôles de qualité de la machine, effectués par les physiciens médicaux de l'hôpital. Elle s'est entretenue avec eux sur chacune de ces phases. Elle note que « ces opérations sont réalisées sous fortes contraintes, en particulier des exigences de rentabilité, des pressions temporelles imposées par le constructeur ou encore la gestion simultanée des tâches routinières du service. Le recours à la sous-traitance, envisagé comme un moyen permettant de pallier ces contraintes, va à l'encontre de l'appropriation, de la montée en compétences et, in fine, de la maîtrise de la machine par les équipes du service. »

Ces cas ne doivent pas cacher l'immense forêt de bonnes pratiques : 4 millions de séances de radiothérapie sont réalisées chaque année pour 146 ESR déclarés en 2017, un nombre en baisse depuis 2015. ■

■ BIBLIOGRAPHIE

Les avis de l'IRSN : www.irsn.fr

Note sur le bouton « 1 de plus » sur le site de l'IRSN : www.irsn.fr/1deplus

Guide de l'ASN n° 16 de déclaration des événements significatifs de radioprotection patient en radiothérapie : <https://www.asn.fr/Media/Files/00-Guides-de-declarations/Publication-Guide-de-l-ASN-n-16-Evenement-significatif-de-radioprotection-patient-en-radiotherapie-critere-2.1>

Les avis d'incidents dans le domaine médical : <https://www.asn.fr/Contrôler/Actualites-du-contrôle/Avis-d-incident-dans-le-domaine-medical>

Bulletin La sécurité du patient – pour une dynamique de progrès n° 4 : « Quels événements déclarer à l'ASN ? » (avril 2013)

La plateforme de téléservices de l'ASN pour déclarer un ESR : <https://teleservices.asn.fr/views/connexion.html>

■ CONTACTS

cecile.etard@irsn.fr
Unité d'expertise en radioprotection médicale (UEM) de l'IRSN : rpm@irsn.fr



Un abri a été spécialement aménagé pour accueillir les participants aux essais.

Intercomparaison

Les laboratoires valident leurs dispositifs de mesure

L'ESSENTIEL Pour la première fois, quarante laboratoires spécialisés dans la surveillance de l'environnement ont pris part à un essai d'intercomparaison sur la mesure du débit d'équivalent de dose gamma ambiant. L'occasion pour eux de tester leurs dispositifs de mesure et d'améliorer leurs pratiques. **TÉMOIGNAGE** Un laboratoire présent. **DÉCRYPTAGE** Pourquoi participer à une intercomparaison ? **AVIS D'EXPERT** Un spécialiste en métrologie de la radioactivité dans l'environnement.



Jean-Pierre Pyrot

Chargé d'ingénierie environnement chez EDF.

TÉMOIGNAGE « Nous testons l'efficacité de notre organisation et de nos pratiques »

Nous avons participé à un essai inter-laboratoires (EIL) de mesure du débit de dose gamma ambiant organisé, en juin 2018, par l'IRSN. C'est l'occasion de pratiquer une mesure, avec les matériels associés sur une plateforme extérieure mise en place spécifiquement au Vésinet (Yvelines). Nous avons pu échanger avec d'autres exploitants, visiter les laboratoires de l'Institut et mettre des visages sur les noms des correspondants que l'on a au téléphone dans l'année. Ces essais nous permettent de conforter les résultats de mesure de radioactivité que nous menons dans nos vingt laboratoires de surveillance de l'environnement. Nous y testons notre organisation et nos pratiques. Cela contribue à l'amélioration des compétences de nos équipes et à notre légitimité auprès du public.

L'EIL sur la mesure du débit de dose gamma ambiant nécessite une importante préparation. Contrairement aux autres essais, il ne repose pas sur la réception d'un échantillon, son traitement et son analyse dans nos laboratoires environnement. Nous avons dû envoyer du personnel et notre matériel (la sonde et son support). L'essai « à blanc » organisé en amont par l'Institut nous a aidés à nous préparer.

Quatre de nos laboratoires étaient présents. Nous en avons tiré un maximum d'enseignements, transmis à ceux qui n'ont pas participé, comme une check-list des matériels à apporter. Et nous n'avons eu aucun problème à régler en temps réel. Nous remettons en œuvre ces dispositions de préparation pour le prochain EIL. ■

Pourquoi participer à l'essai d'intercomparaison ?

Apprécier la qualité de
valider ses méthodes,
ses pratiques et obtenir
radioactivité dans l'environnement
(EIL) de mesure du dé



1

Quelles sont les démarches ?

L'inscription se fait sur www.cilei.irsn.fr. Le programme des essais à venir est disponible sur ce site et via une newsletter.



2

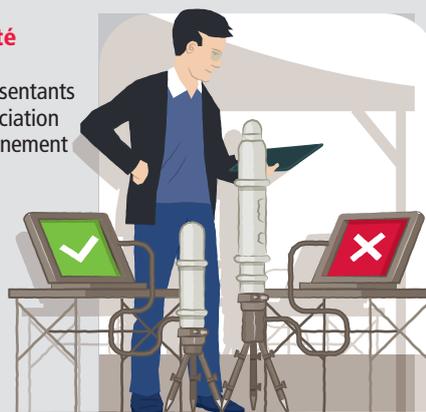
Comment se préparer à un essai ?

Les laboratoires ont eu la possibilité de participer à un essai préliminaire pour évaluer la performance de leurs équipements. Un rapport présentant l'ensemble des résultats a été envoyé à tous les participants.

3 Pourquoi les laboratoires prennent-ils part à cet essai d'intercomparaison ?

• Pour vérifier la qualité des mesures

Au cours de l'EIL, des représentants de deux antennes de l'association de surveillance de l'environnement Atmo ont échangé avec d'autres acteurs sur les méthodes d'utilisation des appareils. L'occasion de vérifier la qualité des mesures, d'appréhender l'incertitude et d'estimer les besoins en étalonnage de leurs sondes.



• Pour valider un dispositif de mesure

L'établissement de La Hague (Manche) destiné au retraitement de combustibles usés effectue des mesures de surveillance de l'environnement. Le laboratoire a identifié des anomalies dans ses détecteurs, et il a dû les remplacer. Il a participé à l'essai avec les deux systèmes. Résultat : les écarts sur le dispositif ancien sont confirmés et l'efficacité du nouveau est démontrée.

• Pour obtenir un agrément

Le Grand Accélérateur national d'ions lourds (Ganil), installation nucléaire de base implantée dans le Calvados, réalise des recherches fondamentales en physique nucléaire. Son fonctionnement est à l'origine d'effluents radioactifs et il doit renforcer sa surveillance de l'environnement. Il participe à l'EIL pour obtenir l'agrément nécessaire pour réaliser ses mesures de la radioactivité ambiante.



• Pour homogénéiser les pratiques de mesure entre plusieurs laboratoires

Des laboratoires d'EDF sont chargés de la surveillance environnementale des centrales nucléaires. L'exploitant compte 20 laboratoires en France, dont 4 ont pris part à l'essai. Des coordonnateurs étaient présents pour s'assurer de l'homogénéité des pratiques et faire bénéficier l'ensemble des laboratoires du groupe du retour d'expérience.



La valeur de référence est déterminée au moyen d'une chambre d'ionisation raccordée aux étalons nationaux.

© Céline Couvez/Médiaspéciale/IRSN

RÉGLEMENTATION

« La décision homologuée n° 2008-DC-0099 de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) modifiée par la décision n° 2015-DC-0500 du 26 février 2015, fixe les modalités d'agrément et les critères de qualification auxquels doivent satisfaire les laboratoires pour être agréés. »
La liste des laboratoires agréés pour la mesure de la radioactivité de l'environnement est consultable sur le site de l'ASN (asn.fr).

QUI PARTICIPE AUX EIL ?

Au 1^{er} janvier 2018, 70 laboratoires français se partagent au total 880 agréments en cours de validité. Les laboratoires qui prennent part aux EIL sont issus de secteurs d'activité variés :

- exploitants nucléaires qui réalisent la surveillance des installations,
- institut ou agences publiques dans le cadre des contrôles sanitaires,
- universités,
- laboratoires privés,
- associations de protection de l'environnement,
- laboratoires étrangers.

ses mesures de la radioactivité dans l'environnement, comparer ses résultats à d'autres laboratoires, améliorer pour obtenir un agrément... pour un laboratoire de mesure de l'environnement, la participation à l'essai interlaboratoires à débit dose gamma ambient est un exercice indispensable.

raison ?



4

Et après le test ?

Deux fois par an, une commission examine les demandes d'agrément et les résultats obtenus. Lorsque le résultat s'écarte de la valeur de référence, le laboratoire doit présenter une analyse détaillée de l'écart et les actions envisagées pour le corriger. Après instruction, l'ASN délivre l'agrément sur avis de la commission.

En cas d'écart critique, l'agrément peut être retiré. Il peut aussi être prolongé sous condition de participer à un essai contradictoire pour vérifier l'efficacité des actions engagées.

© A. Dagan/Citizen Press/Médiathèque IRSN/Magazine Repères

UN NOUVEL ESSAI

Pour ce premier essai de mesure du débit d'équivalent de dose gamma ambient, l'Institut a mis en place, sur le site du Vésinet (Yvelines), une infrastructure spécifique. Elle a accueilli, lors de trois sessions de deux journées, quarante laboratoires. Ils ont exposé leurs systèmes de mesure aux rayonnements de sources de césium 137, cobalt 60 et baryum 133 dans des conditions permettant d'apprécier leur capacité à réaliser ce type de mesure.

POUR EN SAVOIR PLUS

Le site du Laboratoire étalons et intercomparaison (LEI)
<https://cilei.irsn.fr/>

Le site du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM)
<https://www.mesure-radioactive.fr/#/>

Liste des laboratoires agréés
<https://www.asn.fr/Reglementer/Bulletin-officiel-de-l-ASN/Laboratoires-organismes-agrees-et-mesures-de-la-radioactive/Listes-agrements-d-organismes>

AVIS D'EXPERT



Jean-Louis Picolo

Expert en métrologie de l'environnement

Plus de transparence pour le citoyen

“ Les intercomparaisons sont un gage de qualité pour la surveillance de l'environnement : ils contribuent aussi à assurer plus de transparence pour le citoyen. L'objectif de ces essais est d'évaluer la capacité des laboratoires à réaliser des analyses de radioactivité dans des échantillons prélevés dans l'environnement ou à exploiter les instruments déployés sur leurs sites respectifs pour assurer, par exemple, la mesure du débit d'équivalent de dose gamma ambient. L'enjeu est de taille : une fois leur agrément obtenu après le test, ces laboratoires alimentent une base de données unique en Europe, le Réseau national de mesures de la radioactivité dans l'environnement (RNM). Centralisant l'ensemble des données des acteurs publics et privés, ce site rend accessibles à tous les mesures réalisées chaque année dans l'air, l'eau, le sol, la faune et la flore ainsi que dans les produits alimentaires. Notre travail, au laboratoire de métrologie de l'IRSN, consiste à préparer les échantillons que les candidats inscrits aux essais auront à caractériser. Ces échantillons doivent être absolument semblables, homogènes et stables dans le temps, ce qui peut constituer un réel challenge. Il est également capital pour nous de connaître parfaitement la radioactivité qu'ils contiennent, afin que les valeurs de référence de l'intercomparaison soient incontestables.

 CONTACT

Jean-Louis Picolo
jean-louis.picolo@irsn.fr

Radioactivité et santé : les questions du public

Effets des faibles doses sur la santé, exposition des travailleurs... l'impact de la radioactivité sur la santé suscite de nombreuses questions de la part de la société civile. À l'occasion d'un séminaire, les experts ont traité différents risques sanitaires et apporté des réponses aussi concrètes que possible.

1 Quel était l'objectif de ce séminaire ?

Depuis longtemps, les représentants de la société civile demandaient l'organisation d'un rendez-vous sur le thème « radioactivité et santé ». L'IRSN et l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli) ont organisé un séminaire. Cent vingt personnes y ont participé. « *Nous recevons régulièrement des questions ayant trait à la santé de la part des commissions locales d'information (Cli)*, note Mariette Gerber, membre du comité de pilotage du séminaire. *L'idée était d'y répondre en présentant l'état de l'art de la recherche de façon abordable et didactique, tout en maintenant un haut niveau de contenu scientifique.* »

Quinze présentations ont été réalisées par des experts de l'Institut, du Conservatoire national

des arts et métiers (Cnam), de l'Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'Ouest (Acro). « *J'ai été intéressée par l'exposé intitulé "Tout commence au niveau cellulaire". Jamais je n'avais vu les effets de la radioactivité abordés de cette manière* », remarque Laetitia Colon-Mieusset, secrétaire scientifique du Comité local d'information et de suivi (Clis) de Bure (Meuse).

Celle-ci retient une étude menée sur le site industriel de Fos-sur-Mer (Bouches-du-Rhône). « *La mobilisation originale de la population locale a révélé des impacts sanitaires inattendus* », note-t-elle. Les habitants de la zone concernée ont participé à la conception du questionnaire utilisé pour recenser les problèmes de santé.

2 Quel impact des faibles doses sur la santé ?

La question la plus débattue a porté sur l'effet des faibles doses de radioactivité sur la santé. « *La présentation d'Inworks, une étude épidémiologique internationale menée sur les travailleurs du nucléaire, a suscité beaucoup de questions* », se souvient Mariette Gerber.

Pour Guillaume Blavette, de France nature environnement (FNE), les informations recueillies durant ces deux journées où « *la transparence était de mise nous ont été utiles pour apprécier la réalité des maux que subissent certains salariés et de mieux envisager une réponse à une situation accidentelle* ».

Si l'effet des fortes doses de rayonnements sur la santé est bien documenté, celui des faibles doses – quelques millisieverts (mSv) par an –, qui intéresse directement le personnel des centrales nucléaires, commence à être

clarifié. Des résultats de l'étude Inworks présentés lors de ce séminaire confirment une relation entre le risque de décès par leucémie et l'exposition chronique aux faibles doses, même si à ces niveaux de doses l'accroissement du risque est limité.

Ce travail a été mené sur plus de 308 000 travailleurs du nucléaire portant quotidiennement un dosimètre. Leur exposition était de 2 mSv en moyenne sur une année.

« *J'ai été marqué par le fait que les faibles doses ont désormais un impact observable sur le vivant, note Guillaume Blavette, de FNE. Il va falloir informer les personnes qui se trouvent dans les nouveaux périmètres, de façon rigoureuse mais pas alarmiste, de manière à leur permettre de développer une culture du risque.* »



Mariette Gerber, experte scientifique.



En mars 2018, l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli) et l'IRSN ont organisé un séminaire « Radioactivité et santé : où en sommes-nous ? »



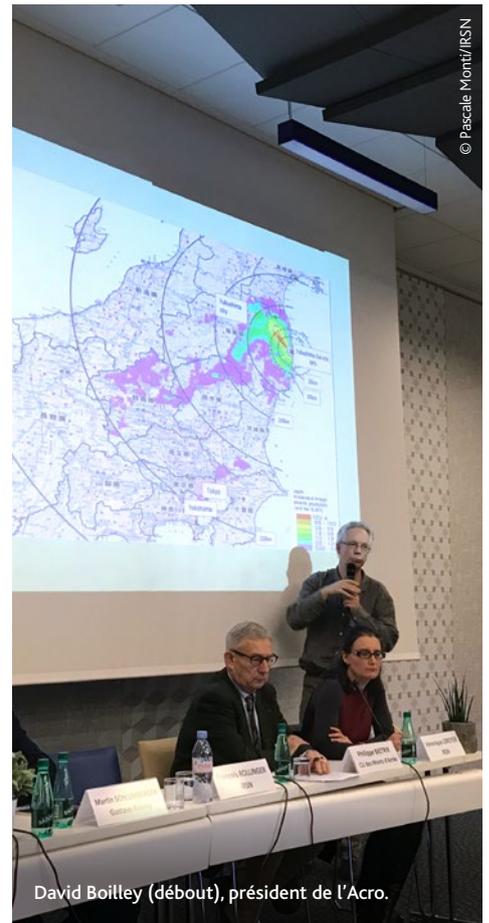
Klervi Leuraud, épidémiologiste, présente l'étude internationale sur les travailleurs du nucléaire Inworks.

3 Comment suivre l'effet des expositions multiples chez les sous-traitants ?

Si aujourd'hui tous les travailleurs exposés sont surveillés individuellement, et les données sont centralisées dans la base SISERI, cela n'a pas forcément toujours été le cas dans le passé, en particulier pour les salariés des entreprises extérieures, autrement dit les sous-traitants. L'exposition à de multiples facteurs de risque ou l'existence d'un « effet cocktail » est une question importante :

des problèmes de santé pourraient survenir d'une combinaison de l'exposition aux faibles doses avec un mode de vie particulier, comme la consommation de tabac. « *Ce sujet, qui suscite de nombreuses interrogations, devrait faire l'objet d'un prochain séminaire entre nos deux organismes* », conclut Mariette Gerber, épidémiologiste et membre du comité de pilotage du séminaire.

© Marie-Hélène Pertuisot/IRSN



David Boilley (debout), président de l'Acro.

4 Comment les citoyens se remettent-ils d'une catastrophe ?

La région de Fukushima-Daichii, au Japon, fournit des informations sur la façon dont les citoyens se réapproprient les lieux des mois après un accident lié à une centrale. « *En ce qui concerne le Japon, le constat est désastreux, note Mariette Gerber. Les citoyens ne se remettent pas de cette catastrophe.* » Durant le séminaire, les conclusions de l'Association pour le contrôle de la radioactivité dans l'Ouest (Acro) sur l'analyse de la situation post-accident à Fukushima ont été présentées. « *Elles montrent que les citoyens ne reviennent pas sur place. Ou que s'ils reviennent, ils ne sont pas satisfaits* », commente la chercheuse. La situation post-accidentelle pourrait, selon elle, faire l'objet d'un prochain séminaire IRSN.



Audrey Lebeau Live, responsable du bureau de l'ouverture à la société à l'IRSN, Jean-Claude Delalonde, président de l'Anclli, et Jean-Christophe Niel directeur général de l'Institut, ouvrent la journée.

www Pour en savoir plus : L'ensemble des présentations sont disponibles en ligne sur : www.irsn.fr/societe

Radon

Des professionnels au service de la prévention

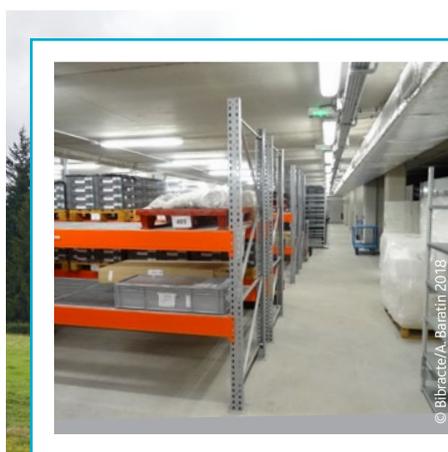
La prévention du risque radon est une affaire collective qui implique de multiples acteurs : pouvoirs publics, scientifiques, professionnels du bâtiment, enseignants, associations...

Seconde cause de cancer du poumon, le radon, ce gaz radioactif issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents dans le sol et les roches, a tendance à s'accumuler et polluer l'air des lieux confinés. De nombreux professionnels interviennent pour prévenir le risque lié au radon dans les bâtiments. Ils se sont réunis les 3 et 4 décembre 2018 à Montbéliard (Doubs) pour échanger sur les écueils et les leviers pour améliorer la gestion de ce risque. Parmi les participants, le Centre de recherche archéologique de Bibracte (Saône-et-Loire). La conservation des collections nécessite un confinement important, ce qui a conduit à des concentrations de radon pouvant aller jusqu'à 15 000 bq/m³ dans certains locaux. « En 2017, nous avons fait réaliser deux tranches de travaux, l'une pour la ventilation, l'autre pour la mise en place d'un système de dépressurisation des sols, témoigne Arnaud Baratin, responsable technique du centre. Pour cette seconde tranche, le prestataire a recouru à une technique de piégeage du radon par carottage des dalles béton et utilisation de pompes à vide. Dans la plupart des lieux de travail, nous sommes revenus aux normes européennes de 300 bq/m³. »

Rechercher les causes

Le centre de recherche archéologique était accompagné par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), l'IRSN et le Cerema¹. Ce dernier participe à la prévention pour les services déconcentrés de l'État et réalise des diagnostics de bâtiments : écoles, musées, prisons... « Nous mesurons et cherchons les causes de la présence de radon : problèmes d'étanchéité, défauts du système de ventilation, mauvais renouvellement de l'air... Puis, nous préconisons des travaux de remédiation : étanchéification des sols, systèmes de ventilation... » explique Catherine Nauleau, chargée d'études au Cerema.

De leur côté certains constructeurs de maisons individuelles intègrent ce risque



Une dépressurisation des sols

Entièrement enterré et conçu sans vide sanitaire, le centre de conservation et d'étude a fait l'objet de l'installation d'un système de dépressurisation des sols (SDS) sous la dalle de plancher. Une ventilation accrue de ce dépôt dans le but de diluer le radon n'était pas compatible avec le confinement requis pour la conservation des objets archéologiques. Il est nécessaire de maintenir des situations stables d'hygrométrie et de température.

Le Centre archéologique européen de Bibracte (Saône-et-Loire), site protohistorique gaulois, regroupe six bâtiments dont un musée et un centre de recherches. Pour limiter le risque radon, des travaux importants ont été entrepris et d'autres sont prévus.

dans leurs préconisations. « Nous recommandons des constructions avec vide sanitaire ventilé, plutôt qu'une construction sur terre-plein. Côté ventilation, il faut des systèmes avec gaines rigides et une ventilation intelligente, c'est-à-dire qui contrôle les débits d'air expulsés », estime Renaud Delaby, concepteur chez Moysse Groupe.

Sensibiliser les professionnels du bâtiment

La prévention de l'exposition au radon passe par la formation des professionnels du bâtiment, et des maîtres d'ouvrage. C'est par exemple l'objectif du projet Jurad-Bat, dans l'arc jurassien, une région où ce gaz est présent. Il s'agit d'une plateforme web consacrée à la gestion de ce risque : informations générales ou ciblées (actions de remédiation, fiches techniques, mesures préventives

pour les constructions neuves...), modules de formation continue pour les professionnels...

Yacine Ait Oumeziane et Romain Richard, enseignants au département « Génie civil-construction durable » à l'IUT de Belfort-Montbéliard, évoquent le sujet du radon auprès des étudiants de 2^e année de DUT et de licence professionnelle. « Nous introduisons dans nos cours cette notion en traitant de ventilation, d'enveloppe du bâtiment, de qualité de l'air intérieur... » Une sensibilisation qui touche ainsi de futurs chefs de chantiers et conducteurs de travaux. ■

¹ Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.



Pour en savoir plus :
Base de connaissance sur le risque Radon
www.irsn.fr/radon



© Yacine Ait Oumezziane

Former les professionnels du bâtiment

L'Université de Franche-Comté, via l'IUT de Belfort-Montbéliard, est impliquée dans la gestion du risque radon. Le département « Génie civil-construction durable », avec l'aide d'experts et de professionnels, organise chaque année une journée d'information sur le radon à l'intention des étudiants de 2^e année et de licence professionnelle.



© Bibrecte/A. Maillet 2013



© Raphaël Heller/Signatures/Médiathèque IRSN

La conception de la ventilation

Architecte ingénieur au bureau d'études de Moysse Groupe, à Besançon, Renaud Delaby étudie les plans d'un réseau de ventilation, notamment les vides sanitaires et sous-sols, afin d'éviter le stockage du radon. Les systèmes de ventilation doivent être pensés pour évacuer ce gaz. Ils ne sont pas nécessairement conçus pour cela. Dans les lieux présentant un risque de radon, il est important de les entretenir et de les faire vérifier.



© Le Journal de Saône-et-Loire

Catherine Nauleau est chargée d'étude au Cerema. Elle analyse le risque radon dans les bâtiments des services de l'Etat.



© Raphaël Heller/Signatures/Médiathèque IRSN

Une ventilation intelligente

Conducteur de travaux pour Maisons Moysse, Antony Galea raccorde la ventilation au moteur de la VMC (ventilation mécanique contrôlée) et branche un module de réglage. Il est équipé d'un détecteur électronique qui analyse en permanence la qualité de l'air d'extraction et va ouvrir plus ou moins le clapet de réglage. Le débit d'extraction par pièce est réglé de manière intelligente, en fonction de la valeur mesurée par le détecteur.



Avec le webmagazine, accédez à des contenus exclusifs

Le magazine *Repères* existe au format numérique.

Des contenus complémentaires sont publiés : articles, vidéos, reportages photo et infographies. Découvrez, grâce à des vidéos pédagogiques, la prévention des événements en radioprotection dans le médical, l'intervention des sapeurs-pompiers lors d'un exercice de crise ou encore les règles de radioprotection au musée du Louvre...

Connectez-vous sur www.irsn.fr/reperes pour accéder à ces prolongements web, commander des anciens numéros ou choisir le format de votre abonnement.



Pour en savoir plus

www.irsn.fr/reperes

