

Repères



Le magazine d'information de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire **IRSN**

N°23
octobre 2014

PARATONNERRES

Prévenir les
risques radioactifs

RADON

Comment limiter
sa présence ?

Vieillissement des centrales

**Un phénomène
anticipé et surveillé**

Retrouvez chaque trimestre une sélection de publications, vidéos, sites Internet et manifestations de l'IRSN.

L'IRSN aux Journées françaises de radiologie



Guillaume Elmassian/IRSN

L'IRSN participera à la 62^e édition des Journées françaises de radiologie (JFR), du 16 au 20 octobre 2014 à Paris. Sur son stand (n° 102, hall Passy, niveau 1), les professionnels de santé pourront dialoguer avec des spécialistes de la radioprotection. Deux nouveaux rapports de l'Institut seront présentés lors de communications orales. Le premier concerne le dernier bilan réalisé sur l'exposition médicale de la population française (ExPRI). Il montre une augmentation de 20 %, par rapport à 2007, de la dose annuelle moyenne reçue par habitant dans le cadre de diagnostics médicaux. Le second porte sur l'application de la réglementation relative aux niveaux de référence diagnostiques (NRD). Il analyse les résultats des évaluations dosimétriques transmises par les services d'imagerie médicale en 2011 et 2012. Ces deux rapports seront présentés dans le prochain numéro de *Repères*.

<http://jfr.radiologie.fr>



Le système Sievert évolue, son site aussi

Le site Internet du Système d'information et d'évaluation par vol de l'exposition au rayonnement cosmique dans les transports aériens (Sievert) évolue en même temps que le système lui-même. Depuis juillet 2014, le calcul des doses reçues par les personnels navigants revient à l'IRSN, à partir des données de vol renseignées par les compagnies sur le site (cf. *Repères* n°22, p.5). Les résultats sont consultables par les médecins du travail et les salariés. Des accès, sécurisés, ont été créés sur le site. Le grand public, lui, peut toujours consulter son exposition aux rayonnements par trajet.

www.sievert-system.org



Conférence internationale

La sûreté passe par la R&D

Souligner le rôle de la recherche et des coopérations internationales dans l'amélioration de la sûreté nucléaire. Telle est l'une des accroches de la prochaine conférence des organisations d'appui technique et scientifique (TSO, en anglais), organisée par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) du 27 au 31 octobre 2014 à Pékin, en Chine. Les allocutions et posters de l'IRSN témoigneront de l'importance de maintenir un haut niveau de sûreté nucléaire, d'avoir une expertise indépendante, de développer la recherche et de s'ouvrir à la société civile.

www.iaea.org



Baromètre IRSN

La sûreté nucléaire: un enjeu majeur sur lequel les Français ont des doutes

La crainte d'un accident nucléaire n'a jamais été aussi élevée dans la population. Dans ce contexte, les avis sur la sûreté de ce secteur sont très mitigés. Seules quatre personnes sur dix estiment que toutes les précautions sont prises pour assurer un très haut niveau de sûreté dans les centrales françaises. C'est un des points qui ressort de l'édition 2014 du Baromètre IRSN sur la perception des risques et de la sécurité par les Français. Logiquement, la moitié du panel juge prioritaire de prendre des mesures pour favoriser la vigilance et la participation citoyenne. Une ouverture à la société que l'Institut pratique déjà.

www.irsn.fr/barometre-2014



Sommaire

En couverture: Jean-Philippe Duprat, expert IRSN chargé de suivre les arrêts de tranche sur les réacteurs 3 et 4 de la centrale de Cruas-Meysses (Ardèche), lors d'une visite sur site.
Crédit photo: Jean-Marie Huron/Signatures/IRSN

INTÉRÊT PUBLIC | 9

Des lycéens sensibilisés au risque radon

EN PRATIQUE | 17

Limiter la présence du radon dans une habitation

EN DÉBAT | 20

Comment améliorer l'étude des risques en radiothérapie ?

STRATÉGIE | 22

Du dialogue à la co-construction d'une expertise

TEMPS FORTS | 4

Mieux évaluer l'exposition des populations

Crise "transports", le Vaucluse s'entraîne

FAITS & PERSPECTIVES | 6

Prévenir les risques liés aux paratonnerres radioactifs

Dossier du prochain numéro de *Repères* (janvier 2015)
Surveillance des cours d'eau



Édito

Le vieillissement des centrales, une priorité

La flotte électronucléaire française atteint l'âge moyen de 31 ans. Son exploitation au-delà de sa durée d'amortissement comptable présente un intérêt économique évident, mais comportera aussi un risque croissant avec le vieillissement des installations. L'enjeu pour l'IRSN est d'œuvrer à ce que ce risque reste confiné à la sphère économique et ne s'étende pas à celle de la sûreté. L'éventuelle autorisation donnée à une extension de fonctionnement au-delà de 40 ans ne garantira pas la disponibilité effective des réacteurs, potentiellement affectée par la détection de défauts liés au temps. En Belgique, la moitié du parc est actuellement indisponible pour cette raison.

Cette problématique est une priorité. Le dossier de ce numéro de *Repères* présente l'ensemble des actions menées par l'Institut, depuis la recherche jusqu'à l'accompagnement des inspections en passant par l'expertise des dossiers, pour maintenir voire améliorer, lorsque c'est possible, la sûreté des réacteurs français jusqu'à la fin de leur exploitation.

Jacques Repussard
Directeur général de l'IRSN



Michael Palm/IRSN

Vidéos



Photos



Sons



Articles



Prolonger la lecture de *Repères* avec le webmagazine sur www.irsn.fr

Pour vous **abonner**
irsn.fr
rubrique
Publications

IRSN

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.irsn.fr - Courriel: reperes@irsn.fr
- Directeur de la publication: Jacques Repussard - Directrice de la rédaction: Marie-Pierre Bigot - Rédactrice en chef: Catherine Roulleau - Assistante de rédaction: Isabelle Cussinet - Comité de lecture: Michel Brière, François Paquet - Rédaction et réalisation: SPECIFIQUE - Iconographie: Charlotte Heuzé - Infographies: Antoine Dagan/SPECIFIQUE - Impression: Galaxy (72) - Imprimé sur Cyclus print - ISSN: 2103-3811 - octobre 2014.

Systèmes électriques des centrales

Une collaboration internationale pour améliorer leur sûreté

Renforcer la robustesse des systèmes électriques des centrales nucléaires en tirant les leçons de l'accident de Fukushima, tel était l'objet du projet Robelsys¹. Une collaboration internationale a été animée par l'IRSN sous l'égide de l'OCDE². Elle visait à échanger sur les dispositions prises par près de 25 pays sur ce sujet; des changements apportés à la conception de ces équipements jusqu'à leur exploitation, en passant par la gestion de crise. Après la conférence de clôture du projet en avril 2014 à Paris, les participants ont décidé de poursuivre leurs échanges afin de mutualiser leur savoir-faire, notamment dans le domaine de la simulation de la propagation de défauts électriques (courts-circuits, surtension, etc.).

1. Robelsys pour Robustness of Electrical Systems (Robustesse des systèmes électriques, en français).
2. Organisation de coopération et de développement économiques.

 **Pour en savoir plus**
• www.oecd-nea.org

En chiffre

+43%

1 422 services de radiologie ont transmis les résultats de leurs évaluations dosimétriques à l'IRSN en 2013, contre 993 en 2010. Ces mesures servent à l'IRSN pour actualiser les niveaux de référence diagnostiques (NRD).

 **Pour en savoir plus**
• <http://nrd.irs.fr>



Cette coopérative agricole près de Fukushima peut vendre ses kakis. L'accident ayant eu lieu alors que les arbres n'avaient pas de feuilles, la contamination est restée très modérée.

Guillaume Bresson/Fabien Recoquille/IRSN

Prévisions post-accidentelles

Mieux évaluer l'exposition des populations

“Un accident nucléaire survenant à la fin de l'hiver, comme celui de Fukushima, ou au début du printemps, comme celui de Tchernobyl, conduit à une contamination des denrées agricoles ou d'élevage beaucoup plus faible que s'il a lieu en plein cœur du printemps ou en été”, explique Philippe Renaud, spécialiste de la radioactivité dans l'environnement. Avec d'autres spécialistes, il a examiné les niveaux de contamination de divers aliments (légumes, céréales, fruits, champignons, viande, lait, etc.) pendant les trois ans qui ont suivi l'accident japonais. Cela a confirmé et complété les observations faites en Europe après celui de Tchernobyl.

Des avis pertinents sur les importations de denrées

Grâce à ces données, les chercheurs ont testé les modèles qui, comme Symbiose, servent à prédire l'exposition des populations à des rejets radioactifs. Ils les ont enrichis de nouveaux paramètres, concernant notamment les fruits du verger, pour lesquels les transferts de contamination étaient peu documentés.

“Améliorer ces outils est important, explique Marie Simon-Cornu, spécialiste de l'évaluation des risques à l'IRSN. Ils fournissent des informations précieuses aux pouvoirs publics pour définir des zones d'interdiction et de surveillance en cas d'accident. Ils servent dans le contexte des demandes d'autorisation de fonctionnement des installations nucléaires, pour démontrer leur innocuité avant la mise en service.” “Les données recueillies à Fukushima confortent la pertinence des avis de l'Institut à la Direction générale de la consommation, de la concurrence et de la répression des fraudes (DGCCRF) pour les importations en Europe de denrées japonaises, complète Philippe Renaud. Elles prouvent que nous sommes prêts à faire des prédictions fiables pour les niveaux de contamination des denrées alimentaires en cas d'accident nucléaire en France.” ■

 **Pour en savoir plus**
• Lessons from the Fukushima and Chernobyl accidents concerning the 137Cs contamination of orchard fresh fruits, Radioprotection: <http://dx.doi.org/10.1051/radiopro/2014004>

Crise "transports"

Le Vaucluse s'entraîne

Jeudi 26 juin 2014 sur une route du Vaucluse le long du canal de l'Aigue, à proximité d'un barrage hydroélectrique, un véhicule affrété par Areva transporte 80 fûts d'uranium appauvri jusqu'à l'usine de fabrication de combustible Mox de Marcoule (Gard). Il entre en collision avec un tracteur et une camionnette contenant des bouteilles d'acétylène. S'ensuit une explosion puis un incendie. En 30 minutes, l'alerte est déclenchée à la préfecture du Vaucluse. Les pompiers de la cellule mobile d'intervention radiologique départementale

(CMIR) sont rapidement sur les lieux. À Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine), les experts du centre technique de crise (CTC) de l'IRSN se mobilisent. Leur mission : établir le diagnostic et le pronostic de la situation, pour aider les pouvoirs publics à protéger la population et l'environnement. Ils dépêchent sur place une cellule mobile pour coordonner les mesures radiologiques sur le terrain et évaluer l'état des colis d'uranium après l'accident. Cela n'était qu'un exercice, mais tous les acteurs ont joué leur rôle en conditions réelles. L'objectif était de



Le centre technique de crise (CTC) de l'IRSN à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine).

les entraîner à faire face à un événement dont ils découvrent le scénario au dernier moment. Il s'agissait aussi de tester et de valider l'efficacité du dispositif de gestion de crise. ■

À lire sur le webmagazine
 ● L'intégralité de l'article.

Surveillance de la qualité de l'eau

Détecter l'impact d'effluents miniers grâce aux microalgues

"L'utilisation des microalgues pour révéler la présence d'éléments radioactifs dans les milieux aquatiques est une solution prometteuse. La directive cadre européenne sur l'eau – qui vise à garantir en 2015 le bon état écologique de ces milieux – préconise l'usage de tels bio-indicateurs", rappelle Yorick Reyjol, biologiste à l'Office national

de l'eau et des milieux aquatiques (Onema), organisme technique chargé d'appuyer la mise en œuvre de la nouvelle réglementation en France. Les microalgues – les diatomées notamment – sont utilisées depuis longtemps à fin de bio-indication, et plus récemment comme traceurs de pollutions comme les contaminations métalliques. La composition de leurs communautés varie selon les conditions physicochimiques de l'eau dans laquelle elles vivent et les toxiques présents. Une recherche pilotée par l'IRSN, menée en 2012 dans un cours d'eau du Limousin recevant des eaux de drainage d'anciennes mines d'uranium, a montré qu'elles pouvaient être aussi des indicateurs de qualité du milieu. Un résultat dont les développements intéressent autant les scientifiques que les Agences de l'eau. ■



Jean-Marc Bonzoni/IRSN

Biologiste à l'Institut, Olivier Herlory a réalisé les prélèvements de diatomées.

Anciens sites miniers

Quels sont les risques ?

En mars 2014, un taux de radioactivité de plusieurs milliers de Bq/m³ a été détecté dans une maison de Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne). Cette concentration, très élevée au regard de la valeur guide de 300 Bq/m³, s'explique par la présence dans le sol de résidus d'exploitation de l'uranium, ou stériles. Afin de s'assurer que d'autres situations éventuelles de ce type seraient détectées, Areva a adapté sa campagne actuelle de recensement des stériles miniers en ciblant 470 zones habitées situées à proximité de telles matières. Des investigations prioritaires portent sur 52 de ces sites. Quels sont les risques pour leurs habitants ? C'est ce que l'État a demandé à Areva de diagnostiquer d'ici la fin de l'année, sous le contrôle de l'IRSN, chargé de la contre-expertise de ces dossiers.



Pour en savoir plus

● Le rapport de l'IRSN sur Bessines-sur-Gartempe : www.irsn.fr/Radon-Bessines

Erratum

Dans l'infographie « Radiologues interventionnels : comment optimiser votre exposition ? », parue en p. 15 du dossier Cristallin (*Repères* n° 22), les dosimètres portés par le professionnel sont représentés sur le tablier en plomb. Ils ont été rendus visibles pour rappeler au lecteur que

le travailleur fait classiquement l'objet d'une surveillance dosimétrique au niveau de la poitrine. En réalité, les dosimètres doivent être placés sous les équipements de protection individuelle. L'erreur a été corrigée sur la version digitale du magazine (www.irsn.fr/reperes).



1 Christian Bours/Inaprad



2 Christian Bours/Inaprad

Prévenir les risques liés aux paratonnerres radioactifs

Obsolètes. Pendant des années, des milliers de paratonnerres à tête radioactive ont équipé les toits. Leur désinstallation et leur collecte nécessitent de prendre des précautions. En appui des professionnels, l'IRSN peut intervenir pour des contrôles radiologiques. Il participe à la mise à jour d'un guide pour leur dépose.

Sans le savoir, des salariés de la Banque de France à Poitiers (Vienne) ont travaillé pendant près de quatre ans à proximité d'une source de rayonnements ionisants. Un vieux paratonnerre, tombé lors de la tempête de décembre 2010, a été entreposé sans précaution dans différents locaux de l'établissement, dont des bureaux fréquentés par le personnel. "L'appareil a été découvert de façon fortuite en décembre 2013 par des électriciens qui travaillaient sur place, raconte Olivier Barrieu, expert en radioprotection à l'IRSN. La direction nous a appelés pour sécuriser l'appareil, préparer sa prise en charge par une société spécialisée et réaliser un contrôle radiologique. Aucune contamination n'a été décelée dans le bâtiment. Mais l'évaluation du risque d'exposition a montré que

trois personnes ont reçu de faibles doses, supérieures à la limite réglementaire pour la population."

Autre lieu, autre exemple d'intervention de l'IRSN : en 2011, en Corse, il fallait mettre en sécurité un paratonnerre radioactif détecté à l'entrée d'un centre d'enfouissement des ordures ménagères (voir infographie p. 7).

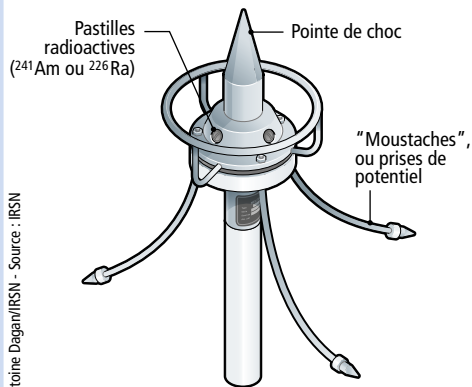
Décoratifs mais radioactifs

Les experts de l'Institut n'ont pas pour mission de déposer (i.e. de désinstaller) des appareils, c'est le rôle d'entreprises spécialisées. Mais ils apportent une assistance par téléphone ou sur le terrain aux autorités administratives, aux pompiers ou aux sociétés confrontées à un tel objet abandonné. Ils réalisent mesures et contrôles.

Plus de 30 000 paratonnerres radioactifs, de différents modèles, sont disséminés en France. "Tous ont été fabriqués et installés entre 1932 et 1986, explique Nicolas Brisson, expert du sujet à l'Institut. La présence d'éléments radioactifs – radium 226 ou américium 241 – était censée augmenter la conductivité électrique autour de la pointe du paratonnerre."

L'efficacité réelle du système n'ayant jamais été démontrée, la fabrication, la commercialisation et l'installation de ces dispositifs ont été interdites en 1987. Restent tous ceux posés avant cette date sur toutes sortes d'édifices : clochers d'églises, campaniles de gares ou de mairies, hôpitaux, écoles, immeubles de bureaux ou d'habitation, pylônes et châteaux d'eau...

Le risque d'exposition externe ou de contamination est négligeable tant que le paratonnerre reste en place, hors de portée et en bon état. Sauf, le cas échéant, pour les antennistes, couvreurs, charpentiers et autres professionnels qui travaillent sur les toits sans être toujours informés des précautions à prendre. "Les paratonnerres exposés aux intempéries se dégradent au fil du temps, observe Nicolas Brisson. La source



Antoine Dagan/IRSN - Source : IRSN

1. Treize modèles de paratonnerres sont radioactifs en France. Celui sur lequel est posée cette cigogne – un Héliota à pastilles – en fait partie.
2. Des pompiers de Strasbourg (Bas-Rhin) mettent en sécurité un paratonnerre radioactif abandonné devant l'école d'un village en 2012.
3. Les trois pastilles qui entourent la tête de ce modèle Héliota sont radioactives. Ses moustaches peuvent aussi contenir du radium 226.

peut alors perdre son intégrité. Des éléments radioactifs peuvent migrer sur le mât, voire se disperser aux alentours. On retrouve d'anciennes têtes démontées dans des déchetteries, des jardins, des lieux de travail, parfois même chez des particuliers qui en font des objets décoratifs ou les vendent sur Internet!"

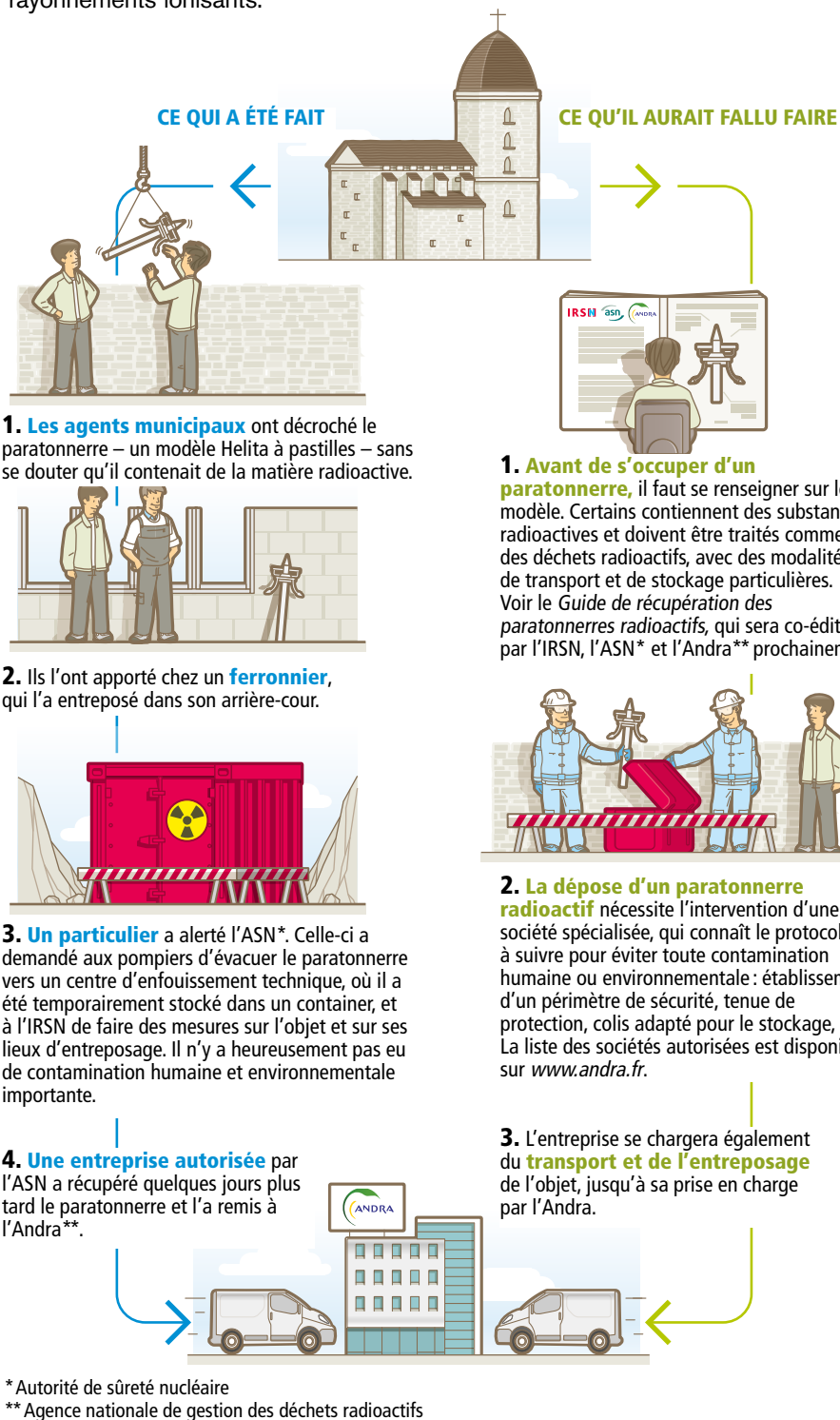
Pour autant, contrairement à d'autres pays européens comme la Belgique, les Pays-Bas, la Suisse ou l'Espagne, la France n'a pas mis en œuvre de programme de récupération systématique des têtes incriminées (lire encadré p. 8).

Cinq à six cents déposes par an

Dans l'attente d'une réglementation qui rendrait leur dépose obligatoire pour tous types de bâtiments, les détenteurs de paratonnerres désireux de s'en débarrasser doivent faire appel à une société autorisée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Cette procédure permet que l'opération s'effectue dans des conditions de radioprotection optimales pour les intervenants et pour le public. Ces spécialistes assurent la dépose, le conditionnement, puis le transport et l'entreposage des appareils, jusqu'à leur prise en charge par l'Agence

Un paratonnerre dans la nature en Corse

Novembre 2011. Plusieurs personnes ont manipulé sans précaution un paratonnerre à tête radioactive, descendu du toit de l'église de Propriano (Corse du Sud). Retour sur l'incident, et mise en parallèle avec ce que les protagonistes auraient dû faire pour éviter d'être exposés à des rayonnements ionisants.



nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra). Chaque année, 500 à 600 anciens paratonnerres, remplacés ou enlevés lors de travaux de démolition ou de rénovation, sont récupérés. Comme tous les déchets de faible activité à vie longue, ils sont stockés

au centre industriel de regroupement, d'entreposage et de stockage (Cires) de Morvilliers, dans l'Aube. Dans le cadre de l'appui qu'il apporte aux acteurs de la filière, l'Institut a été mandaté par l'ASN pour rédiger les chapitres techniques du *Guide d'enlèvement des paratonnerres* ●●●

Antoine Dagan/IRSN - Source : IRSN

●●● *radioactifs*, qui sera co-publié avec l'Andra et l'ASN d'ici la fin de l'année.

Le nouveau guide s'enrichit de l'expérience du terrain

À cette fin, des experts ont assisté à une série de déposes réalisées par des sociétés autorisées. *"Ils ont étudié nos façons de travailler, afin d'identifier les meilleures pratiques à chaque étape des opérations. Ce travail de terrain a été suivi d'un moment de réflexion partagée sur les éléments recueillis"*, témoigne André Mottin, qui dirige France Paratonnerres, l'une des entreprises impliquées. Un retour d'expérience qui a enrichi la version mise à jour de ce document, destiné aux professionnels, aux élus locaux et au grand public. ■



À lire sur le webmagazine

- L'inventaire citoyen de l'Inaparad



À découvrir sur le webmagazine

- Quatre cas de déposes singulières de paratonnerres



Pour en savoir plus

- Sur la demande d'enlèvement : www.andra.fr/producteurs

3 questions à... **Sophie Fournet**

Référente nationale pour les paratonnerres radioactifs à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)

La dépose des paratonnerres radioactifs va-t-elle devenir obligatoire ?

Nous souhaitons parvenir à une dépose systématique, comme cela se fait dans d'autres pays. L'obligation de retrait existe depuis 2008 pour certaines Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE). Nous réfléchissons aux dispositions techniques et réglementaires d'une généralisation de cette exigence.

Comment trouver une entreprise agréée pour ce type d'opération ?

En cas de dépose, il faut s'adresser à un professionnel dûment autorisé par l'ASN pour cette activité. Une liste est publiée sur le site Internet de l'Agence nationale de gestion des déchets radioactifs (Andra). L'autorisation doit être renouvelée périodiquement.

Pourquoi un nouveau guide de dépose ?

Le guide actuel, publié par l'Andra il y a près de vingt ans, nécessitait une mise à jour car la réglementation a évolué. Sa nouvelle version, dont la rédaction du protocole de dépose est pilotée par l'IRSN, est plus complète sur les plans technique et opératoire, plus pédagogique aussi pour s'adresser à un public plus large que les seuls professionnels. Il est attendu pour la fin de l'année 2014.



DR

AILLEURS Dépose obligatoire en Belgique



Paratonnerre radioactif de type Ionix, dont les trois flèches contiennent des sources d'américium 241.

L'enlèvement des paratonnerres radioactifs est obligatoire en Belgique depuis 2003. L'Agence fédérale de contrôle nucléaire (AFCN), l'autorité de sûreté nationale, a entrepris de débarrasser le pays de ceux encore en place. Comme le précise Nadia Vanmechelen, responsable de cette campagne, *"la phase de localisation s'est achevée fin 2010. Pour dresser l'inventaire des sources, nous nous sommes appuyés sur un faisceau d'informations : listings de clients des installateurs, revue des autorisations d'exploitation, mailings adressés aux grandes entreprises, aux communes et aux services de police ou signalements par des citoyens."* Un peu plus de 3700 têtes radioactives ont été enlevées par les professionnels autorisés depuis le début de la campagne, puis évacuées vers l'Organisme national des déchets radioactifs et des matières fissiles enrichies (Ondraf). Moins d'une trentaine restent à vérifier ou à déposer. *"L'AFCN est désormais dans une phase de routine de suivi des paratonnerres connus. Elle intervient en cas de détection fortuite par ses inspecteurs ou en cas de plainte."* ■



Pour en savoir plus

- www.afcn.fgov.be

Des lycéens sensibilisés au risque radon

Initiative pédagogique. Après une dizaine d'heures de travail encadré par des experts et les enseignants, le radon n'a plus de secret pour les lycéens de Cusset, près de Vichy (Allier). Ils connaissent son existence, ses dangers et les moyens de s'en protéger.

"**Q**uand j'ai parlé à mes parents du radon, ils ont été très étonnés. Ils ne connaissaient pas ce risque", raconte Marine, lycéenne de 16 ans, devant sa classe de seconde de la cité scolaire Albert Londres à Cusset (Allier). "J'ai expliqué à ma famille qu'il fallait mieux aérer la maison", ajoute Ophélie, sa camarade, à la fin de leur exposé sur ce gaz radioactif naturel. "C'est un agent cancérogène du poumon", notait plus tôt une autre lycéenne, Valentine. Nous sommes le 22 mai 2014. Comme les autres élèves de leur classe, les trois filles ont mesuré pendant deux mois le taux de radioactivité chez elles à l'aide de dosimètres. Elles rapportent aujourd'hui leurs résultats.

Des dosimètres à la maison

Ont suivi d'autres présentations. Agathe et Louise ont enfilé des blouses blanches pour se glisser dans la peau de scientifiques. Un autre groupe, de huit élèves, était descendu dans la rue avec une caméra pour demander aux passants ce qu'ils savaient du radon. "On a laissé aux élèves beaucoup de liberté pour leur exposé. Certains ont bien joué le jeu, se réjouit Valéry Bordoïs, professeur d'histoire-géographie qui a coordonné et encadré l'activité. Ma rencontre avec l'IRSN et l'Iffo-RME (Institut français des formateurs - Risques majeurs et protection de l'environnement) a fait naître le projet. Un dossier de sensibilisation au radon* a été distribué à chaque élève. Le lycée se trouve dans une région à risque, mais sur une zone intermédiaire avec des territoires moins exposés. J'ai pensé que nous aurions des résultats intéressants." Cela a été



Gregory Mc Grew/IRSN

Les mesures réalisées par les élèves sont cohérentes avec la carte de l'IRSN sur le radon. La radioactivité est plus forte dans les communes à potentiel élevé. Voir les vidéos sur le webmagazine.

le cas, comme le montrent les tableaux et graphiques d'Éloi et Lætitia. Ils ont vérifié la variabilité des mesures en fonction de la pression atmosphérique ou du type de logement et exploré des pistes d'explications : isolation, situation des pièces...

Sensibiliser les parents par ricochet

Avant d'initier ces travaux pratiques, l'Institut avait installé dès janvier dans le hall du lycée une exposition pédagogique pour informer les élèves sur la radioactivité et sur le radon. Geneviève Baumont, chargée d'organiser les actions pédagogiques à l'IRSN, a rencontré des classes de seconde et première pour compléter leurs connaissances. Elle leur a remis des dosimètres à installer dans différentes pièces de leur maison. Le Bureau d'évaluation des risques liés à la radioactivité naturelle (BRN) de l'IRSN et Jérôme Guillevic, son responsable, ont super-

visé les mesures qui ont servi de base aux exposés.

L'expérience a amené certains parents à contacter l'Institut pour en savoir plus sur les moyens de protéger leur logement. Fort des enseignements de cette première opération, l'IRSN s'apprête à la renouveler, en Franche-Comté cette fois. ■

*Wanted - 222Rn, outil documentaire co-édité par l'IRSN, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), l'Iffo-RME et le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (Medde).



À lire sur le webmagazine

- Une présentation du projet pédagogique



Pour en savoir plus

- Sur cette action pédagogique : genevieve.baumont@irsn.fr
- Sur le dossier de sensibilisation au radon distribué aux élèves : www.iffa-rme.fr/content/radon
- Sur le dépistage du radon dans les habitations, lire l'article p. 17
- Sur le potentiel radon de sa commune : www.irsn.fr/carte-radon

Vieillissement des centrales **Un phénomène** **anticipé** **et surveillé**

Le débat sur la transition énergétique met à l'ordre du jour la durée de fonctionnement des réacteurs. L'IRSN et les acteurs du nucléaire n'ont pas attendu cette échéance pour se préoccuper du vieillissement des centrales. Pour chaque composant clé, ce phénomène est anticipé, surveillé et contrôlé pour maintenir la sûreté durant toute la "vie" des installations. Certains équipements, comme les générateurs de vapeur, sont remplacés : Repères a assisté à l'une de ces opérations.

La tranche 4 de Cruas-Meysses (Ardèche), dont on voit ici un générateur de vapeur, aura 30 ans en 2015. Elle rejoindra les 184 réacteurs en exploitation qui ont déjà passé ce seuil dans le monde en juin 2014. L'âge moyen du parc électronucléaire international est de 28,5 ans.

Comme toute installation industrielle, les réacteurs nucléaires vieillissent. Tout au long de leur vie, leurs composants subissent les effets du temps, de l'environnement et les sollicitations répétées liées au fonctionnement de la centrale.

La fatigue mécanique, l'usure, la corrosion, le vieillissement thermique ou dû à l'irradiation risquent d'amoin-drir peu à peu leurs performances, avec des conséquences sur la sûreté. En France, la loi ne fixe pas *a priori* de limite temporelle à leur exploitation. Tous les dix ans, lors des réexamens qu'il réalise, l'exploitant doit montrer la capacité de son installation à fonctionner jusqu'à la prochaine visite décennale, en situation normale ou dégradée, selon les exigences fixées par la réglementation, déclinées en critères.

C'est entre 1978 et 1988 que les 34 réacteurs de 900 MWe – les plus anciens du parc électronucléaire français – ont été mis en service. Soit 31 ans d'âge moyen¹ pour ces installations. La poursuite de leur exploitation au-delà de 40 ans n'est pas acquise à ce jour. *“L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) se prononcera en 2018 sur leur capacité à fonctionner avec un haut niveau de sûreté dix années supplémentaires, rappelle Thierry Payen, spécialiste en mécanique des structures à l'IRSN. Cet avis général devra être confirmé réacteur par réacteur, à l'issue de leurs quatrièmes visites décennales.”*

Ni la cuve ni l'enceinte ne se remplacent

Ce processus s'effectue sous le contrôle de l'Autorité. Le rôle de l'IRSN consiste à expertiser, en amont, la démonstration de sûreté présentée par l'exploitant, afin de permettre la prise de décision. *“Tous les Dossiers d'aptitude à la poursuite de l'exploitation (DAPE) des réacteurs et de leurs composants sensibles sont analysés sous l'angle de la maîtrise du vieillissement”,* précise Thierry Payen. Outre les réexamens et contrôles périodiques, le maintien de la sûreté dans le temps repose sur une surveillance continue des installations, sur la maintenance et, le cas échéant, sur des programmes de rénovation ou de remplacement de certains matériels : systèmes de contrôle-commande, générateurs de vapeur...

Les équipements les plus à risque font l'objet d'un suivi particulier. *“La tenue au vieillissement du circuit primaire et de l'enceinte du bâtiment du réacteur est d'autant plus critique ●●●*

●●● qu'il s'agit de barrières de confinement de la radioactivité : une rupture ou des fuites significatives les affectant pourraient entraîner des rejets importants dans l'environnement", souligne Bernard Chaumont, expert en sûreté à l'IRSN. Si la plupart des éléments du circuit primaire peuvent être remplacés quand ils se dégradent, ni la cuve ni l'enceinte ne peuvent être changées. Ces composants sont conçus au départ pour fonctionner avec des marges de sûreté importantes. Toute la question consiste à gérer ce "capital" dans le temps.

Pour la cuve du réacteur, le principal mécanisme de vieillissement était identifié dès la conception : le bombardement de neutrons issus du cœur fragilise l'acier dont elle est composée. Des "épreuves" d'essais mécaniques représentatives du

matériau de la cuve sont placées près du cœur lors de la construction. Elles permettent à chaque visite décennale de suivre l'évolution de l'acier irradié pour s'assurer de la résistance de ce composant. D'autres méthodes d'examen non destructifs (voir p. 15) viennent compléter l'épreuve hydraulique décennale qui vérifie l'intégrité et l'étanchéité du circuit primaire, dont fait partie la cuve. La gestion du combustible a évolué afin de réduire le flux neutronique subi par la cuve. "Les recherches se poursuivent pour mieux prédire les conséquences à long terme de l'irradiation des aciers. Les travaux de l'IRSN, portant par exemple sur l'évaluation des effets dits de préchargement à chaud, ont déjà permis de préciser dans quelles conditions ces impacts pouvaient être pris en compte dans la démonstration

de sûreté de ce composant, confirme Bernard Chaumont. Après analyse des DAPE fournis par l'exploitant, les experts ont formulé un avis globalement positif sur les justifications apportées quant à la tenue en service des cuves des réacteurs de 900 MWe jusqu'à 40 ans. Pour les quatrièmes visites décennales, nous attendons les dossiers qui intégreront les justifications proposées pour une durée de service allant jusqu'à 50 ans."

Les centrales se bonifient-elles comme le vin ?

Le vieillissement des enceintes de confinement est surveillé grâce à des capteurs intégrés aux parois, à des contrôles périodiques et à une épreuve décennale. Celle-ci soumet la structure à une pression très supérieure à celle rencontrée dans le

Les zones critiques du vieillissement des réacteurs sous pression

Certains éléments d'une centrale nucléaire sont particulièrement sensibles. Lors de ses expertises, l'IRSN s'intéresse à leur vieillissement afin de garantir la sûreté des installations.

1 L'enceinte de confinement

Double paroi en béton, ou simple paroi revêtue d'acier.

- **Risques :** **dégradation du béton, perte de précontrainte.**
- **Moyens de maîtrise :** surveillance des déformations par capteurs, sondages, colmatage des microfissures, épreuve décennale sous pression, R&D.

2 La cuve

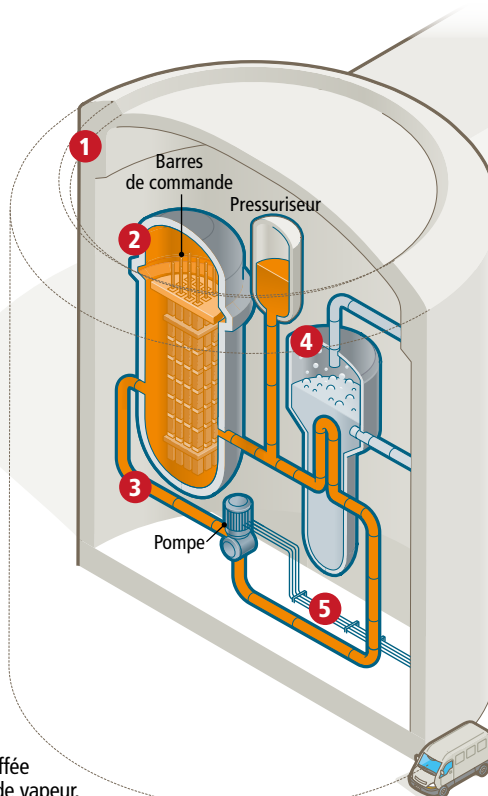
En acier très épais, elle renferme le cœur du réacteur.

- **Risques :** **corrosion, contraintes thermiques et mécaniques, fragilisation par irradiation.**
- **Moyens de maîtrise :** programme de surveillance de l'irradiation, examens non destructifs, épreuve hydraulique, R&D.

3 Le circuit primaire

L'eau y circule depuis la cuve, où elle est chauffée par le cœur du réacteur, jusqu'au générateur de vapeur.

- **Risques :** **corrosion, fatigue thermique et mécanique.**
- **Moyens de maîtrise :** contrôles, épreuve hydraulique, remplacement des composants usés.



4 Le générateur de vapeur (GV)

Échangeur thermique entre les circuits primaire et secondaire du réacteur.

- **Risques :** **usure et corrosion, fatigue thermique et mécanique, colmatage.**
- **Moyens de maîtrise :** examens non destructifs, bouchages des tubes défectueux, remplacement des GV usés.

5 Les câbles électriques

Tous ne sont pas remplaçables.

- **Risques :** **vieillessement des isolants.**
- **Moyens de maîtrise :** R&D.

Des critères de sûreté réévalués au fil du temps

L'usure ou la fatigue des matériels n'est pas le seul phénomène susceptible de limiter la durée de vie "technique" d'une centrale. Celle-ci doit évoluer pour se conformer aux standards de sûreté les plus récents. *"Ce n'est pas parce qu'elle vieillit qu'il faut baisser le niveau d'exigence, souligne Caroline Lavarenne, spécialiste des systèmes et des risques à l'IRSN. L'Institut a émis en 2012 un avis défavorable à une demande de l'exploitant visant à assouplir les critères de taux de fuite en épreuve sur les enceintes des centrales de 1300 et 1450 MWe. L'objectif est de maîtriser le vieillissement tout en renforçant la sûreté. Cela a conduit à considérer l'évolution des composants à l'aune de référentiels qui ne cessent de se renforcer."*

Les prochains réexamens de sûreté devront s'approcher autant que possible des exigences applicables aux réacteurs de dernière génération, tel l'EPR, et des objectifs fixés par l'association des autorités de sûreté européennes (WENRA, en anglais). Par exemple, en cas d'accident avec fusion du combustible, le volume maximal de rejets pour toutes les situations envisagées ne devra nécessiter que des mesures de protection des populations limitées dans le temps et dans l'espace. La prolongation éventuelle du fonctionnement des centrales impose la mise en place d'ici 2018 du "noyau dur" post-Fukushima. Il correspond à un ensemble de modifications apportées aux installations pour garantir leurs fonctions vitales dans des scénarios extrêmes. ■

réacteur en exploitation. La constitution des DAPE a permis de rassembler l'état de l'art sur le vieillissement, nécessaire à la démonstration de sûreté jusqu'à 40 ans.

Les recherches portent sur les déformations à long terme des ouvrages de béton précontraint et sur les dégradations physico-chimiques du béton, dont on souhaite mieux cerner les conditions d'évolution. Elles viennent approfondir les données du retour d'expérience des centrales en exploitation, afin de nourrir l'expertise. L'IRSN partage celle-ci, via notamment les échanges au sein des Commissions locales d'information (CLI) ou ses publications.

"Les industriels parlent des réacteurs comme de bons vins qui se bonifieraient en prenant de l'âge, déclare Sébastien Blavier, chargé des questions nucléaires à Greenpeace France. Ils deviendraient de plus en plus sûrs avec l'expérience et les améliorations apportées au fil du temps. Ce discours dénie la réalité : à savoir que le vieillissement est inexorable." De fait, la question de l'âge se pose, avec ses certitudes et ses incertitudes. *"C'est un processus continu, conclut Thierry Payen. Si demain une centrale franchit 40 ans, ce ne sera pas un 'saut dans le vide'. Pour autant, il faut une vision claire et transparente de ce qui se passera*

dans les années suivantes. L'IRSN a cette mission prospective, pour en faire bénéficier la sûreté mais aussi le débat public." ■

1. Contre 25 ans d'âge moyen pour les 20 réacteurs du palier 1300 MWe, et 15 ans pour les quatre réacteurs de 1450 MWe.

2. Pièces d'essai, de forme et de dimensions normalisées, destinées à tester le matériau pour caractériser son comportement mécanique.



À lire sur le webmagazine

• L'article Faut-il s'inquiéter des microfissures dans certaines cuves de réacteurs nucléaires ?

Aux États-Unis, réexamen tous les 20 ans

Tous les pays dotés d'un parc électronucléaire ont développé une gestion du vieillissement qui s'appuie généralement, comme en France, sur les recommandations de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). En Suisse, par exemple, la loi n'a pas fixé de limite de temps au fonctionnement des cinq réacteurs en service. L'autorisation de poursuivre l'exploitation repose sur un réexamen de sûreté décennal et un programme de surveillance et de maîtrise des effets du vieillissement sur l'ensemble des composants clés et des structures de génie civil. Certains pays ont une approche spécifique : aux États-Unis, l'autorisation d'exploitation des 100 réacteurs en service, renouvelable par périodes de 20 ans, se fonde sur une démarche d'amélioration continue (pas de réexamens décennaux). Le vieillissement des composants passifs à longue durée de vie (cuves, enceintes, tuyauteries) fait l'objet d'une surveillance particulière, tandis que les composants actifs (pompes, par exemple) relèvent de la maintenance courante. Les échanges dans le cadre de forums internationaux organisés par l'AIEA et l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques), auxquels participe l'IRSN, contribuent à l'amélioration globale des démarches de maîtrise du vieillissement. ■



Pour en savoir plus

• Sur le vieillissement des centrales suisses : www.ensi.ch/fr

Cruas-Meysse remplace ses générateurs de vapeur

Reportage. Composants essentiels des réacteurs à eau sous pression, trois générateurs de vapeur de la centrale EDF de Cruas-Meysse (Ardèche) ont été remplacés. Une opération suivie par l'IRSN.



 Le générateur de vapeur mesure plus de 20 mètres de haut, pèse 300 tonnes à vide – soit l'équivalent d'un bâtiment exigu. Son remplacement est une opération très technique, suivie par un expert de

Le chantier a nécessité deux ans de préparation. Entre le 8 mars et le 20 juin 2014, plus de 1 000 personnes – agents EDF et personnels des entreprises partenaires conduites par Areva – se sont mobilisées pour réaliser le remplacement des générateurs de vapeur (GV) de la tranche 4 de la centrale de Cruas-Meysse (Ardèche). Une intervention spécifique dans la vie d'un réacteur, qui améliorera la sûreté et l'efficacité industrielle de l'installation. *“Dans une centrale, chaque réacteur compte trois ou quatre de ces composants, dont la fonction consiste à transformer en vapeur l'eau du circuit secondaire pour alimenter la turbine et produire de l'électricité, rappelle Thierry Sollier, ingénieur d'analyse de sûreté à l'IRSN. L'énergie pour cette transformation provient de l'eau chauffée par le combustible dans le circuit primaire. Le générateur est un échangeur thermique entre le circuit primaire et le circuit secondaire.”*

Le générateur de vapeur joue un rôle crucial sur le plan de la sûreté : *“Il fait partie de la deuxième et de la troisième barrière de*

confinement. L'échange thermique se fait au niveau de plusieurs milliers de tubes en U où circule l'eau du circuit primaire et dont la paroi très fine – 1 mm d'épaisseur environ – empêche le transfert d'eau radioactive à l'extérieur du bâtiment. Dans certaines situations accidentelles, le GV est utilisé pour refroidir le cœur du réacteur.”

Prévenir le risque de rupture

En fonctionnement normal, les tubes subissent des contraintes thermiques et mécaniques – pression, vibrations, etc. – en milieu aqueux. D'où des phénomènes d'usure et de corrosion, surveillés lors des arrêts pour maintenance par des sondes de contrôle. *“Des microfissures de quelques millimètres de longueur finissent par apparaître sur certains GV d'origine. Pour prévenir tout risque de fuite significative ou de rupture, nous bouchons les tubes qui présentent un risque au fil des interventions de maintenance”,* témoigne Jean-Marie Boursier, directeur technique de la centrale. Les critères relatifs à la taille des fissures ont été établis par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)

et l'IRSN. Le taux de bouchage admissible est défini en fonction du type de générateur et des conditions d'exploitation. Au-delà de cette limite, justifiée par les études de sûreté, un GV ne peut pas être autorisé à fonctionner. EDF réalise régulièrement des pronostics d'évolution des taux de colmatage pour planifier de manière optimale les opérations lourdes de remplacement. *“Les impératifs de sûreté rejoignent les enjeux de production. Le bouchage affecte le rendement de l'installation. Sur la tranche 4 de Cruas-Meysse, âgée de 30 ans, la perte de rendement atteignait environ 5 %”,* précise Jean-Marie Boursier.

Le 26^e remplacement de GV

EDF a lancé le programme de remplacement des GV de ses réacteurs de 900 MWe en 1990. Celui de Cruas 4 est le 26^e en France. *“Nous bénéficions d'un solide retour d'expérience”,* constate Jean-Marie Boursier.

Une fois le réacteur arrêté, son combustible déchargé et les circuits vidangés, les générateurs usés sont extraits du bâtiment du réacteur.

Contrôler les matériaux sans les détruire

Technologie. En pointe dans le domaine des examens non destructifs des structures métalliques, les experts contribuent au développement de logiciels de simulation des contrôles. Plusieurs brevets ont été déposés.

Le suivi du vieillissement des équipements sous pression des réacteurs repose pour une grande part sur la réalisation d'examens non destructifs (END). Ceux-ci sont utilisés pour détecter et dimensionner d'éventuels défauts sur les gros composants des circuits primaires et secondaires – cuve, générateurs de vapeur, tuyauteries... –, susceptibles d'apparaître puis d'évoluer durant l'exploitation. En présence de composants de forme complexe, comme des coudes de tuyauteries, ou de matériaux métalliques à structure inhomogène, les performances de ces contrôles peuvent être diminuées. Afin de pallier cette difficulté, l'IRSN

a mis au point avec le Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA) des capteurs souples, qui s'adaptent "intelligemment" à la forme des pièces. L'Institut collabore avec la *Nuclear Regulatory Commission* (NRC), aux États-Unis, sur les matériaux hétérogènes (cf. Repères n°21, p.5), pour développer des modèles de simulation permettant d'estimer les performances des examens par ultrasons, par radiographie ou par courants de Foucault*. Ces derniers sont couramment utilisés en appui aux expertises réalisées pour les Autorités de sûreté. ■

* Courants électriques induits dans la pièce à contrôler par un champ magnétique.



Jean-Marie Huron/Signatures/IRSN

alent d'un avion A380 et demi – et se loge dans l'IRSN. Voir le diaporama sur le webmagazine.

Vient ensuite la phase d'installation de leurs remplaçants et leur raccordement aux tuyauteries, qui exige des ajustements au millimètre. Après vérification des soudures par radiographie et épreuve hydraulique, le réacteur est rechargé et recouplé au réseau électrique.

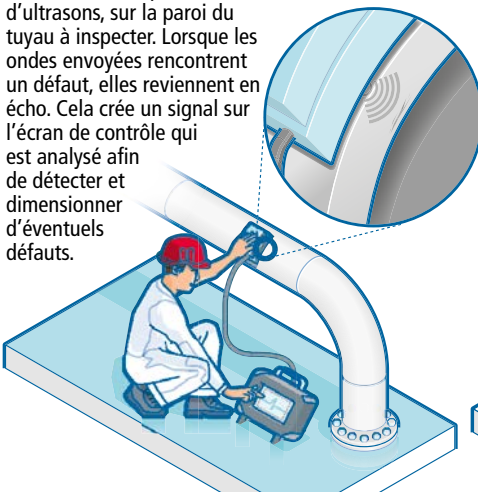
L'opération est instruite par l'ASN avec le soutien de l'IRSN, notamment pour les aspects thermohydrauliques en relation avec la gestion du combustible du réacteur et le type de GV installé. "Les mêmes opérations sont programmées dans les prochaines années pour les trois autres réacteurs de Cruas-Meysses, conclut Jean-Marie Boursier. Les nouveaux matériels bénéficient d'améliorations technologiques. Par exemple, l'alliage '600' à base de nickel des tubes est remplacé par de l'alliage '690', également à base de nickel mais plus riche en chrome. Cela les rend moins sensibles à la corrosion et facilite leur maintenance. On a investi 140 millions pour le chantier d'aujourd'hui, afin de se donner un horizon de 30 ans supplémentaires de production et d'améliorer la sûreté de l'installation." ■

Comment situer et dimensionner un défaut dans une paroi épaisse en acier ?

Pour dépister et diagnostiquer un défaut au cœur d'un matériau, donc invisible à l'œil nu, le contrôle par ultrasons peut être une solution. Exemple sur une tuyauterie de centrale nucléaire.

1. Contrôle

L'opérateur déplace la sonde, émettrice et réceptrice d'ultrasons, sur la paroi du tuyau à inspecter. Lorsque les ondes envoyées rencontrent un défaut, elles reviennent en écho. Cela crée un signal sur l'écran de contrôle qui est analysé afin de détecter et dimensionner d'éventuels défauts.



2. Simulation

L'IRSN contribue à la mise au point de modèles de simulation, en partenariat avec le CEA. Ces outils sont souvent utilisés lors d'expertises pour évaluer les contrôles réalisés par les exploitants.



Antoine Degan/IRSN - Source : IRSN

Comprendre le vieillissement, du jeune âge au long terme

Recherche & Développement. Les programmes de l'Institut soutiennent son expertise. Ils approfondissent la connaissance des mécanismes de vieillissement, de leur évolution et de leurs conséquences.

L'IRSN n'a pas attendu que soit posée la question d'une prolongation de la durée de vie des centrales pour mener des recherches sur leur vieillissement. Il a engagé ces dernières années des travaux sur les phénomènes impactant la tenue en service des réacteurs. *"L'accent est mis sur la compréhension des mécanismes clés de dégradation des matériaux et structures des composants non remplaçables. Pour la cuve et l'enceinte par exemple, pour lesquels l'état des connaissances reste incomplet, explique Bernard Chaumont, spécialiste en sûreté à l'IRSN. L'objectif est de mieux détecter l'apparition de défauts et de maîtriser les conditions de leur développement dans le temps, à l'échelle microscopique et macroscopique."*

Les priorités de recherche de l'Institut portent sur : le comportement des matériaux et composants métalliques (à commencer par l'acier des cuves sous irradiation), le vieillissement des enceintes de confinement et des gaines de câbles électriques

et le développement des méthodes d'examen non destructifs (voir p. 15). La volonté est d'ouvrir la recherche à travers des collaborations avec le monde académique, en plus des coopérations avec les acteurs nationaux et internationaux du nucléaire.

Des modèles prédictifs

Les études sur les enceintes l'illustrent. Comme le rappelle Georges Nahas, expert en génie civil à l'IRSN, *"ces ouvrages sont auscultés en permanence depuis leur construction. Avec le temps, ils peuvent subir des déformations de structure et les effets de 'maladies' du béton encore mal connues, bien que capables d'engendrer à terme des fissures."* Des thèses initiées en 2011-2012 avec l'École normale supérieure de Cachan et l'IFSTTAR* sur ces sujets débouchent sur des résultats déjà valorisables dans le cadre de la démonstration de sûreté.

L'IRSN travaille avec ces mêmes partenaires à la mise en place d'un Observatoire de durabilité des ouvrages en béton armé (Odob),



La réaction sulfatique interne est une dégradation du béton pouvant toucher l'enceinte de confinement.

pour approfondir l'étude de ces phénomènes. Il participe au développement de maquettes permettant de valider le changement d'échelle, de l'éprouvette à l'ouvrage réel, tel le projet VerCoRS, en cours de construction par EDF. Autant de pistes pour disposer de modèles prédictifs, en vue d'établir un pronostic de durée de vie dans le cadre de l'expertise de sûreté. ■

* Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux.

BIBLIOGRAPHIE

- **Synthèse du rapport de l'IRSN** sur le Programme associé au projet d'extension de la durée de fonctionnement des réacteurs du parc en exploitation, juillet 2013 : www.irsn.fr/extension-parc
- **Numéro spécial de la revue de l'ASN** sur la poursuite d'exploitation des centrales nucléaires : Contrôle n° 184, juin 2009, sur www.asn.fr
- **Synthèse du rapport de l'IRSN** sur la définition d'un noyau dur post-Fukushima pour les réacteurs du parc nucléaire, janvier 2014 : www.irsn.fr/rapport-ND

- **Rapport de WISE-Paris** sur L'échéance des 40 ans pour le parc nucléaire français, février 2014 : www.greenpeace.org
- **Glossaire du vieillissement des centrales nucléaires**, OCDE-AEN, 1999 : www.oecd-ilibrary.org

POUR EN SAVOIR PLUS

- **Sur l'effet d'un type de dégradation du béton**, la réaction sulfatique interne, sur les enceintes de confinement, lire le magazine Aktis n° 13 : www.irsn.fr/aktis

- **Sur la modélisation du vieillissement de l'acier**, lire Aktis n° 16 : www.irsn.fr/aktis

CONTACTS

- **Vieillissement des centrales :** thierry.payen@irsn.fr
- **Maîtrise des risques liés au vieillissement :** bernard.chaumont@irsn.fr
- **Remplacement des générateurs de vapeur :** thierry.sollier@irsn.fr

Limiter la présence du radon dans une habitation

Gaz radioactif d'origine naturelle, le radon est considéré en France comme la seconde cause de mortalité par cancer du poumon après le tabac. Les autorités sanitaires recommandent de ne pas avoir une concentration de ce polluant supérieure à 300 Bq/m³. En tant que particulier, que faire pour savoir si son habitation est concernée ? Comment le dépister et limiter sa présence ?

• **TÉMOIGNAGE** Une conseillère médicale en environnement intérieur • **DÉCRYPTAGE** Comment connaître la concentration en radon de mon logement ? • **AVIS D'EXPERT** Un spécialiste du radon à l'IRSN

TÉMOIGNAGE

“ Le dépistage du radon est simple et peu coûteux. ”

Habiba Ammari est conseillère médicale en environnement intérieur au sein du réseau d'allergologie de Franche-Comté. À la demande de médecins, de services communaux d'hygiène et de santé ou de délégations territoriales de l'Agence régionale de santé (ARS), elle réalise des diagnostics de la qualité de l'air. Depuis fin 2012, la mesure du radon fait partie de sa panoplie. L'IRSN met gratuitement à sa disposition des kits de dépistage développés avec la société Dosirad.

“ Le radon ne provoque pas d'allergie mais il peut avoir un impact sur la santé à long terme. C'est pourquoi nous avons décidé en 2012, avec l'IRSN et l'ARS, d'intégrer son dépistage aux autres mesures de polluants que je réalise chez des personnes souffrant de pathologies liées à leur habitat (allergies, asthme...) : acariens, moisissures, formaldéhyde,

etc. Je fais un diagnostic global de la qualité de l'air intérieur. Si les logements sont au rez-de-chaussée ou au premier étage*, et si les diagnostics sont réalisés entre octobre et février, quand les fenêtres sont souvent fermées, je propose aux patients de poser un dosimètre radon (cf. photo) chez eux.

Des logements à plus de 1 000 Bq/m³

Au bout de deux mois, ils nous retournent les boîtiers, que nous envoyons à l'IRSN pour analyse. Dans le cadre du partenariat que nous avons avec l'Institut, ce dépistage est gratuit. Sans cela, l'opération coûterait quelques dizaines d'euros par logement.

Depuis que je mesure le radon, j'ai posé des dosimètres dans 82 logements : 3 % d'entre eux ont montré un taux de radioactivité supérieur à 1 000 Bq/m³. À de tels niveaux, abaisser les concentrations devient indispensable et il peut être nécessaire d'engager des travaux de remédiation (mise en dépression du sous-

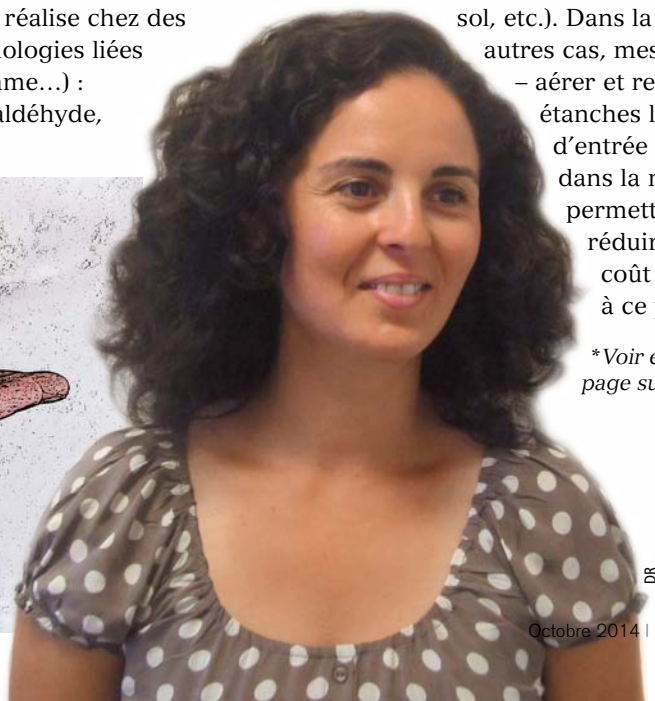
sol, etc.). Dans la plupart des autres cas, mes conseils

– aérer et rendre étanches les voies d'entrée du radon dans la maison – permettent de réduire à moindre coût l'exposition à ce polluant.” ■

*Voir explications page suivante.



Michel Labelle/Signatures/IRSN



DÉCRYPTAGE

Quelle est la concentration en radon

Michel Durand s'interroge car il a entendu parler du radon et de son rôle. Sa maison est-elle remplie de ce gaz radioactif ? Si oui, que peut-il faire pour

1 Suis-je concerné ?

Michel Durand consulte le site Internet de l'IRSN pour connaître le potentiel radon de sa commune. Celui-ci est moyen : plus de 40 % des bâtiments y présentent un taux de radioactivité supérieur à 100 Bq/m³. Il commande des dosimètres auprès d'un laboratoire spécialisé pour faire des mesures chez lui. Cela ne lui coûte que quelques dizaines d'euros.



I À savoir

300 Bq/m³

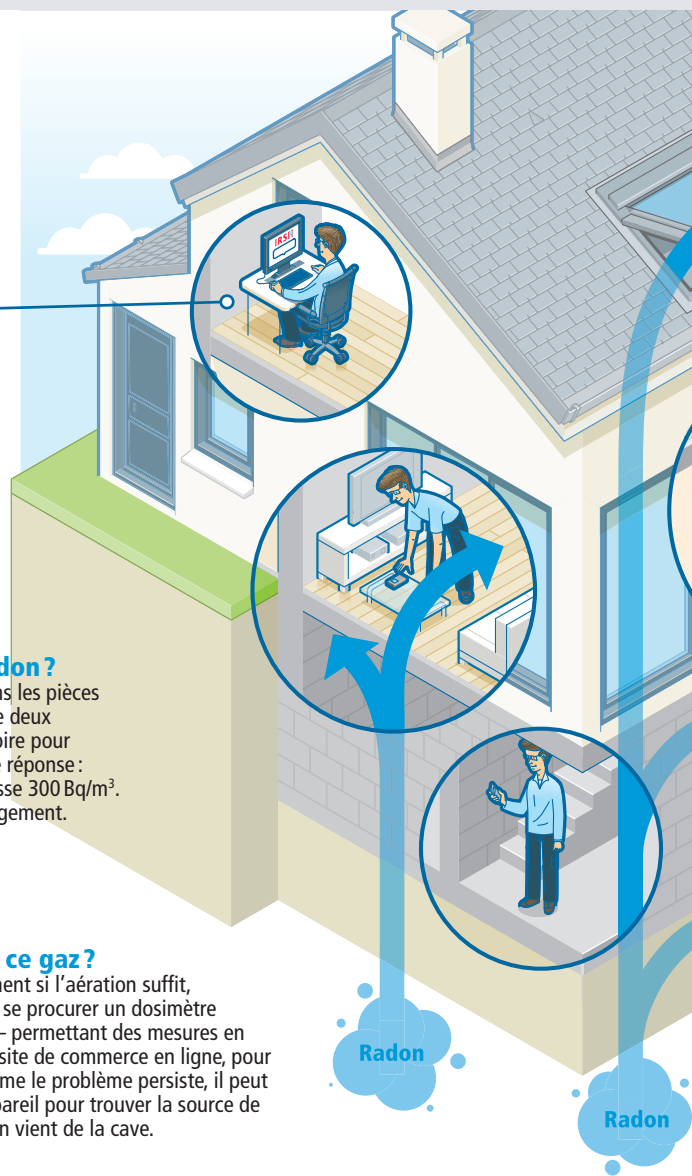
C'est le seuil que l'Organisation mondiale pour la santé (OMS) recommande de ne pas dépasser et la valeur de référence à laquelle la Commission européenne demande aux États membres de se référer (directive européenne 2013/59/Euratom du 5 décembre 2013).

2 Comment dépister le radon ?

Michel Durand pose les dosimètres dans les pièces où il passe le plus de temps. Il les laisse deux mois, avant de les renvoyer au laboratoire pour analyse. Quinze jours plus tard, il a une réponse : la radioactivité moyenne chez lui dépasse 300 Bq/m³. Il s'astreint à aérer plus souvent son logement.

3 D'où vient ce gaz ?

Afin de voir rapidement si l'aération suffit, Michel Durand peut se procurer un dosimètre électronique radon – permettant des mesures en temps réel – sur un site de commerce en ligne, pour 250 € environ. Comme le problème persiste, il peut utiliser le même appareil pour trouver la source de la pollution. Le radon vient de la cave.



I Qu'est-ce que le radon ?

- **Le radon est un gaz radioactif** produit par désintégration de l'uranium dans les roches. On le trouve surtout dans les massifs anciens (Massif central, Vosges, Bretagne...).
- Le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) l'a reconnu en 1988 comme « **carcinogène (ou cancérigène) certain** ».
- Le radon tend à s'accumuler dans **les pièces les plus basses et les moins ventilées** des habitations (au sous-sol par exemple).

I En chiffres

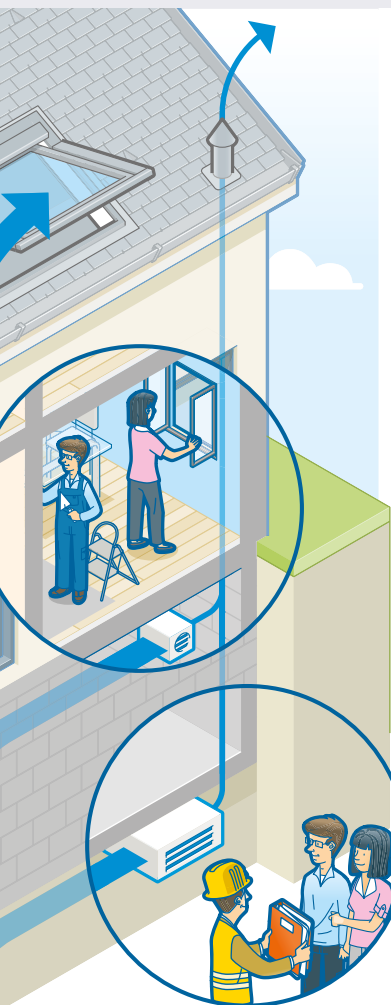
- **19,6 %** des Français ne savent pas si le radon représente un risque ou non (Source : Baromètre IRSN 2014).
- **9 départements** sont particulièrement concernés : Cantal, Corrèze, Corse du Sud, Creuse, Doubs, Haute-Loire, Haute-Vienne, Loire et Lozère. Certaines mesures peuvent y dépasser plusieurs milliers de Bq/m³.
- **À 10 000 Bq/m³**, le risque de développer un cancer du poumon pour un non-fumeur devient comparable à celui d'un fumeur.

I Où se procurer des dosimètres ?

- **Plusieurs laboratoires spécialisés** proposent des dosimètres à poser chez soi, puis leur analyse : Algade, Dosirad, Landauer, Pe@rl, Saphymo, etc.
- **Pour des dosimètres permettant des mesures en temps réel** : www.amazon.fr, www.puremaison.fr, etc.
- **Pour les diagnostics**, une liste des organismes agréés figure sur le site de l'Autorité de sûreté nucléaire : www.asn.fr

de mon logement ?

dans l'apparition de cancers du poumon.
limiter sa présence ?



4 Que faire pour réduire la concentration en radon ?

Michel Durand est bon bricoleur. Il réfléchit à plusieurs solutions : créer une entrée d'air dans la cave, y installer une ventilation mécanique, boucher des fissures entre le bâtiment et le sous-sol, colmater les passages de canalisations entre la cave et la partie habitée, etc. Ces solutions ne coûtent pas plus de quelques centaines d'euros.

5 À plus de 1000 Bq/m³, que faudrait-il faire ?

Les particuliers peuvent préférer faire appel à un professionnel pour un diagnostic plus précis. Dans certains cas, les solutions sont coûteuses. Des travaux de reprise de dalle et d'étanchéification ou un système de mise en dépression du sous-sol qui permet de drainer le radon et de le rejeter dans l'air extérieur peuvent atteindre une dizaine de milliers d'euros.

Antoine Dagan/IRSN - Source : IRSN

Contact

Didier Gay

Tél : 01 58 35 98 27
didier.gay@irsn.fr

Pour aller plus loin

- Informations et documentation de l'IRSN sur le radon : www.irsn.fr/radon

- Cartographie du potentiel radon par commune : www.irsn.fr/carte-radon

- Institut français des formateurs - Risques majeurs et protection de l'environnement : www.iffo-rme.fr/content/radon



À voir sur le webmagazine

- Une vidéo explicative sur les risques liés au radon

Antoine Devouard/IRSN

AVIS D'EXPERT

“ Réduire les concentrations en radon n'est pas si compliqué. ”

“ La population est encore trop peu sensibilisée au risque radon, alors que près de 7250 communes ont un potentiel radon moyen ou élevé et que plus de 11 millions d'habitants y résident. Cela fait plus de 25 ans que le caractère cancérigène de ce polluant est officiellement établi, mais 8% seulement des médecins généralistes déclarent avoir eu l'occasion d'aborder ce risque avec leurs patients.

Savoir si on y est exposé est très simple : il suffit de poser un dosimètre chez soi. Si les concentrations mesurées sont significatives, il existe dans la très grande majorité des cas des solutions simples et peu chères pour retrouver des niveaux acceptables. Deux grands types d'actions sont possibles : empêcher le gaz de rentrer ou éviter qu'il ne s'y accumule en améliorant la circulation de l'air dans le logement. Dans les cas les plus complexes,

heureusement assez rares, les travaux peuvent coûter plus de 10000 euros. L'idéal est alors de pouvoir les inscrire dans un projet de rénovation plus global, tel qu'un projet d'amélioration de l'efficacité énergétique.” ■



Didier Gay,
spécialiste du radon
à l'IRSN

Comment améliorer l'étude des risques en radiothérapie ?

Retour d'expériences. Les unités de radiothérapie peinent à répondre à l'obligation de mener une étude des risques encourus par leurs patients, imposée à la suite des accidents d'Épinal (Vosges) et de Toulouse (Haute-Garonne)¹. Sylvie Thellier, auteur d'un rapport de l'IRSN sur le sujet, et Philippe Le Tallec, qui encadre les manipulateurs en radiothérapie d'un centre de lutte contre le cancer, évoquent ces difficultés.

À RETENIR

- **Au 25 mars 2011**, les unités de radiothérapie devaient avoir identifié les risques pouvant aboutir à une sur-irradiation ou une sous-irradiation de leurs patients. Elles devaient avoir proposé des dispositions pour les réduire et mis en œuvre un suivi de ces actions (cf. l'article 8 de la décision ASN n° 2008-DC-0103).
- **Cette obligation** a fait progresser la culture de sûreté, mais les études des risques réalisées manquent de qualité.
- **Pour une meilleure contribution** à la sécurité des traitements, l'IRSN propose de revoir le niveau d'exigence des études et d'améliorer l'accompagnement des professionnels.

Selon le rapport *Étude des risques en radiothérapie : état des lieux et perspectives d'amélioration*, publié par l'IRSN, 80% des unités de radiothérapie avaient rempli leur devoir fin 2013. Les autres finalisaient. Ce résultat est-il satisfaisant ?

Sylvie Thellier : Une distinction est à faire entre les dimensions quantitative et qualitative de ce bilan. L'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) demande aux unités d'identifier toutes les situations pouvant porter atteinte à la sécurité des patients². Ces études – aussi appelée cartographies des risques – ont été faites, mais suffisent-elles à améliorer la sûreté des traitements ? Les problèmes sont souvent abordés en superficie, sans recherche des causes profondes.

Philippe Le Tallec : Nous n'avons pas les compétences pour mener ces études ! Dans notre formation initiale, nous avons appris à soigner,

pas à analyser nos défaillances. Seuls les plus jeunes sont sensibilisés à ces questions pendant leur cursus.

Quelles sont les difficultés rencontrées ?

S.T. : La première est méthodologique. Pour réaliser ces études, l'ASN met à disposition un guide qui propose d'identifier tous les risques, un à un. Les professionnels peinent à imaginer des scénarios où plusieurs défaillances se combinent lors du parcours de soins : par exemple, une transmission insuffisante des informations associée à l'absence de modalités d'encadrement lors de la prise de poste d'un nouveau professionnel dans l'équipe. Les unités disent avoir du mal à hiérarchiser les risques : quels sont les moins acceptables, à traiter en priorité ? Chacun peut avoir un avis différent selon son métier – radiothérapeute, manipulateur, physicien médical, etc.

P.L.T. : Un autre frein est le manque

“ La démarche est complexe. Les professionnels de santé sont peu accompagnés. ”

Sylvie Thellier

Spécialiste à l'IRSN des facteurs organisationnels et humains de la gestion des risques dans le secteur médical, elle est l'auteur du rapport L'étude des risques en radiothérapie : état des lieux et perspectives d'amélioration, publié début 2014 par l'IRSN.

de ressources. Quand nous décidons de mettre en place des actions, il est compliqué de les appliquer et encore plus de les suivre. Faute de financements, nous n'avons pas de poste dédié. Pour faire vivre la cartographie, les professionnels de santé doivent prendre du temps sur celui dédié aux soins.

Que préconisez-vous ?

S.T. : Pour l'IRSN, il faudrait améliorer l'accompagnement des unités de radiothérapie, les aider notamment à mieux appréhender la notion de risques, à les combiner et à les hiérarchiser. Nous proposons de simplifier la démarche. Plutôt qu'une étude exhaustive, il serait plus facile et mobilisateur de faire ce travail au moment d'un changement d'équipement, d'organisation, de pratiques ou de personnel. Mutualiser une partie des études entre des unités similaires pourrait être bénéfique, en termes de partage d'expériences et de ressources.

P.L.T. : Les professionnels attendent beaucoup des réflexions menées par l'Institut et l'Autorité sur le sujet. Aujourd'hui, certains problèmes persistent malgré les études de risques et les actions mises en œuvre. Pour passer ce mur, nous avons besoin d'un appui méthodologique, en plus de moyens.

Y a-t-il, malgré tout, des avancées liées à ces études de risques ?

P.L.T. : La culture de sécurité a progressé au sein des unités de radiothérapie. Aujourd'hui, avant chaque acte de soins, les manipulateurs ont systématiquement en tête le risque qu'ils peuvent faire courir à leurs patients. Les équipes prennent le temps de réfléchir avant de décider d'un changement technique ou méthodologique. Des améliorations ont aussi été apportées dans le fonctionnement des services. La carte d'identification du patient, par exemple, permet d'éviter d'administrer à un malade le traitement d'un autre : l'identito-vigilance



Reportage photo : Thierry Borredon/Signatures/IRSN



Sylvie Thellier et Philippe Le Tallec évoquent les pistes d'amélioration pour les études de risques en radiothérapie. Découvrez ces perspectives dans le webmagazine.

est au cœur de nos préoccupations.

S.T. : Je vois un autre point positif. Par manque de temps, les réunions de service, avec plusieurs métiers autour de la table, ont tendance à disparaître. Les études de risques obligent à les maintenir. ■

*1. En 2005, 24 patients avaient reçu une dose trop importante de rayonnements au centre Jean Monnet d'Épinal (Vosges). En 2007, 145 autres personnes avaient été surexposées au CHU de Toulouse (Haute-Garonne).
2. Voir l'article 8 de la décision ASN n°2008-DC-0103.*

Philippe Le Tallec

Il encadre les manipulateurs en radiothérapie du centre de lutte contre le cancer Henri Becquerel de Rouen (Seine-Maritime) depuis 2003. Auparavant, il avait exercé pendant 23 ans comme manipulateur dans le même service. Il est aujourd'hui coordonnateur de la gestion des risques associés aux soins au sein de l'établissement. Il a participé à l'enquête de l'IRSN.

“ Pour établir une cartographie des risques, les professionnels doivent prendre du temps sur celui dédié aux soins. ”

Pour en savoir plus

- Lire le rapport Étude des risques en radiothérapie sur www.irsn.fr/etude-risques-Radiotherapie
- Lire l'article 8 de la décision ASN n°2008-DC-0103 et le guide n°4 sur www.asn.fr
- Suivre la session "Qualité et sécurité en radiothérapie" du congrès national de la Société française de radiothérapie oncologique (SFRO), avec Sylvie Thellier et Philippe Le Tallec, le vendredi 14 octobre 2014 à 14h au CnIt de Paris-La Défense : www.sfro.org



Du dialogue à la co-construction d'une expertise

Ouverture à la société. Contribuer à la vigilance citoyenne est une dimension essentielle de la maîtrise des risques. C'est une priorité pour l'IRSN. Le bilan de la mise en œuvre de sa Charte d'ouverture à la société civile le confirme.



Olivier Seignette/Mikael Lafontan/IRSN

La station expérimentale de l'IRSN à Tournemire (Aveyron) a ouvert ses portes le 21 septembre 2014. Une action qui vise à répondre aux questions de la société civile.

A accroître la transparence de ses travaux, partager ses connaissances, aider les acteurs de la société à monter en compétence pour construire ensemble l'évaluation des risques : tels sont les engagements de la

Charte d'ouverture à la société, mise en œuvre depuis 2009 par l'Institut. Un bilan de son application, portant sur les actions menées entre 2011 et 2013, est en préparation. Selon les premiers éléments, les partenaires de l'établissement – élus, associations,

commissions locales d'information (CLI), etc. – ont le sentiment que cette démarche est *"au cœur des missions de l'IRSN"*. Ils notent des progrès pour l'accès aux travaux de l'Institut. Ils déplorent quelques freins, notamment la publication en anglais des travaux de recherche ou le secret industriel et commercial invoqué par les entreprises pour limiter la communication de certains rapports contenant des données leur appartenant. Ce bilan témoigne de la relation de confiance construite au cours des dernières années. Comme le rappelle François Rollinger, en charge de l'ouverture à la société à l'IRSN : *"La volonté de dialoguer avec les CLI et les associations, de partager ce que nous faisons et comment, existe depuis la création de l'établissement en 2002. La charte marque la volonté d'approfondir ces échanges, d'aller vers une compréhension partagée des risques radiologiques et nucléaires."*

Des actions de proximité

À l'issue d'un premier bilan, en 2011, qui mettait en évidence la traduction concrète des engagements pris, l'Institut est entré en 2012 dans une nouvelle étape de sa stratégie d'ouverture. *"Deux priorités ont été fixées, précise François Rollinger. Développer les échanges autour des dossiers de sûreté en partant des questions de la société; et renforcer les actions de proximité dans les territoires, y compris hors du voisinage des installations nucléaires."*

Le premier axe peut être illustré par la coopération avec l'Association

Un bilan participatif

En cohérence avec la charte, l'IRSN a réalisé son bilan sur un mode participatif. Avec le cabinet d'études Wise Paris, il a recueilli l'avis de 25 "bénéficiaires" de la politique d'ouverture de l'Institut : commissions locales d'information, élus, associations... Le rapport, publié cet automne, laisse la parole à trois témoins, représentant l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (ANCCLI), Greenpeace et le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN). ■

nationale des comités et commissions locales d'information (ANCCLI) et avec le Comité local d'information et de suivi (CLIS) de Bure (Meuse) sur le projet de centre de stockage de déchets nucléaires Cigéo*. *"Nous avons organisé des séminaires publics. Les thèmes ont été choisis en commun, raconte François Rollinger. Sur des sujets tels que le potentiel géothermique du site choisi, les présentations de l'IRSN et d'autres intervenants – y compris des associations d'opposants – ont nourri les débats. Elles ont permis aux 'non-spécialistes' de poser des questions de plus en plus pertinentes."*

La concertation avec des acteurs locaux du bassin versant de la Dordogne – premier territoire à faire l'objet en 2012-2013 d'un constat radiologique minier – est représentatif du second axe. Un groupe de suivi incluant, entre autres, des maires de communes concernées, des pisciculteurs, des pêcheurs et des défenseurs de l'environnement a été associé à l'ensemble de la démarche : élaboration du plan d'échantillonnage, présentation des résultats et prélèvements sur le terrain. Pour François Rollinger, *"l'objectif est d'intégrer les préoccupations des acteurs locaux dans notre surveillance et de rendre les résultats plus accessibles aux premiers destinataires"*.

Ce type d'actions permet à l'IRSN de mieux adapter ses projets aux problématiques et aux questionnements de la société, qu'il s'agisse de dossiers nucléaires ou de plans territoriaux dans lesquels le risque radiologique n'est qu'un volet. Les progrès accomplis sont salués.

Reste quelques points à améliorer, en montrant par exemple comment l'IRSN intègre les questionnements des acteurs de la société dans l'orientation de ses travaux. ■

*Centre industriel de stockage géologique des déchets radioactifs.

Garantir une information comptable de qualité

Finances. Les comptes de l'IRSN seront soumis chaque fin d'année à un audit indépendant en vue de leur certification. Une première pour l'établissement. L'objectif est de garantir la fiabilité des chiffres communiqués à l'État.

Afin d'améliorer sa gestion financière et la qualité de sa comptabilité, l'Institut a choisi de faire certifier ses comptes. La démarche garantira la bonne application des règles comptables et la fiabilité des informations financières communiquées à l'État.

La volonté de moderniser les comptes publics

La nomination d'un commissaire aux comptes est attendue avant la fin de l'année. Pendant six ans, avec son équipe, il interviendra deux fois par an sur les principaux sites de l'établissement. Son rôle : contrôler

les méthodes, examiner et apprécier les éléments probants justifiant les données contenues dans les comptes : dépenses, recettes, patrimoine...

"Cet audit externe s'inscrit dans le cadre du contrat d'objectifs et de performance qui s'apprête à être signé avec l'État pour la période 2014-2018. Ce contrat traduit la volonté de modernisation des comptes publics", explique Didier Demeillers, directeur financier de l'IRSN. Tous les services pourront être sollicités pour contribuer à l'opération chaque année. Les résultats pour 2014 seront connus au cours du premier trimestre 2015. ■



Près de 25 000 factures aux clients, 23 000 factures de fournisseurs, 22 000 bulletins de salaires... Des dizaines de milliers de lignes comptables seront scrutées lors de cet audit.

Pour en savoir plus
 ● www.irsn.fr/COS



Cliquez, regardez, écoutez!

Afin de mieux vous informer, Repères enrichit sa version web de contenus complémentaires: des vidéos, des photos, des enregistrements audio... Vous approfondirez des sujets abordés sur le papier grâce à des articles en plus : un texte sur les fissures dans les cuves de réacteurs belges accompagne par exemple le dossier sur le vieillissement des centrales nucléaires. Vous découvrirez des reportages réalisés lors du suivi dosimétrique de professionnels de santé par des experts de l'IRSN ou lors d'une visite d'installation. Des enregistrements sont proposés, montrant l'intégralité d'un débat ou une action de sensibilisation organisée par l'Institut. Des infographies, enfin, explicitent certains sujets ou aident à l'utilisation d'outils comme le portail de la surveillance de l'environnement.



*Enhancing Nuclear Safety**

Pour en savoir plus

www.irsn.fr/reperes

* Faire avancer la sûreté nucléaire.