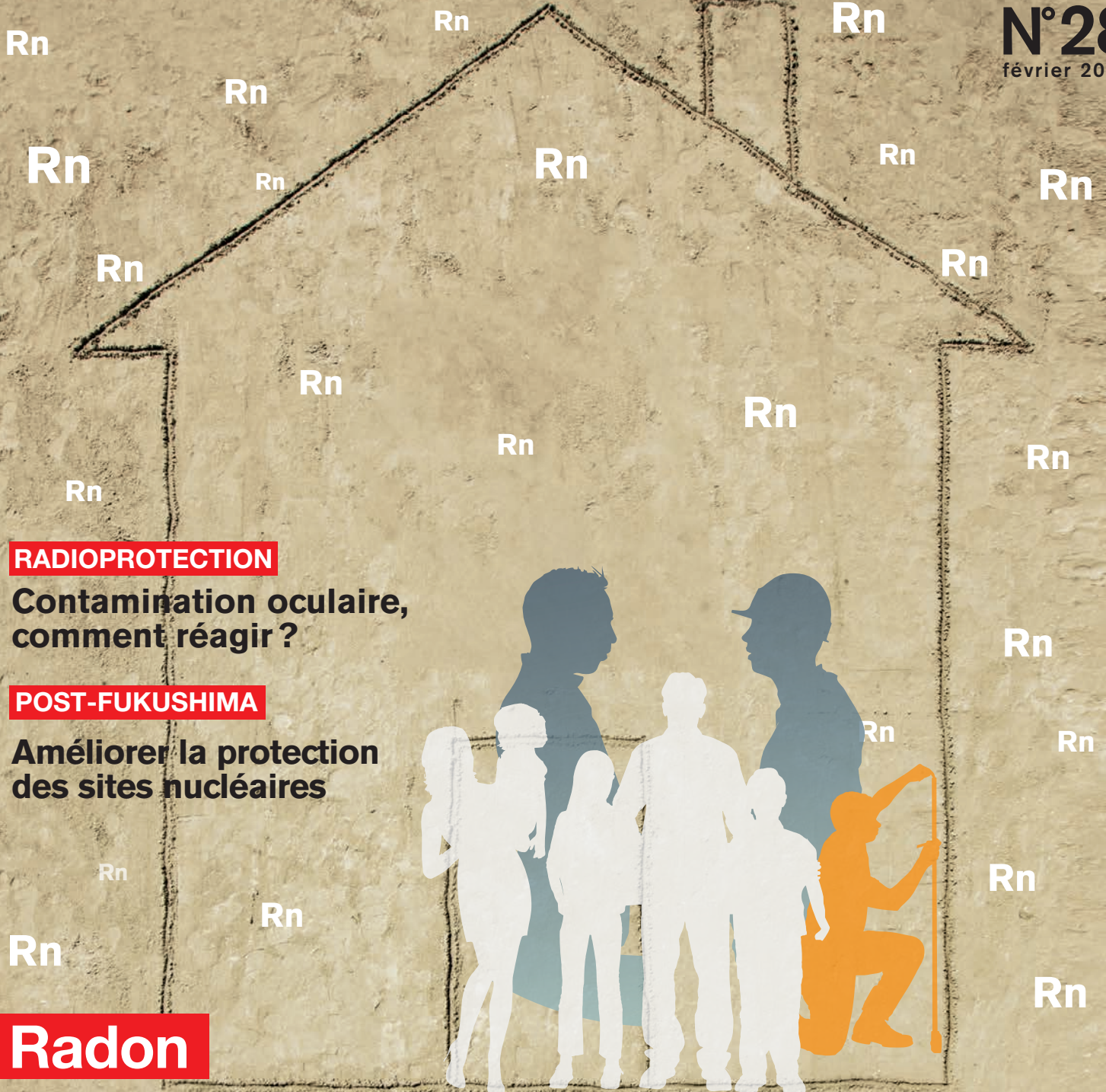


Repères

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

N°28
février 2016



RADIOPROTECTION

Contamination oculaire, comment réagir ?

POST-FUKUSHIMA

Améliorer la protection des sites nucléaires

Radon

Mobiliser la société civile

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

Surveillance étendue en Polynésie française



Pour la première fois cette année, l'IRSN a exercé la surveillance de la radioactivité autour des atolls de Mururoa et Fangataufa, en Polynésie française, sites des essais nucléaires durant trente ans, de 1966 à 1996. Celle-ci est réalisée en complémentarité de celle menée depuis de nombreuses années par le ministère de la Défense. Voilà ce que l'on apprend en lisant le dernier *Bilan de la surveillance de la radioactivité de la Polynésie française en 2014*, disponible sur le site www.irsn.fr. Il permet de s'informer sur les concentrations en radionucléides dans les poissons et dans l'eau de mer, mesurées par les experts dans l'atoll de Mururoa.

L'Institut effectuait déjà chaque année une surveillance dans sept autres îles de la Polynésie française.

www.irsn.fr/polynesie-2014



Comment mesurer le tritium ?

Naturellement présent dans l'environnement, le tritium est un radionucléide modérément radiotoxique. Il est difficile à isoler dans les processus nucléaires en raison de ses propriétés physico-chimiques, proches de celles de l'hydrogène. Les installations nucléaires françaises, civiles ou militaires, en rejettent de manière significative. L'IRSN a développé une technique innovante pour le prélever et le mesurer dans l'environnement. Une vidéo, tournée dans des laboratoires de l'Institut du Vésinet (Yvelines) et d'Orsay (Essonne), explique ces méthodes de prélèvement et les différentes étapes nécessaires pour mesurer le tritium. Elle permet de comprendre les compétences spécifiques des équipes de l'IRSN qui font ces analyses en utilisant une technique de pointe – la spectrométrie de masse – ou des appareils de mesure par scintillation liquide.

www.irsn.fr/video-tritium



L'état des réacteurs français en 2014

Quels sont les risques liés au terminal méthanier de Dunkerque pour la centrale de Gravelines? C'est l'une des questions abordées par l'IRSN dans son rapport de mission sur la sûreté nucléaire et la radioprotection du parc français. Ce document constitue le point de vue de l'Institut sur la sûreté des réacteurs à eau pressurisée (REP). Un autre rapport, relatif aux installations nucléaires de base (INB), pointe la nécessaire vigilance pour le respect des conditions d'accès dans les zones contrôlées. Retrouvez ces documents sur le site www.irsn.fr.

www.irsn.fr/parc-2014



Comment se procurer un ancien numéro de Reperes ?

En page 16 de ce magazine, il est fait mention d'un article paru dans le n°23 de *Reperes* sur comment limiter la présence du radon dans une habitation. Vous aimeriez vous le procurer, mais comment ?

Les versions digitales de chaque édition sont disponibles sur www.irsn.fr/reperes, au format pdf et webmagazine. Ce dernier comporte des articles complémentaires, des vidéos et des diaporamas.

Si vous préférez un exemplaire papier, il suffit de remplir un formulaire de commande sur le site Internet de l'IRSN (*voir lien ci-dessous*) pour recevoir gracieusement un ou des ancien(s) numéro(s).

www.irsn.fr/Commander-Reperes



Sommaire

En couverture: Le radon est l'une des deux principales sources d'exposition de la population aux rayonnements ionisants en France. L'IRSN propose son expertise technique à tous les acteurs concernés.
Crédit photo : Zero Creatives/Gettyimages

INTÉRÊT PUBLIC | 9
Sensibiliser les acteurs locaux à la radioactivité

EN PRATIQUE | 17
Contamination oculaire, comment réagir ?

EN DÉBAT | 20
Les citoyens mesurent eux-mêmes la radioactivité

STRATÉGIE | 22
La stratégie scientifique pour les dix ans à venir

Dossier du prochain numéro de *Repères* (avril 2016)
L'exposition des populations aux rayons ionisants

TEMPS FORTS | 4
Surveillance de l'environnement, évaluer l'exposition aux rayonnements ionisants

La gestion d'un accident de fusion du cœur d'un réacteur

FAITS & PERSPECTIVES | 6
Mieux protéger les installations nucléaires après Fukushima



Arnaud Buisson/MEDEDE/IRSN

Édito

Le défi du radon dans l'habitat domestique

Avec la transposition de la récente directive européenne sur les normes de base en radioprotection et la publication du PNSE3*, la France ouvre un nouveau chapitre en matière de gestion du risque lié au radon : celui de l'exposition dans l'habitat domestique.

Si l'enjeu est évident et mobilisateur, le défi est de taille et nécessite une adaptation des stratégies. Il ne s'agit plus de contraindre mais de convaincre, d'imposer mais d'accompagner. En tant qu'organisme expert, détenteur de savoirs, l'IRSN a un rôle important à jouer dans cette révolution en marche. Il ne s'agit plus seulement d'appuyer les pouvoirs publics et les décideurs mais d'atteindre chaque citoyen. Jamais peut-être la valeur de proximité si chère à l'Institut n'aura eu autant de sens et d'importance.

*Troisième Plan national santé environnement



Didier Gay,
adjoint au directeur des déchets et de la géosphère

Antoine Devouard/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: Georges Henri Mouton, François Paquet - Rédaction et réalisation: - Iconographie: Céline Dutrey - Impression: Galaxy (72) - Imprimé sur Cyclus print - ISSN: 2103-3811 - janvier 2016.

Openradiation

Quand les citoyens mesurent la radioactivité



Le site Internet sera bientôt en ligne.

Le projet Openradiation permet à chaque citoyen de mesurer la radioactivité ambiante à l'aide d'un dosimètre peu coûteux de type "Opegeiger", connecté à un smartphone. Les données géolocalisées sont centralisées sur le site Internet, en ligne courant 2016. "Ce projet, lancé par l'IRSN, propose au public de faire ses propres mesures, qui sont ensuite rassemblées sur une plateforme collective. Ces données, dont la fiabilité peut être vérifiée par les experts, seraient très utiles en cas de crise grave", explique Jean-François Bottollier, expert en dosimétrie externe à l'Institut.

Cette initiative s'inspire du projet Safecast, mis en place au Japon à la suite de l'accident de Fukushima-Daiichi. La plateforme Openradiation propose une cartographie des mesures de la dose dans l'environnement en tous points du globe. Les contributeurs dialoguent grâce à son forum, administré par des experts. Des partenaires universitaires¹ et associatifs² y participent. "Nous apportons notre regard sur son aspect pédagogique et participatif", précise Noémie Berthelot, responsable du secteur Environnement chez Planète Sciences. "Nous conseillons l'IRSN sur la rédaction des textes – notice pédagogique et guide de montage du capteur en kit. Cette autre version du dosimètre se présentera sous la forme d'un boîtier à monter par les utilisateurs. Objectif : rendre l'information la plus claire et simple possible."

1. Université Pierre et Marie Curie, Paris
2. Dont l'Institut français des formats risques majeurs et protection de l'environnement (Iffo-RME) ou Planète Sciences.

 Pour en savoir plus
 • <http://blog.safecast.org>
 • Lire le débat consacré aux deux projets en pages 20-21.



Des prélèvements d'échantillons – ici, des algues – sont nécessaires pour la surveillance de l'environnement.

Laurent Zylberman/Graphik-Images/IRSN

Surveillance de l'environnement

Évaluer l'exposition aux rayonnements ionisants

Dans sa nouvelle édition, le *Bilan de l'état radiologique de l'environnement français* de juin 2011 à fin 2014 présente pour la première fois des évaluations de l'exposition de la population aux rayonnements, à partir des résultats de mesures environnementales.

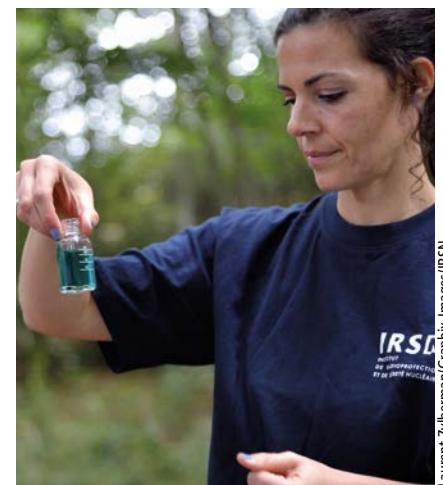
Les personnes vivant à proximité des installations nucléaires peuvent être concernées par les radionucléides rejetés.

"Les expositions peuvent être externes, liées aux rejets atmosphériques de tritium, carbone 14 ou krypton 85, ou internes, dans le cas de la consommation d'eau ou de denrées contenant elles-mêmes des éléments", explique Valérie Bruno, experte en surveillance de l'environnement à l'IRSN.

Le travail a consisté à évaluer, pour les radionucléides et pour les voies d'exposition prépondérantes, la dose correspondante reçue par la population concernée. On apprend que les doses calculées sont faibles – quelques microsievert/an pour les maximales – et largement inférieures à celles

liées à la radioactivité naturelle. Les mesures radiologiques publiées dans cet ouvrage sont transmises par l'Institut et les membres du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM). Ce bilan est destiné aux professionnels, aux élus et au public. ■

 Pour en savoir plus
 • www.irsn.fr/BR2011-2014



Différents types d'eau – marine, souterraine... – sont prélevés pour surveiller l'environnement.

Laurent Zylberman/Graphik-Images/IRSN

Recherche

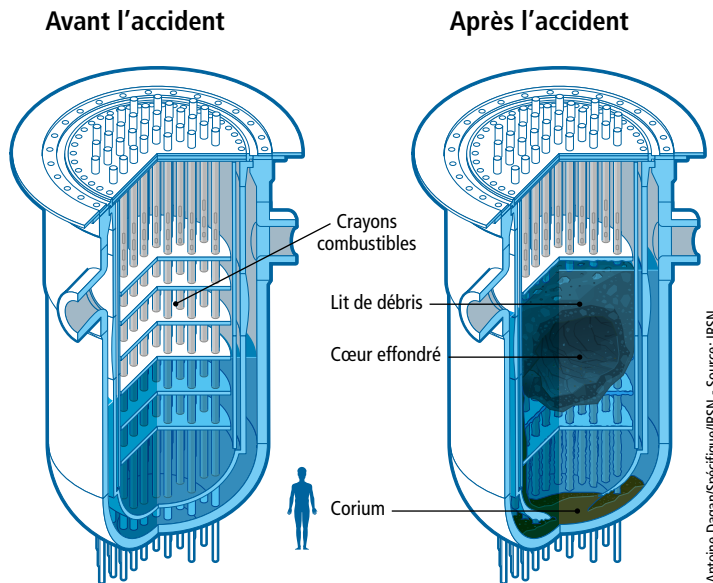
La gestion d'un accident de fusion du cœur d'un réacteur

Le programme de recherche Progres¹, lancé par l'IRSN, porte sur la gestion d'un accident de fusion du cœur d'un réacteur. Il étudie le refroidissement du lit de débris résultant de la dégradation des crayons combustibles, en cas de perte de refroidissement.

"L'installation Pearl² est une maquette à échelle 1/8 d'un cœur fortement dégradé. Elle reproduit certaines étapes d'un accident et permet de déterminer comment refroidir efficacement les débris, afin d'éviter la fusion complète", explique Florian Fichot du Laboratoire d'étude de la physique et du corium³ à l'Institut.

Les résultats seront utilisés dans le cadre du projet européen IVMR⁴, coordonné par l'IRSN. Il est consacré à l'étude des possibilités de stabilisation et de rétention du corium dans la cuve du réacteur. ■

1. Progression et refroidissabilité du corium, stabilisation d'un accident grave
2. Programme expérimental analytique sur le renoyage d'un lit de débris
3. Mélange de matériaux fondus issus du cœur
4. In-Vessel Melt Retention



Antoine Dagan/Spécifique/IRSN - Source: IRSN

Pour en savoir plus
www.irsn.fr/fusion-coeur

Échelle microscopique

Mieux comprendre le comportement des matériaux

Quel est le comportement, à très petite échelle, des matériaux utilisés dans le nucléaire? Soixante-dix scientifiques ont fait le point des avancées sur ce thème lors du colloque *Friction, Fracture, Failure, Microstructural Effects**.

Autre sujet abordé : le développement des méthodes d'analyse micromécanique. Ce fut l'occasion pour les participants de mieux connaître le Laboratoire de micromécanique et intégrité des structures (Mist), laboratoire commun au Centre national de la recherche scientifique (CNRS) et à l'IRSN.

Les recherches qui y sont menées ont permis, par exemple, d'améliorer la compréhension de la perméabilité des bétons fissurés.

Cet événement a été organisé conjointement par l'Institut, le CNRS et l'Université de Montpellier.

*Frottement, rupture, défaillance, effets microstructuraux

Lésions radio-induites

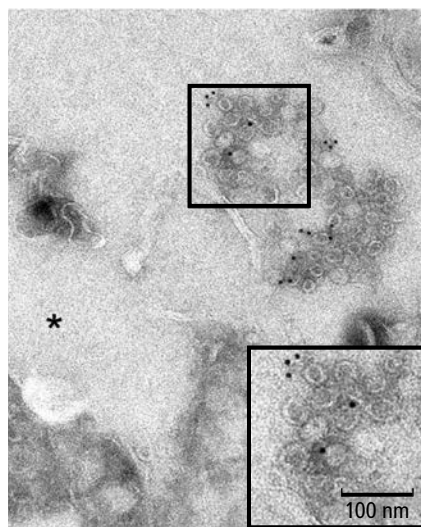
Vers une nouvelle thérapie cellulaire

Comment traiter les lésions gastro-intestinales associées à une exposition externe, à la suite d'une irradiation accidentelle ou consécutives à une radiothérapie? L'IRSN s'associe aux NIH* pour mener un projet-pilote d'un an, portant sur l'évaluation

des effets thérapeutiques des exosomes – vésicules issues des cellules souches – dans la régénération des tissus endommagés par l'irradiation. Cette étude ouvre de nouveaux espoirs dans le traitement des lésions radio-induites. Contrairement aux cellules souches dont ils sont dérivés, ces exosomes ne comportent pas d'acide désoxyribonucléique (ADN) et présenteraient donc moins de risques d'effets secondaires.

"En collaboration avec l'équipe de l'Albert Einstein College of Medicine de New York, notre laboratoire de recherche en régénération des tissus sains irradiés va tester l'efficacité de cette nouvelle thérapie, précise Radia Tamarat, experte en biologie cellulaire à l'Institut. Notre objectif est de commencer les premières applications cliniques d'ici à cinq ans." ■

* National Institutes of Health, institutions gouvernementales américaines qui s'occupent de la recherche médicale et biomédicale.



© 2012 Frühbeis, Frühlich and Kämer-Albers

Les exosomes sont des vésicules, sans ADN, sécrétées par des cellules souches.

Pour en savoir plus
www.irsn.fr/NIH-2015



Mieux protéger les installations nucléaires après Fukushima

Risques extrêmes. À la suite de la catastrophe de Fukushima, une réévaluation de la résistance des installations nucléaires françaises aux événements naturels extrêmes a été réalisée. Forces d'intervention rapide, centres de crise, noyau dur... Retour sur des évolutions mises en place.

Et si des événements naturels extrêmes affectaient une installation nucléaire? C'est la question posée par les pouvoirs publics français après la catastrophe de Fukushima, en 2011. Un "plan d'actions post-Fukushima" s'est mis en place, avec le déploiement d'un "noyau dur" dans les sites. Proposé par l'IRSN, ce concept vise à doter chaque installation d'équipements "ultimes", capables de résister à des événements exceptionnels. Objectif : éviter des rejets massifs et des effets durables dans l'environnement en cas d'accident – telle une fusion du cœur d'un réacteur.

Alimentation en eau et en électricité

L'un des principaux exploitants concernés est EDF, avec ses 58 réacteurs, répartis sur 19 sites (*lire encadré p. 8*). Parmi les dispositions post-Fukushima réalisées, la Force

d'action rapide nucléaire (Farn) figure en bonne place. "Elle peut intervenir sur les centrales en moins de 24 heures et sur les six réacteurs du site de Gravelines (Nord)", explique Laurent Mercier, directeur adjoint de la Farn chez EDF. Avec des moyens humains et matériels d'intervention et de réalimentation, sa mission est de rétablir des éléments qui ont manqué à Fukushima : l'alimentation en électricité et en eau."

Pour l'alimentation électrique, un Diesel d'ultime secours (DUS) de 3MW sera installé sur chaque réacteur d'ici à fin 2018. Le premier chantier a été lancé en 2015 pour le réacteur n°3 de la centrale de Cattenom (Moselle).

Il s'agit de construire un véritable bunker d'ici à fin 2016, au plus près des installations existantes. De 24 mètres de haut pour 12 de long et 6 de large, ce bâtiment en béton

armé est conçu pour résister à un séisme extrême. Pour parer aux risques d'inondation, il est en outre surélevé. La toiture est dotée d'une ossature capable de résister aux projectiles que pourraient véhiculer des vents extrêmes.

Évaluer la suffisance des moyens ultimes envisagés

"L'IRSN évalue la conception de ce nouvel équipement et sa capacité à remplir ses fonctions, explique Patrick Lejuste, qui suit le déploiement des "noyaux durs" pour les réacteurs d'EDF. Nous étudions sa suffisance : la puissance maximale du générateur Diesel permet-elle d'alimenter simultanément tous les équipements ultimes? Nos experts examinent les propositions de l'opérateur pour la caractérisation des aléas dits extrêmes et les niveaux à retenir, en tenant compte des spécificités géologiques et géographiques de chaque site. Puis ils apprécient les moyens ultimes envisagés pour empêcher ou réduire les conséquences d'un accident."

Les principales installations du cycle du combustible sont aussi concernées, comme les usines d'Areva au Tricastin (Drôme et Vaucluse), où a démarré la construction de bâtiments de gestion de crise qui



AREVA/Tricastin

1. Intervention sur les lignes électriques à Fukushima-Daiichi, le 18 mars 2011.
2. Visite par les experts de l'Institut du local "noyau dur" du réacteur à haut flux (RHF) de l'Institut Laue-Langevin (ILL) à Grenoble (Isère).
3. Le bâtiment de gestion de crise de la centrale nucléaire du Tricastin (Drôme) est en cours de construction.

devraient être opérationnels fin 2016. Les "Bloc logistique" et "Bloc vie" sont terminés et le "Bloc commandement" est en cours de réalisation. De tels abris, situés à l'intérieur des sites, seront construits à La Hague (Manche), Mélox (Gard) et Romans-sur-Isère (Drôme).

"Des avis sont rendus sur la conception des bâtiments. Les experts examinent la résistance aux événements redoutés. Ils ont recommandé une meilleure prise en compte des effets liés à une tornade et le renforcement des filtrations du réseau de ventilation du poste de commandement de crise", résume Michel Guillard, en charge du dossier à l'Institut.

48 heures d'autonomie

Le centre névralgique du bâtiment de gestion de crise sera constitué d'un "Bloc de commandement" surélevé d'un mètre et confiné pour empêcher toute intrusion de gaz toxique induit par les substances radioactives et chimiques utilisées sur le site.

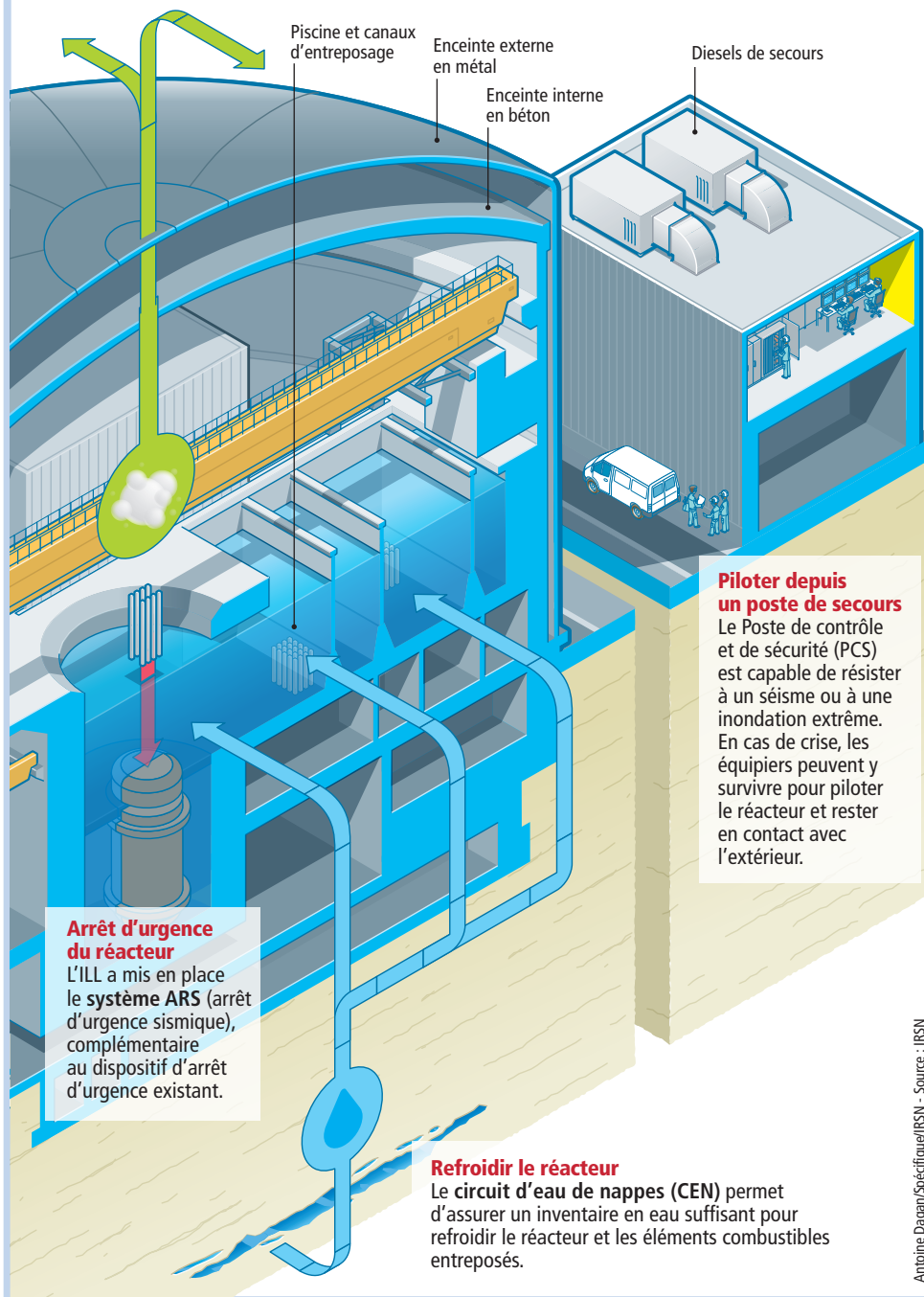
Son rez-de-chaussée contiendra les réseaux d'utilités dimensionnés aux aléas extrêmes : un groupe électrogène capable de fonctionner au moins 48 heures en continu, une cuve de 5 mètres cubes d'eau potable, etc.

ILL de Grenoble : de nouveaux dispositifs pour 2016

Pour faire face à d'éventuels événements naturels extrêmes, l'Institut Laue-Langevin (ILL) de Grenoble, en Isère, a apporté des modifications à son réacteur, en le dotant de nouveaux systèmes répartis en trois niveaux de défense en profondeur : prévention, limitation des conséquences, gestion de crise.

Dépressuriser l'enceinte

Le **circuit de dégonflage sismique (CDS)**, système de ventilation post-accidentel, permet de dépressuriser l'enceinte interne – qui monte en pression en cas d'accident. Un exutoire placé sur le dôme du bâtiment réacteur évacue l'air de l'enceinte au travers de filtres de haute efficacité.



Arrêt d'urgence du réacteur
L'ILL a mis en place le **système ARS** (arrêt d'urgence sismique), complémentaire au dispositif d'arrêt d'urgence existant.

Piloter depuis un poste de secours
Le Poste de contrôle et de sécurité (PCS) est capable de résister à un séisme ou à une inondation extrême. En cas de crise, les équipiers peuvent y survivre pour piloter le réacteur et rester en contact avec l'extérieur.

Refroidir le réacteur
Le **circuit d'eau de nappes (CEN)** permet d'assurer un inventaire en eau suffisant pour refroidir le réacteur et les éléments combustibles entreposés.

Des ressources nécessaires pour les équipes de crise présentes à l'étage, soit jusqu'à 40 personnes en autonomie pendant 48 heures. Le temps qu'arrivent les renforts de la Force d'intervention nationale d'Areva (Fina).

"Composée d'environ 200 employés volontaires de l'opérateur et de divers équipements, la Fina pourra apporter son soutien en 48 heures sur tous nos sites", explique Daniel Chanson, directeur de la gestion de crise d'Areva. Elle compte un vivier de ●●●

Antoine Dagnan-Spécifique/IRSN - Source : IRSN

●●● 500 volontaires, l'objectif étant d'en atteindre 1000 en 2017. Troisième catégorie d'installations devant déployer un noyau dur : les réacteurs de recherche disposant d'un potentiel de danger important, comme le réacteur à haut flux (RHF) grenoblois, en Isère, exploité par l'Institut Laue-Langevin (ILL) et implanté dans une zone à forts risques sismiques et d'inondation.

Faire face à des gaz toxiques ou explosifs

Quatre barrages sont situés en amont du RHF sur le Drac, affluent de l'Isère. Un séisme extrême pourrait provoquer une onde de submersion de six mètres sur le site du réacteur. Dès 2012, l'ILL a engagé la construction d'un nouveau poste de contrôle et de secours "bunkerisé", partie intégrante du noyau dur du RHF. Le bâtiment peut faire face à un séisme extrême, à une inondation et aux effets secondaires tels qu'une dérive de gaz toxiques ou explosifs qui proviendrait des zones industrielles environnantes. Les équipes pourront communiquer avec l'extérieur et piloter les systèmes du noyau dur (voir infographie p. 7).

3 questions à... **Philippe Coïc**

Responsable de la stratégie de déploiement des modifications "post-Fukushima" chez EDF

Quels changements EDF a-t-il opérés ?
Jusqu'en 2015, nous avons déployé de nouveaux moyens mobiles ou préliminaires de secours. Nous avons renforcé les dispositions de gestion de crise, notamment avec la mise en place d'une Force d'action rapide nucléaire (Farn).



Quelles sont les prochaines étapes ?

Pour chacun de nos 58 réacteurs, nous aurons construit d'ici à fin 2018 un Diesel d'ultime secours pour renforcer l'alimentation électrique interne et, d'ici à fin 2021, un dispositif d'appoint en

eau pour chacun des 58 réacteurs. À ces horizons, le déploiement du centre de crise "bunkerisé" propre à chaque site aura été engagé. À partir de 2019, au rythme des visites décennales, seront installées les dispositions complémentaires du noyau dur. C'est le cas du dispositif de prévention de fusion du cœur par refroidissement, qui utilise les générateurs de vapeur, en priorité pour les centrales de 900 MW.

Cela implique-t-il de nouveaux défis ?

Mener de front tous ces chantiers constitue d'énormes défis humains, matériels et organisationnels. Ils s'ajoutent aux réexamens de sûreté décennaux et aux opérations de maintenance lourde, telles que le remplacement de générateurs de vapeur. Le défi est aussi financier, avec un coût des modifications post-Fukushima estimé à 10 milliards d'euros.

"L'IRSN a fait modifier des éléments : enterrement de câbles à 5 mètres de profondeur pour qu'ils ne soient pas emportés par une inondation extrême, prise en compte des risques liés à l'environnement industriel...", indique Emmanuel Grolleau, expert au sein du service en charge de la sûreté des installations de recherche à l'Institut. Le noyau dur du RHF

devrait être opérationnel au milieu de l'année 2016. ■

-  Pour en savoir plus
- **Rapport de l'IRSN sur la définition d'un "noyau dur post-Fukushima" pour les centrales nucléaires françaises.** www.irsn.fr/rapport-ND
 - **Articles sur le noyau dur** www.irsn.fr/noyau-dur

EDF/Matthieu Colin



South-Ukraine NPP

La centrale Ukraine du Sud a déployé des mesures post-Fukushima.

AILLEURS Une centrale ukrainienne renforcée à la suite de Fukushima

Historiquement marquée par l'accident de Tchernobyl, l'Ukraine a tiré les enseignements de la catastrophe japonaise. L'unité n°1 de la centrale Ukraine du Sud, basée à environ 350km au sud de Kiev, est une installation pilote pour le déploiement des mesures post-Fukushima. L'alimentation électrique d'urgence destinée aux équipements essentiels de sûreté – comme les soupapes de sécurité – a été renforcée par l'ajout d'un groupe électrogène mobile à moteur Diesel de 0,4kV. Deux stations de pompage mobiles supplémentaires sont prévues, pour assurer l'évacuation de la puissance résiduelle du cœur via les générateurs de vapeur. Des procédures ont été développées pour l'utilisation de ces équipements supplémentaires par les équipes d'urgence. En cas d'événement extrême – séisme, inondation –, une attention a été accordée aux lieux de stockage des équipements mobiles et aux routes d'accès aux points de connexion de ces derniers. Enfin, des exercices ont été organisés pour entraîner le personnel au déploiement des équipements. ■

Sensibiliser les acteurs locaux à la radioactivité

Ouverture au public. Dans la région de Dunkerque, des actions d'information sur la radioactivité ont été menées durant quatre mois. Exposition, ateliers et conférences pour familiariser grand public, élèves, associations et élus à cette thématique.

Comprendre la radioactivité et comment la région de Dunkerque (Nord) est surveillée vis-à-vis de ce risque... Pour sensibiliser les scolaires, les associations, le public et les élus sur ces thèmes, l'Institut a mené des actions d'information pendant quatre mois dans le Nord Pas-de-Calais. Au programme : une exposition, des conférences et des ateliers pratiques. Visite guidée de cette opération, qui a permis de sensibiliser plus de 3000 personnes.

Des élus et des associations

Première étape : le Palais de l'Univers et des Sciences (Plus), dans l'agglomération de Dunkerque. Dans ce lieu dédié aux sciences, 80 panneaux d'exposition ont été installés*.

Les visiteurs ont pu s'informer sur la radioactivité, son usage dans les centrales, les hôpitaux et l'industrie ou ses effets sur l'homme et l'environnement.

Les thèmes présentés répondent aux inquiétudes des citoyens : "que faire des déchets radioactifs?" ou "qu'est-ce qu'un accident nucléaire?" Ce parcours pédagogique comporte des vidéos, des contenus multimédias et des ateliers interactifs. Les participants peuvent réaliser des expériences concrètes : identifier le réveil radioactif parmi les six exposés...

Autre occasion de s'instruire, quatre rencontres destinées au public animées par des experts. Elles ont évoqué divers sujets : "La durée de vie des centrales", "Les moyens de protection de la population en cas



Atelier jeune public, à Dunkerque, lors de la dernière édition de la Fête de la science.

Grégoire Maisonneuve/IRSN

d'accident", "Des rayons pour soigner"... Plus de 200 personnes y ont assisté et ont posé leurs questions aux spécialistes.

"Nous avons organisé une réunion d'information pour les élus. La surveillance de l'environnement réalisée dans cette région a été présentée aux 70 élus locaux et membres de la société civile présents", précise Aleth Delattre, chargée de cette opération à l'Institut.

Des élèves avec leurs professeurs

Autre lieu, autre activité : les ateliers pratiques, à l'occasion de la Fête de la science, le 11 octobre 2015. Près de 200 collégiens et lycéens du Nord Pas-de-Calais sont venus avec leur professeur. "Filtrer un échantillon d'eau pour séparer les différentes phases, mesurer le PH, observer une

carte interactive de la surveillance de l'air dans la région : voilà le type d'expérience qu'ils ont pu réaliser", indique Aleth Delattre.

Ces manifestations sur un territoire, par le nombre d'actions menées et les divers publics visés, étaient une première. "Nous intervenons régulièrement dans les régions. Il s'agit d'une demande des élus, des élèves, des associations, du public. C'est une opportunité pour attirer l'attention des visiteurs sur la notion de radioprotection", conclut Geneviève Baumont, expert senior à l'Institut. ■

* L'exposition "La radioactivité, des centaines de questions, une exposition" a été organisée par l'IRSN et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), en partenariat avec la Communauté urbaine de Dunkerque, la CLI de la centrale de Gravelines et l'ANCCLI.



Pour en savoir plus

- genevieve.baumont@irsn.fr
- aleth.delattre@irsn.fr
- www.irsn.fr/expo
- <http://teleray.irsn.fr>

Gaz radioactif naturel dans l'habitat, le radon est un cancérigène trop souvent ignoré. Les scientifiques poursuivent leurs recherches pour mieux comprendre ses effets sur la santé et les moyens de s'en protéger. Ils engagent la société civile à se saisir de la question. Avec succès ! Collectivités, particuliers, entreprises se mobilisent et démontrent que chacun peut lutter, à son niveau.

A man in profile, wearing a headlamp and a high-visibility orange and silver safety vest over a grey shirt. He is holding a green rectangular object. The background is dark and textured.

Radon

**Mobiliser
la société civile**



L'expert de l'IRSN pose un détecteur solide de trace nucléaire (DSTN), pour la mesure volumique en radon dans un tunnel de la SNCF.

Arnaud Buisson/MEDE/IRSN

“ Le radon est l'une des deux principales sources d'exposition de la population aux rayonnements ionisants en France. L'autre est l'exposition médicale : radiographie conventionnelle, scannographie, médecine nucléaire. Le radon constitue la première source d'exposition d'origine naturelle”, rapporte Éric Vial, expert en radioprotection à l'IRSN. Son effet cancérogène est avéré. Si ce gaz est présent partout dans la croûte terrestre, y être exposé de manière importante n'est heureusement pas inéluctable. Éclairés par les scientifiques, pouvoirs publics, professionnels de santé ou du bâtiment et citoyens s'impliquent pour maîtriser ce risque. Selon une évaluation publiée en 2005, de 1000 à 3000 décès par cancer du poumon par an seraient attribuables au radon dans l'Hexagone. Les résultats scientifiques sont aujourd'hui concordants pour confirmer l'augmentation du risque de cette pathologie associé à l'exposition dans l'habitat. C'est le cas d'un projet européen auquel l'IRSN a participé. “Nous étudions l'implication potentielle du radon dans d'autres cancers, des leucémies de l'enfant par exemple, au travers du projet Geocap, mené avec l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Aucun lien n'a été pour l'instant clairement établi, mais les recherches se poursuivent”, indique Géraldine Ielsch, spécialiste du radon à l'Institut.

Une carte interactive accessible à tous

La législation française concerne 31 départements prioritaires, car plus exposés. Le radon est produit lors de la désintégration spontanée du radium présent avec l'uranium dans la croûte terrestre. On le trouve partout. Il émane surtout des roches granitiques et volcaniques. C'est pourquoi la Bretagne, le Massif central et la Corse sont les territoires les plus concernés en France. “Une carte interactive, établie par l'IRSN en fonction des caractéristiques des formations géologiques, permet à chacun de connaître le ‘potentiel radon’ de sa commune (voir carte p.13) en métropole et, depuis peu, en Outre-mer”, précise Jérôme Guillevic, spécialiste de la radioactivité naturelle à l'Institut.

À l'air libre, le radon se dilue rapidement dans l'atmosphère, mais le gaz peut pénétrer dans les bâtiments par les fondations, les caves ou les vides sanitaires et se concentrer. ●●●

●●● “Nos études permettent de déterminer les facteurs responsables du transfert du radon depuis les sols vers les bâtiments, explique Géraldine Ielsch. Les facteurs les plus importants sont géologiques : nature, teneur en radium et perméabilité des roches et des sols. Puis viennent les caractéristiques des constructions, telles que les matériaux ou les types de fondations, et les habitudes des occupants, c’est-à-dire la ventilation, la fréquence d’aération...”

L’IRSN réalise actuellement une étude en Franche-Comté sur l’influence potentielle des karsts – cavités naturelles, comme les grottes – sur ce transfert. “Ces travaux sont une base de réflexion sur la prise en compte de ce facteur. Objectif : affiner la carte du potentiel radon dans les régions concernées. Cela permet de mieux informer la population et les pouvoirs publics pour améliorer la gestion de ce risque.” Dans les départements prioritaires, la législation concerne

certains lieux ouverts au public et sites de travail (voir encadré Réglementation p. 15). Il n’y a pas aujourd’hui de réglementation pour l’habitat. Ce qui n’empêche pas certains acteurs de se préoccuper de ce risque.

Distribution de “kits radon”

À Concarneau (Finistère), l’association Consommation, logement et cadre de vie (CLCV) a mené une action financée par la direction générale de la Santé et l’Institut national du cancer.

Patrick Debaize, de la CLCV, en a été le coordonnateur. “De 2012 à 2014, nous avons distribué des ‘kits radon’ comprenant des dosimètres et des documents d’information aux habitants de l’agglomération, avec le soutien des élus et le relais des médias locaux”, précise-t-il.

Ces kits ont donné lieu à plus de 3600 mesures, dont près de 24 % supérieures à 300 Bq.m³. L’Organisation mondiale de la santé recommande de ne pas dépasser ce seuil*.

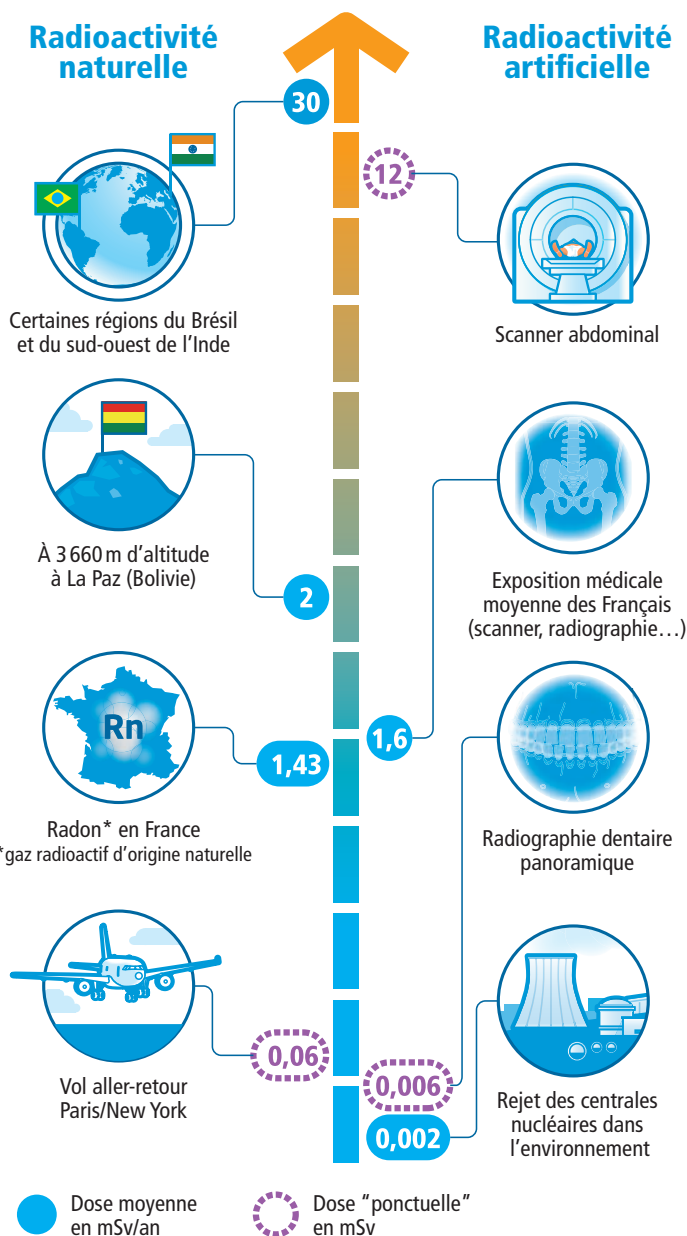
“Les habitants sont relativement démunis. Il n’y a pas de professionnels – chauffagistes, aéristes, maçons, électriciens... – capables de résoudre le problème”, déplore la CLCV. Ventilation, rebouchage de défauts d’étanchéité des fondations... Des premiers travaux ont pu être réalisés dans certaines habitations. Ils ont permis de diminuer la concentration de radon.

L’Agence régionale de santé de Bretagne poursuit la distribution des kits. Avec l’Association Approche-Écohabitat, elle développe des compétences en “diagnostic radon” des bâtiments d’habitation.

Réaliser des expertises radiologiques

Parfois, il faut agir dans l’urgence, comme à Bessines-sur-Gartempe (Haute-Vienne). En mars 2014, des concentrations supérieures à 8000 Bq.m³ ont été mesurées dans une maison construite sur des résidus de traitement de minerais d’uranium. Les résidents y avaient accueilli une vingtaine d’enfants lors de garde à domicile. Le logement a été évacué et ses habitants relogés. À la demande des pouvoirs publics,

Quelques exemples de sources d’exposition sur l’homme



Antoine Dagan/Spécifique/IRSN - Source : IRSN



Laurent Zylbermann/Graphix Images/IRSN

L'expert utilise une sonde à bas flux avec un radiamètre. Cet appareil permet d'effectuer des mesures de la radioactivité ambiante.

En chiffres

Selon les estimations de l'IRSN, la "dose efficace" reçue par les habitants en France varie, en moyenne, de 0,3 à 19,2 mSv/an* selon les communes, pour des concentrations variant de quelques dizaines de Bq.m³ jusqu'à plusieurs centaines dans certains départements. La dose efficace moyenne est évaluée à 1,43 mSv/an. Les trois quarts de la population reçoit une dose entre 1 et 3 mSv/an. Selon les hypothèses scientifiques actuellement admises en matière d'évaluation de risque radiologique, chaque augmentation de la concentration de radon dans l'atmosphère de 100 Bq.m³ entraînerait une hausse du risque de cancer du poumon de 16%, quand on y est exposé pendant 25 ans. Selon cette hypothèse, entre 5 et 12% des décès par cette pathologie seraient attribuables au radon dans l'habitat. La radon a été classé cancérigène pulmonaire certain par le Centre international de recherche sur le cancer en 1987. ■


* Le sievert (Sv) est l'unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements sur l'homme.

l'IRSN a envoyé des équipes et des moyens techniques sur place. Sa mission consistait à évaluer la situation radiologique de la maison et les risques pour la santé des occupants. Dans son rapport, rendu le 2 juin 2014, l'Institut estime que les adultes habitant la maison depuis plus de dix ans présentent une probabilité de décès par cancer du poumon équivalente à celle d'un fumeur régulier.

prévoient de prendre en compte le radon dans la qualité de l'air intérieur. Un nouveau plan national d'actions pour la gestion du risque lié au radon devrait être lancé dès 2016. ■

* Le becquerel est une unité de mesure de la radioactivité qui correspond à une désintégration par seconde : 1 Bq de radon par m³ d'air correspond à la désintégration d'un atome de radon par seconde dans ce m³.

 Pour en savoir plus
 • www.irsn.fr/radon

 **À lire sur le webmagazine**
 • Une démarche pionnière contre le radon, dans les Vosges saônoise

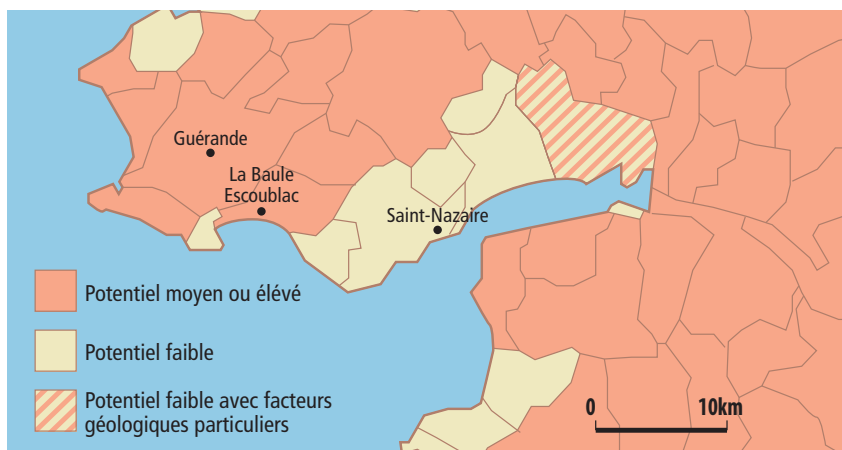
Recenser les logements et informer la population

La directive européenne 2013/59/Euratom, qui fixe les normes de base en matière de radioprotection, devrait faire bouger les lignes. Elle définit un niveau de référence de 300 Bq.m³. Cela devrait conduire à ajuster le niveau d'action actuel en droit français de 400 à 300 Bq.m³.

Elle encourage le recensement des logements dans lesquels les concentrations de radon dépassent ce niveau de référence et la mise en œuvre des mesures d'abaissement. Elle incite les États membres à mieux informer la population, aux niveaux local et national, sur ce gaz radioactif, les risques et les moyens pour abaisser les concentrations.

La transposition de la directive devrait être achevée d'ici à février 2018. La future loi de Santé et le Plan national santé environnement (PNSE 3)

Cartographie du potentiel radon à Saint-Nazaire (Loire-Atlantique) et dans les alentours



Antoine Dagan/Spécifique/IRSN - Source: IRSN

Face au radon, l'IRSN au service de tous

Reportage. Élus locaux, habitants, universitaires, grandes entreprises de service public, professionnels du bâtiment et même enfants, l'IRSN travaille au contact de tous avec un seul mot d'ordre : informer sans effrayer.

Depuis fin 2011, l'Institut est impliqué dans une vaste action pluraliste en Franche-Comté, région très concernée par le radon (voir *webmagazine*).

Alain Dague, maire de Fresse (Haute-Saône), est un acteur du projet. "Je dois émettre un avis sur les permis de construire. Il me semblait intéressant d'avoir une indication du potentiel radon des terrains et d'attirer l'attention des constructeurs ou des occupants des bâtiments. Les gens ne sont pas du tout au courant. Les maîtres d'œuvre ne l'intègrent pas toujours dans leurs cahiers des charges", explique l'élu.

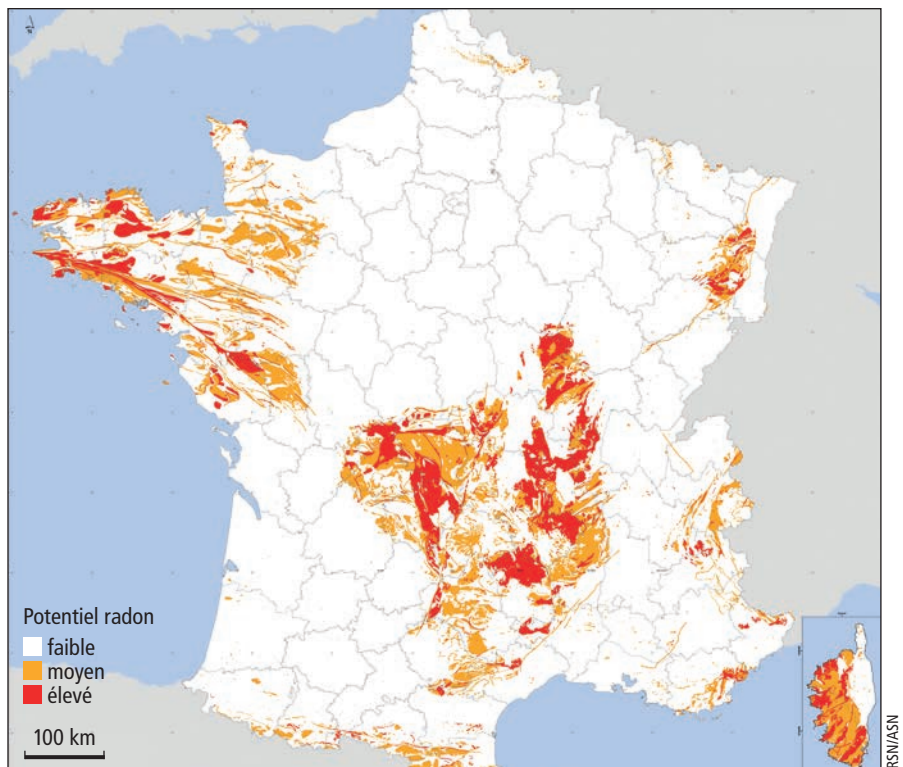
"Il n'a pas hésité à faire du porte-à-porte auprès des habitants de sa commune pour distribuer les kits radon contenant un dosimètre et un document d'information", rapporte Pascal Doremus, géologue et chargé de mission d'ouverture à la société à l'IRSN.

Informer sans effrayer

"Cette initiative s'inscrit dans la continuité d'une démarche initiée en 2010 par l'Institut", précise Sylvie Charron, également en charge de l'ouverture à la société. L'IRSN a organisé à cette époque un premier atelier citoyen sur le radon dans l'habitat privé, "pour tenter de trouver un fragile équilibre : informer sans effrayer".

Quinze habitants de Loire-Atlantique ont participé à quatre journées de formation animées par des experts. Ils ont élaboré un avis sur les initiatives et les acteurs essentiels pour mener une politique efficace de prévention de ce risque.

Repoussant l'idée de nouvelles obligations réglementaires, ils ont préconisé une démarche de sensibilisation et d'information. Ils ont souligné



Carte du potentiel radon des formations géologiques de la France, à l'échelle du millionième (version 2012).

l'importance de l'accompagnement. Leur souhait était de disposer de relais régionaux et locaux dans les administrations ainsi que chez les professionnels de santé et de l'habitat.

Sensibiliser les futurs professionnels

L'Université de Franche-Comté a pris l'initiative de former les futurs professionnels du bâtiment.

Romain Richard y est professeur à l'Institut universitaire de technologie (IUT) de génie civil : "Nous consacrons une journée à la sensibilisation des étudiants de deuxième année de diplôme universitaire de technologie (DUT) et de licence professionnelle. Nous leur

exposons l'impact du radon sur la santé et présentons les solutions de remédiation. Sur le terrain, ils font des mesures. Ils se sentent concernés et voient bien la finalité de cet enseignement."

Célia Rodrigues a effectué tout son parcours professionnel dans le bâtiment. En 2013, elle a suivi une licence en alternance au sein de cet IUT. "J'ai choisi l'option efficacité énergétique. J'ai bénéficié d'une journée de sensibilisation au radon, témoigne la jeune femme. À cette occasion j'ai pris conscience de ce risque invisible. Cela m'a été utile. La même année, j'ai travaillé sur le chantier d'un particulier où il y avait des emanations. À mon tour, j'ai pu le



Laurent Zylberman/Graphix Images/IRSN

Le kit radon comprend un dosimètre et des documents d'information à destination des habitants.

sensibiliser. Une solution technique lui a été proposée.”

Alain Ravanne, directeur de Coderen, une entreprise de maçonnerie à Limoges (Haute-Vienne), est intervenu pour des travaux de remédiation dans une école du département, à Saint-Symphorien-sur-Couze. Des concentrations élevées de ce gaz avaient été mesurées au printemps 2015.

“Je suis sensible à ce sujet. En octobre 2014, j’avais participé à une formation sur le radon proposée par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et la Direction régionale de l’environnement, de l’aménagement et du logement (Dreal)”, précise-t-il.

Les travaux à mettre en œuvre sont classiques en maçonnerie et ventilation. “Ils ne posent pas de problèmes

techniques. La difficulté est dans le diagnostic et la préconisation de travaux les plus simples et les moins coûteux”, souligne-t-il. Seulement, faute de réglementation dans l’habitat et donc de marché pour les professionnels, les compétences en remédiation manquent.

Orienter les clients vers des solutions adaptées

L’IRSN intervient directement pour des mesures de radon dans certains types de bâtiments ou d’ouvrages. “Nous pouvons être choisis dans le cadre d’appels d’offres lancés par des conseils départementaux pour dépister des collèges. Nous travaillons pour de grandes entreprises comme la SNCF, rapporte Patrick Potard, spécialiste de ces interventions à l’Institut. On pose d’abord des dosimètres adaptés, pendant au moins deux mois, dans les endroits appropriés. Si toutes les mesures réalisées sont en dessous de 400Bq.m³, un rapport est rédigé et notre mission s’arrête là”, explique-t-il.

Si certaines mesures sont supérieures, les experts font des investigations pour rechercher les sources, les points d’entrée et les voies de transfert du radon.

“L’IRSN est historiquement l’organisme qui a le plus œuvré dans ce domaine. Nous sommes équipés

RÉGLEMENTATION

Dans les zones prioritaires :

- le Code de la santé publique – articles R1333-15 et R1333-16, arrêté du 22 juillet 2004 – impose que les établissements scolaires, thermaux, pénitentiaires et médicosociaux avec fonction d’hébergement – hôpitaux, maisons de retraite – effectuent des mesures de radon tous les dix ans, et lors de travaux entraînant une modification substantielle des bâtiments;
- le Code du travail – article R4451-136, arrêté du 7 août 2008 – oblige les employeurs à effectuer des mesures tous les cinq ans dans les lieux souterrains où interviennent certains professionnels : tunnels routiers et ferroviaires, les grottes d’intérêt scientifique ou touristique... Entre 400 et 1000 becquerels par mètre-cube (Bq.m³) d’air, les responsables doivent prendre des mesures pour réduire l’exposition des personnes. Au-delà de 1000 Bq.m³, ces mesures doivent être prises “sans délai”.

pour intervenir dans tout type de lieux et de bâtiments. Nous pouvons orienter les clients vers les solutions adaptées. À la SNCF, l’Institut travaille avec la direction centrale de la prévention et avec de nombreux correspondants sur le terrain”, précise Patrick Potard.

Gilles Radenne, préventeur à la SNCF, explique : “Le Groupe exploite 1800 tunnels sur le territoire ●●●

Qualité de l’air et isolation thermique, adopter une approche globale

“Des données montrent que les bâtiments dans lesquels des travaux d’isolation – pose d’un isolant en toiture, double vitrage aux fenêtres – ont été réalisés affichent des concentrations de radon supérieures aux mêmes types de bâtiments non rénovés”, note Bernard Collignan, ingénieur spécialiste du radon au Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB).

Une meilleure isolation thermique peut conduire à confiner l’air et les polluants intérieurs, dont le radon, notamment si l’aération des locaux n’est pas adaptée. En lien avec l’Institut, le CSTB développe une méthodologie de caractérisation rapide du potentiel d’entrée de ce gaz dans un habitat, afin d’être capable d’identifier, dans des délais courts, à quel niveau ce

dernier est concerné par ce risque. Le CSTB mène des recherches pour améliorer la modélisation de son transfert et de son impact sur la qualité de l’air intérieur. Il étudie les performances de techniques de remédiation.

“Dans la construction neuve, on veille souvent à bien isoler le bâti de son environnement immédiat : extérieur, sol. On limite donc les entrées de radon. Il est important d’y associer un système de ventilation performant.

En rénovation, il faut accompagner les travaux d’isolation de l’installation d’une ventilation adaptée.

Les systèmes à double flux permettent de renouveler l’air tout en récupérant en partie la chaleur”, détaille-t-il.

Le CSTB édite un guide à destination des professionnels du secteur (lire Bibliographie). ■

●●● français. trois mille de nos agents y travaillent périodiquement. L'IRSN nous a aidés à identifier les départements les plus concernés et les tunnels les plus à risque, comme celui de Fréjus (Var). Nous avons défini 39 tunnels prioritaires et effectué des mesures dans 13 d'entre eux."

Seules deux mesures dépassent le seuil de 400 Bq.m³, dans celui de Fréjus justement. "En général, les tunnels ferroviaires sont vastes et bien ventilés. Ces données seront prises en compte dans les futurs travaux. C'est enrichissant de travailler avec des experts de l'Institut, qui viennent sur le terrain et font des recommandations. Ils nous ont aidés à former une dizaine de médecins du travail et de référents radon sur nos territoires, qui déclinent leurs savoirs dans chaque établissement."

Former des "ambassadeurs"

Laurent Marie réalise pour l'IRSN des formations à la métrologie radon, validées par un examen diplômant. Elles sont destinées à des indépendants, des salariés de bureaux d'étude ou d'organismes de diagnostic, et des agents de la fonction publique. "Les titulaires sont agréés par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), précise-t-il. Ils savent parler de risque sans alarmer."

L'Institut s'adresse aussi aux jeunes, qui sont d'excellents ambassadeurs. À Cusset, une commune de l'Allier au potentiel radon moyen à élevé (*lire Repères 23, p. 9*), un travail de plusieurs mois a été réalisé. Dans le lycée,

diverses actions ont été menées : exposition, intervention de Jérôme Guillevic et Geneviève Beaumont, experts de l'Institut, pour compléter les connaissances des lycéens, mesure du radon à leur domicile et restitution des résultats devant la classe. "J'ai expliqué à ma

famille que, si on en avait trop, il faudrait mieux aérer la maison", conclut Ophélie, élève de seconde.

De nouvelles initiatives de ce type et d'autres actions territoriales sont en préparation, dès 2016, en Haute-Vienne. ■



George Clark/Gettyimages

Les travaux de remédiation outre-Manche sont plus nombreux qu'en France.

Royaume-Uni : des solutions techniques éprouvées

La réglementation britannique en matière de radon ressemble fort à celle de l'Hexagone pour certains lieux de travail et bâtiments recevant du public. Les employeurs doivent réaliser des mesures de ce gaz et prendre des dispositions si la concentration est supérieure à 400 Bq.m³. "Les contrôles et les sanctions sont rares, regrette Martin Freeman, directeur de Properteco, une entreprise spécialisée dans la mesure et les travaux de réduction du radon dans le bâtiment. Les pouvoirs publics tendent à minimiser son impact parce qu'ils pensent que les biens immobiliers vont perdre de la valeur. Les Britanniques, très attachés à la propriété foncière, n'hésitent pas à faire des travaux de remédiation." Les professionnels sont plus nombreux outre-Manche, car le marché y est plus important. Les solutions techniques disponibles y sont plus variées et éprouvées depuis plus longtemps. Martin Freeman encourage les pouvoirs publics français et européens à nouer des partenariats avec les industriels pour développer cette activité. ■

BIBLIOGRAPHIE

- **Le radon dans les bâtiments**
Guide pour la remédiation dans les constructions existantes et la prévention dans les constructions neuves, CSTB, juillet 2008 : <http://boutique.cstb.fr/Product/le-radon-dans-les-batiments>
- **Exposition au radon dans certaines habitations** : prévenir le risque sanitaire, *Aktis n°18* www.irsn.fr/aktis18
- **Plan national d'actions** pour la gestion du risque lié au radon 2011-2015 : www.asn.fr

POUR EN SAVOIR PLUS

- **Repères n°23, p. 17** : En pratique. "Limiter la présence du radon dans une habitation"
- **Repères n°23, p. 9** : "Des lycéens sensibilisés au risque radon"
- **Repères n°8, p. 8** : "Sommes-nous tous exposés au radon ?"
- **Connaître le potentiel radon** de sa commune : www.irsn.fr/carte-radon
- **Les solutions techniques** dans le bâtiment : <http://extranet.cstb.fr/sites/radon>
- **Formations** à la métrologie radon : <http://extranet.cstb.fr/sites/radon>

- **Webdocumentaire** sur le radon produit par l'IRSN : www.irsn.fr/webdoc-radon

CONTACTS

- **Formations**
laurent.marie@irsn.fr
- **Interventions**
patrick.potard@irsn.fr
- **Recherche**
jerome.guillevic@irsn.fr
geraldine.ielsch@irsn.fr
- **Ouverture à la société**
pascal.doremus@irsn.fr
sylvie.charron@irsn.fr

Contamination oculaire, comment réagir ?

Une projection d'un produit radioactif dans l'œil peut survenir à l'occasion d'un geste effectué quotidiennement. La procédure fait intervenir immédiatement une Personne compétente en radioprotection (PCR), qui s'occupera du suivi du sujet, de la décontamination des objets et des locaux et du signalement de l'incident.

• **TÉMOIGNAGE** Une Personne compétente en radioprotection • **DÉCRYPTAGE** La prise en charge après une projection dans l'œil • **AVIS D'EXPERT** Un expert en radioprotection à l'IRSN

TÉMOIGNAGE

“ L'engagement de tous les chirurgiens à suivre les règles ”

Manipulateur radio et Personne compétente en radioprotection (PCR), Yves Charlier* témoigne de son expérience lors d'une contamination oculaire d'une chirurgienne survenue en 2012 dans le service de médecine nucléaire dont il s'occupe.

“ Un événement significatif en radioprotection (ESR) s'est déroulé le 17 septembre 2012 à 14h10, lors de l'administration de nanocolloïdes marqués au technétium radioactif (99mTc). Pendant une injection, une chirurgienne a reçu une projection dans l'œil droit d'une goutte du produit. Travaillant dans le même service,

j'ai pu agir vite. Si je n'avais pas été présent, une autre PCR – nous sommes trois – serait arrivée rapidement. L'unité compétente en radioprotection dispose d'un numéro de téléphone unique faisant sonner en même temps les portables des trois PCR.

Premier réflexe : lavage au sérum physiologique

Dans les minutes qui ont suivi, j'ai pu procéder à la décontamination de l'œil en réalisant plusieurs lavages au sérum physiologique. J'ai pris soin de récupérer le liquide à l'aide de compresses changées fréquemment. J'ai mesuré toutes les dix minutes le nombre de coups/seconde et le débit de dose au contact de l'œil, puis à 20 cm de distance. La praticienne, qui n'avait pas respecté les consignes de prévention, est repartie à 14h45, pressée de reprendre son service. Je l'ai revue à 17h30 pour de nouvelles mesures. Le débit de dose était passé à 2 microsievvert (μSv).

En l'absence d'outil pour évaluer la dose injectée, j'ai fait appel le jour même à l'expertise de l'IRSN. La dose a été estimée entre 7 et 10 mSv, en supposant que la goutte ait été entièrement projetée dans l'œil. J'ai revu la personne contaminée le lendemain à 12h30 et constaté l'absence de toute trace de radioactivité.

En plus de la déclaration d'ESR, la cadre du service a signalé un accident exposition au sang (AES) et le médecin du travail a été informé. Avec ce dernier et le chef du service de médecine nucléaire, nous avons rencontré la responsable des chirurgiens afin de rappeler les bonnes pratiques.

Après cet accident, j'ai demandé à tous les chirurgiens de signer un engagement à suivre les règles de radioprotection détaillées dans les procédures écrites par les PCR.” ■

* Le nom a été changé.



Grégoire Malsomme/IRSN

DÉCRYPTAGE

Projection dans l'œil : la prise en charge

La projection d'un produit radioactif dans l'œil peut survenir lors de sa manipulation en radioprotection (PCR) doit prendre en charge en urgence le collaborateur évacuer les déchets et signaler l'incident.



1 **Véronique M., technicienne dans un laboratoire de recherche, reçoit une goutte dans l'œil** lors de la manipulation d'une pipette contenant du technétium-99. Cet incident peut survenir lors de gestes effectués quotidiennement.



3 **La PCR évalue la contamination et la dose associée**
Avec un détecteur de contamination approprié, la PCR contrôle l'activité du radionucléide au niveau de l'œil et du visage. En cas de contrôle positif, un nouveau lavage est effectué. Si une contamination résiduelle persiste, une évaluation de la dose à l'œil et à la peau est réalisée avec l'IRSN.



4 **Contrôler le risque de transfert interne**
Une contamination externe du cristallin risque d'entraîner une contamination interne après passage par les larmes dans le sang. Il est impératif de collecter des urines sur une période de 24 heures et de les envoyer pour examen à un laboratoire d'analyse médicale de radiotoxicologie, tel que celui de l'IRSN au Vésinet (Yvelines).



2 **Laver l'œil**
Un lavage oculaire avec de l'eau ou du sérum physiologique est effectué au plus vite par Véronique M., le cas échéant avec l'assistance de Jacques T., Personne compétente en radioprotection (PCR). Le visage est lavé avec de l'eau, un savon doux ou des lingettes.

5 **La PCR décontamine la pièce et les objets**
Le sol, les instruments et les meubles du laboratoire où l'incident est survenu doivent être contrôlés et, si nécessaire, décontaminés, tout comme les chaussures de toutes les personnes ayant travaillé dans le local.



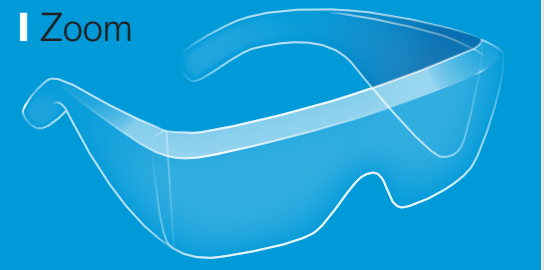
Réglementation

• En 2011, la **Commission internationale de protection radiologique (CIPR)** a recommandé un abaissement de la limite annuelle d'exposition du cristallin de 150 à 20mSv (millisieverts) pour les travailleurs. Cette nouvelle limite a été reprise dans les normes de base en radioprotection de l'**Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)**, en 2011, puis dans la directive **Euratom**, publiée le 5 décembre 2013. Celle-ci doit être transposée en droit français d'ici à janvier 2018.

Le saviez-vous ?

• **Les fiches Radionucléides IRSN-INRS*** traitent de l'utilisation de radionucléides en sources non scellées. Destinées aux acteurs de la radioprotection, elles facilitent l'application de la réglementation et expliquent les bonnes pratiques de prévention.
**Institut national de recherche et de sécurité*

Zoom



• **Les surlunettes à branches et coques latérales** font partie des équipements indispensables de protection individuelle.

rge

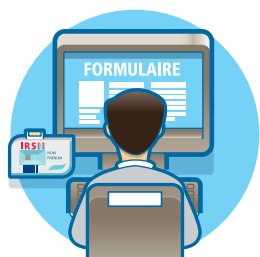
ation par un travailleur. La Personne compétente concerné : évaluer le risque, décontaminer,



- 6 Évacuer les déchets**
Les déchets – seringue, sérum, eau de lavage, lingettes et vêtements contaminés – sont des déchets radioactifs. Ils sont déposés dans des poubelles plombées, puis entreposés dans un local dédié pendant au moins dix périodes radioactives du radionucléide.



- 8 Sensibiliser le personnel exposé**
Jacques T. organise une sensibilisation à la radioprotection. L'incident montre qu'il est nécessaire d'informer à nouveau le personnel sur les conduites à risque. Il rappelle les règles via des panneaux et des notes. Il insiste sur le nécessaire port des protections individuelles (EPI) : lunettes englobantes, vêtements et gants de protection...



- 7 Signaler l'incident**
Jacques T. prévient le médecin du travail. Parallèlement, il organise avec son employeur la déclaration de l'incident à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN). Celle-ci doit être faite dans les 48 heures suivant l'événement. Il en fait parvenir une copie à l'IRSN.

Antoine Dagani/Spécifique/IRSN - Source : IRSN

AVIS D'EXPERT

“ Imposer le port de lunettes couvrantes ”

“ Les risques de projections de produits radioactifs au niveau des yeux existent toujours en présence de sources non scellées. Les accidents surviennent dans les secteurs de la recherche et en médecine nucléaire, notamment lors de la préparation ou de l'administration de radiopharmaceutiques. Ces accidents sont rares, mais tous ne sont sans doute pas déclarés... La prévention sera renforcée avec l'abaissement de la valeur limite d'exposition pour le cristallin, applicable d'ici à février 2018. En cas d'incident, il est très compliqué d'évaluer la dose reçue car les paramètres nécessaires au calcul sont difficiles à connaître : la quantité exacte de produit entrée dans l'œil, la manière dont il s'y distribue et le temps qu'il y séjourne. L'IRSN traite cette question par la modélisation, au cas par cas. L'essentiel reste la prévention. Pour protéger l'œil, le moyen le plus sûr est de rendre obligatoire le port de lunettes suffisamment couvrantes pour toute pratique mettant en œuvre la manipulation de produits radioactifs liquides ou pulvérulents.” ■



Noak/Le bar Floréal/IRSN

Alain Rannou, expert en radioprotection à l'IRSN

En savoir plus

- **Site ASN : avis d'incident**
- **Base Relir :** <http://relir.cepn.asso.fr>
- **Rapport IRSN :** www.irsn.fr/cristallin
- **Lire le dossier** "Les yeux sous haute protection", dans *Repères* n°22 sur www.irsn.fr/IR22

Pour aller plus loin

- **Recommandations sur les bonnes pratiques en matière de radioprotection des travailleurs** sur www.irsn.fr/cristallin

Contact

- alain.rannou@irsn.fr
- Laboratoire d'analyses médicales de l'IRSN, 31 rue de l'Écluse, 78116 Le Vésinet cedex

Les citoyens mesurent eux-mêmes la radioactivité

Information. La difficulté des autorités japonaises à communiquer a suscité la méfiance des citoyens, qui se regroupent pour mettre en place des mesures radiologiques sur le territoire. Azby Brown, acteur du projet Safecast au Japon, et Jean-François Bottollier-Depois, responsable d'Openradiation en France, débattent des bénéfices de ces réseaux.

Quel rôle a joué Safecast dans le débat public sur Fukushima ?

Azby Brown : Le projet est parti de deux constats. Les informations disponibles sur la radioactivité faisaient défaut. Le grand public n'avait plus confiance dans les sources gouvernementales et officielles. L'objectif

était de faire preuve d'une absolue transparence, grâce à des outils *open data* et *open source*, pour fournir une source d'informations crédible, indépendante et non partisane. Aider les populations à rassembler des données de base de la dose due à la radioactivité dans l'environnement pour montrer ce qui est "normal", et les impliquer dans un processus éducatif, sont des composantes du programme. Le développement des sciences citoyennes est une tendance mondiale.

La France n'a jamais connu d'accident radiologique grave. Pourquoi mettre en place une surveillance avec des données du public ?

Jean-François Bottollier-Depois : Les initiatives comme Safecast sont importantes pour obtenir une grande quantité de données recueillies par les citoyens après Fukushima. Sur la base de cette expérience, nous avons créé une application dosimétrique dans l'esprit de Safecast et un site Internet pour centraliser les données et échanger. Chacun peut faire des commentaires sur une mesure en particulier, sur un point chaud* par exemple. Cet outil permet à ses

utilisateurs, membres du public, de s'approprier de manière courante la problématique de l'exposition à la radioactivité. En cas de crise nucléaire, les données collectées pourraient être utilisées en situation d'urgence radiologique.

Safecast est une initiative privée, venant du terrain. Un projet comme Openradiation peut-il mobiliser les individus ?

J.-F. B.-D. : L'IRSN est certes un institut public, mais deux de nos partenaires sont des associations impliquées dans le milieu éducatif. Nous ne savons pas aujourd'hui si la population se mobilisera autour d'Openradiation. Nous essayons de l'inciter en utilisant des outils pédagogiques. La confiance des citoyens repose sur la transparence. C'est la raison pour laquelle nous publierons toutes les données brutes que nous recevrons.

A.B. : Le public est sceptique quant à la motivation des organes officiels à communiquer des informations sur les risques. C'est indéniable. Il convient néanmoins de garder ces instances en haute estime. Au Japon, le gouvernement a perdu la confiance de la population à cause de son manque de

“ En France, Openradiation permettra d'acquérir et de centraliser des mesures de dose provenant du terrain en nombre important. ”

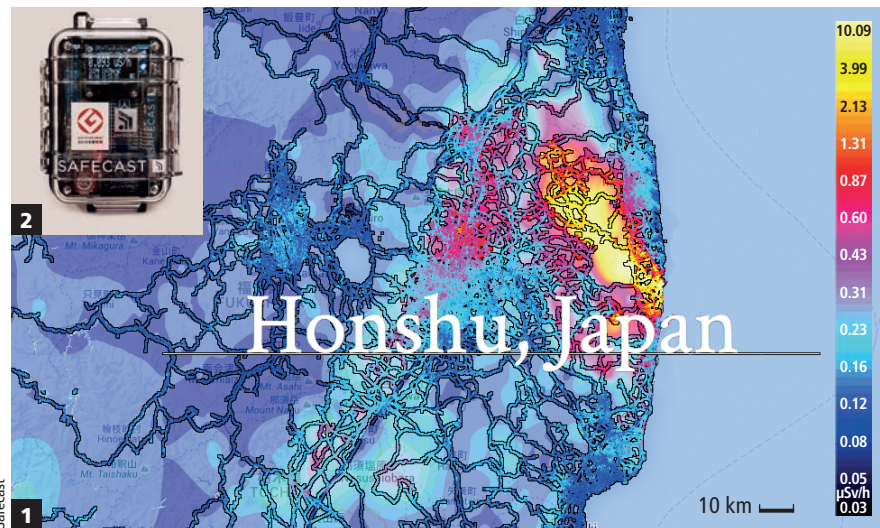


Olivier Seignette/Mikael Lafontan/IRSN

Jean-François Bottollier-Depois

Physicien responsable du service de dosimétrie externe de l'IRSN, il pilote Openradiation, initiative que l'Institut a lancée avec l'Université Pierre et Marie Curie et des associations*. L'objectif est de développer des outils de mesure et une plateforme Internet, offrant aux citoyens la possibilité de partager leurs données ou d'obtenir des informations.

*L'Institut français des formateurs risques majeurs et protection de l'environnement (IFFO-RME) et Planète Science



1 Cartographie des données brutes recueillies par les citoyens (1) dans le cadre du projet Safecast au moyen de boîtiers "bGeigie" (2). Ce dernier, livré en kit, prend une mesure toutes les cinq secondes lors d'un trajet et la sauvegarde avec ses coordonnées GPS pour les transférer sur le site et sa carte mondiale. L'échelle est logarithmique.

préparation et d'action. La France n'a jamais connu d'échec d'une telle envergure. Dans une situation d'urgence, les gouvernements ou les exploitants ne disposent pas de personnel chargé de communiquer les informations souhaitées par le public, pas plus sur le site d'un accident qu'à distance. De bonnes relations entre les groupes de citoyens comme le nôtre et les acteurs en charge de la gestion de l'accident sont essentielles. Openradiation peut contribuer à bâtir ce type de relations, dès le départ.

Les projets Safecast et Openradiation vont tous deux collecter des données en France. Comment peuvent-ils collaborer ?

A.B. : Nous encourageons fortement l'interopérabilité entre les systèmes de données sur les radiations. Rien n'empêche que les informations recueillies par les citoyens disposant de détecteurs Safecast puissent être envoyées sur le site Openradiation. Nous allons intégrer d'autres données gouvernementales à titre comparatif, celles d'Openradiation pourront aussi être facilement incorporées dans nos cartes. Nous devons nous assurer que le public comprend qu'il s'agit d'établir des protocoles de

partage de données ouvertes, et que l'indépendance de Safecast ne fait aucun doute.

J.-F. B.-D. : Les initiatives comme Safecast doivent rester indépendantes du gouvernement et des institutions publiques. Les projets japonais et français peuvent partager des résultats. Nous élaborons une interface permettant d'accepter les données de Safecast.

À RETENIR

- **Le projet Safecast** a vu le jour au Japon après l'accident de Fukushima-Daiichi. Il montre la faisabilité et les avantages d'un réseau de citoyens pour rassembler des mesures de la radioactivité, les partager et en discuter.
- **L'IRSN a initié la plateforme Openradiation** pour partager données et information sur la radioactivité. Elle permettra de centraliser les mesures réalisées avec différentes applications telles que Safecast. Elle favorisera la diffusion de l'information et le débat public.
- **Les initiatives citoyennes** sont efficaces pour recueillir un nombre important de données très rapidement après un accident radiologique.

Les nôtres seront accessibles de l'extérieur par d'autres utilisateurs. ■

*Zone où la radioactivité est plus élevée.

www Pour en savoir plus
 ● **Le site du projet Safecast :**
<http://blog.safecast.org/>

À lire sur le webmagazine
 ● Retrouvez l'intégralité de l'interview.

“ Ce qui compte, c'est de bâtir une communauté de citoyens informée et fiable. ”

Azby Brown

Architecte et universitaire américain vivant au Japon depuis 1985, c'est un membre essentiel de Safecast. Ce groupe de volontaires a été constitué juste après l'accident de Fukushima-Daiichi pour mesurer la radioactivité, au moyen de détecteurs conçus par eux-mêmes. Les citoyens partagent les données produites et en discutent via Internet.



Pieter Franken

La stratégie scientifique pour les dix ans à venir

Recherche. L'Institut explicite sa stratégie scientifique d'ensemble pour les dix prochaines années. Il présente les sujets prioritaires à travers 18 questions.

Jusqu'ici, la stratégie scientifique de l'Institut était perceptible à travers les contrats d'objectifs avec l'État et les plans de programmation multidisciplinaire à moyens termes de ses activités. L'établissement formalise, sous une forme synthétique, la logique

d'ensemble de la stratégie qu'il estime nécessaire de déployer sur les dix prochaines années pour encadrer ses travaux scientifiques.

Ce travail a été mené avec toutes les parties prenantes membres du Comité d'Orientation de la Recherche en sûreté

et en radioprotection (COR) et de son Conseil scientifique. Il est consigné dans une publication. Celle-ci explicite les principales exigences auxquelles doivent répondre les recherches à développer. "Ce document synthétique d'une vingtaine de pages est conçu



Laurent Zylberman/Graphix-Images/IRSN

Les choix programmatiques devront être justifiés au regard des enjeux pour l'expertise et des questions scientifiques prioritaires.

Les lignes de force de la stratégie de recherche

Le document définit les neuf lignes de force qui doivent structurer les travaux à mener pour apporter des éléments de réponses aux questions scientifiques prioritaires.

- 1 Justifier les fondements** de ses orientations scientifiques et les moyens à y accorder.
- 2 Associer les bénéficiaires finaux** – pouvoirs publics, société civile – aux travaux de recherche.
- 3 Prendre des initiatives** pour consolider l'espace national, européen et international de la recherche dans le domaine des risques nucléaires et radiologiques.
- 4 Développer des partenariats** académiques et participer activement aux Alliances nationales de recherche.
- 5 Développer la collaboration** avec les industriels, les exploitants nucléaires et les acteurs du secteur médical.
- 6 Disposer des outils** de simulation numérique et les maîtriser.
- 7 Garantir l'accès** de l'Institut aux infrastructures de recherche et d'expérimentation et aux bases de données.
- 8 Développer des méthodologies** et des outils d'aide à la décision à caractère opérationnel.
- 9 Pérenniser les connaissances** et savoir-faire systématisés pour mieux renouveler l'évaluation des risques.



Olivier Seignette/Mikael Lafontan/IRSN

Véronique Rouyer, directrice adjointe de la stratégie et des partenariats à l'IRSN.

comme un outil de dialogue avec l'ensemble des partenaires de l'Institut", précise Véronique Rouyer, directrice adjointe de la direction de la stratégie et des partenariats à l'IRSN.

Des nanoparticules au réacteur ITER

L'une des neuf lignes de force du document (*lire encadré p. 22*) précise que les choix programmatiques devront être justifiés à la lumière de critères explicites. Ceux-ci incluent les enjeux pour l'expertise. Ils sont en lien direct avec une vingtaine de questions scientifiques jugées prioritaires, auxquelles l'Institut doit apporter des éléments de réponse.

Ces questions (*lire ci-contre*) s'articulent autour de deux axes : éviter un accident majeur sur une installation nucléaire et porter les efforts en matière de radioprotection sur les enjeux réels, y compris les coûts.

Chacune est détaillée en sous-questions qui délimitent une problématique et une méthodologie de recherche. Elles touchent autant à la recherche amont – comme celle menée sur les nanoparticules ou sur l'impact des effets radio-induits sur la cellule – qu'à la recherche finalisée – les réponses thérapeutiques innovantes dans la radioprotection, par exemple, ou la sûreté du réacteur à fusion ITER*.

La logique d'ensemble des questions scientifiques prioritaires

En radioprotection

- Comprendre l'impact des rayonnements ionisants sur le vivant :
 - appréhender les mécanismes aux différentes échelles, les transferts et les risques associés;
 - réfléchir aux limites d'une évolution du système de radioprotection (vers quel niveau d'intégration).
- Prévenir et limiter les conséquences des expositions aiguës potentielles aux rayonnements sur deux cibles :
 - les patients et les professionnels de la santé;
 - les personnes exposées accidentellement.
- Se préparer à la gestion de crise et post-accidentelle.

En sûreté nucléaire

- Interfaces avec l'extérieur :
 - comprendre les processus de transfert de la contamination
 - interface avec la radioprotection;
 - caractériser les sollicitations – séismes, inondations... – qui pourraient impacter la sûreté-sécurité.
- Aspects internes à l'installation :
 - caractériser la fiabilité des systèmes/matériels face aux sollicitations;
 - comprendre et contrôler les mécanismes de vieillissement;
 - appréhender la dégradation potentielle des première, deuxième et troisième barrières.
- Faire évoluer les méthodologies et les outils d'évaluation de sûreté.
- Installations particulières :
 - ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor, ou Réacteur thermonucléaire expérimental international);
 - stockage géologique;
 - installations en assainissement/démantèlement.

Une question transversale

Comment évaluer l'impact des facteurs organisationnels et humains sur la sûreté-sécurité et la radioprotection.

Les questions liées à la sûreté visent à revisiter les référentiels de sûreté-sécurité et à asseoir leur évolution dans le temps sur une base scientifique. De même, celles qui concernent la radioprotection ont pour objectif de réduire les incertitudes qui persistent dans les fondements scientifiques du système de radioprotection, pour adapter au mieux la gestion des risques radiologiques.

Le document stratégique cadre les choix sur les travaux qui seront à

faire autour de questions scientifiques de fond en fonction des moyens disponibles et compte tenu de l'état de progrès des connaissances. Il sera décliné dans des publications complémentaires, qui préciseront les démarches de recherche inscrites dans cette grille stratégique. ■

*International Thermonuclear Experimental Reactor, ou Réacteur thermonucléaire expérimental international



Pour en savoir plus

• **Le document stratégie de recherche sur**

www.irsn.fr/strategie-scientifique

Gérez facilement votre dosimétrie



Personnes compétentes en radioprotection,

vous recherchez des outils fiables pour assurer un suivi dosimétrique performant. Vous travaillez dans le domaine médical, nucléaire, industriel ou dans la recherche: le Laboratoire de dosimétrie de l'IRSN vous propose une gamme de dosimètres passifs à lecture différée, ultra-performants et simples d'utilisation. Destinés à la dosimétrie individuelle, à la dosimétrie d'ambiance ou à la réalisation d'études spécifiques, ils assurent la mesure de l'exposition

externe. Notre offre s'accompagne d'un service adapté à vos besoins, avec un portail de gestion et de commande qui vous facilite la dosimétrie. Vos analyses sont réalisées par des métrologues chevronnés. Avec plus de 50 années d'expérience, l'Institut vous apporte des réponses sur mesure, pour définir les protocoles et les dosimètres les plus pertinents.

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Enhancing Nuclear Safety**

Renseignez-vous dès maintenant

Laboratoire de dosimétrie
de l'IRSN (LDI)

E-mail : dosimetre@irsn.fr
Site : dosimetre.irsn.fr