

01

**Les activités
nucléaires :
rayonnements
ionisants et risques
pour la santé et
l'environnement**



1 / L'état des connaissances sur les dangers et les risques liés aux rayonnements ionisants p. 103

- 1.1 Les effets biologiques et les effets sanitaires
- 1.2 L'évaluation des risques liés aux rayonnements ionisants
- 1.3 Les incertitudes scientifiques et la vigilance
 - 1.3.1 La réponse individuelle aux rayonnements ionisants
 - 1.3.2 Les effets des faibles doses
 - 1.3.3 La signature moléculaire dans les cancers radio-induits

2 / Les différentes sources de rayonnements ionisants p. 106

- 2.1 Les rayonnements ionisants d'origine naturelle
 - 2.1.1 Les rayonnements cosmiques
 - 2.1.2 Les rayonnements d'origine terrestre (hors radon)
 - 2.1.3 Le radon
- 2.2 Les rayonnements ionisants liés aux activités humaines
 - 2.2.1 Les installations nucléaires de base
 - 2.2.2 Le transport de substances radioactives
 - 2.2.3 Les activités nucléaires de proximité
 - 2.2.4 La gestion des déchets radioactifs
 - 2.2.5 La gestion des sites contaminés
 - 2.2.6 Les activités utilisant des substances radioactives d'origine naturelle

3 / La surveillance des expositions aux rayonnements ionisants p. 109

- 3.1 Les doses reçues par les travailleurs
 - 3.1.1 La surveillance des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants
 - 3.1.2 Cas de l'exposition des travailleurs à la radioactivité naturelle
- 3.2 Les doses reçues par la population
 - 3.2.1 L'exposition de la population du fait des activités nucléaires
 - 3.2.2 L'exposition de la population aux rayonnements naturels
- 3.3 Les doses reçues par les patients
- 3.4 L'exposition des espèces non humaines (animales et végétales)

DÉCHET



GH

polysta



DUTREIX

Stetson
SCIENTIFIC

Stetson Scientific, Inc.
Stetson, CT 06424
P.O. Box 100, Bridge
1-800-224-4844
1-800-426-8288 in CT

Stetson Scientific, Inc.
Stetson, CT 06424
P.O. Box 100, Bridge
1-800-224-4844
1-800-426-8288 in CT

ALLOYAUM

ZONE EXTREMITÉ



Les **rayonnements ionisants** peuvent être d'origine naturelle ou provenir d'activités nucléaires d'origine humaine. Les expositions de la population aux rayonnements ionisants d'origine naturelle résultent de la présence de radionucléides d'origine terrestre dans l'environnement, de l'émanation de **radon** en provenance du sous-sol et de l'exposition aux **rayonnements cosmiques**.

Les activités nucléaires sont définies par le code de la santé publique (**CSP**) comme « les activités comportant un risque d'exposition des personnes aux rayonnements ionisants lié à la mise en œuvre soit d'une source artificielle, qu'il s'agisse de substances ou de dispositifs, soit d'une source naturelle, qu'il s'agisse de substances radioactives naturelles ou de matériaux contenant des radionucléides naturels [...] ».

Ces activités nucléaires incluent celles qui sont menées dans les installations nucléaires de base (INB) et dans le cadre du transport de substances radioactives, ainsi que dans les domaines médical, vétérinaire, industriel et de recherche.

Au-delà des effets des rayonnements ionisants, certaines installations peuvent être à l'origine de risques et de nuisances non radiologiques tels que les rejets de substances chimiques dans l'environnement ou l'émission de bruit.

Les différents principes auxquels doivent répondre les activités nucléaires, notamment les principes de **sûreté nucléaire** et de **radioprotection**, sont présentés au chapitre 2.

1 — L'état des connaissances sur les dangers et les risques liés aux rayonnements ionisants

Les rayonnements ionisants sont définis comme étant capables de produire directement ou indirectement des ions lors de leur passage à travers la matière. Parmi eux, on distingue les rayons X, les rayonnements gamma, alpha et bêta, ainsi que les rayonnements neutroniques, chacun d'entre eux étant caractérisé par des énergies et des pouvoirs de pénétration différents.

1.1 Les effets biologiques et les effets sanitaires

Qu'ils soient le fait de particules chargées, par exemple électron ou positon (rayonnements bêta) ou un noyau d'hélium (rayonnement alpha), ou de photons (rayons X ou rayons gamma), les rayonnements ionisants peuvent interagir avec les molécules constitutives des cellules de la matière vivante et les transforment chimiquement. Parmi les lésions ainsi créées, les plus importantes concernent l'ADN des cellules; elles ne sont pas fondamentalement différentes de celles provoquées par certaines substances chimiques toxiques, exogènes (extérieures à l'organisme) ou endogènes (résultant du métabolisme cellulaire).

Lorsqu'elles ne sont pas réparées par les cellules elles-mêmes, ces lésions peuvent

conduire soit à la mort cellulaire soit à l'apparition d'effets biologiques néfastes, dès lors que le tissu ne peut plus assurer ses fonctions.

De tels effets, appelés « **effets déterministes** », sont connus de longue date puisque les premiers effets ont été décrits assez tôt après la découverte des rayons X par W. Röntgen (début des années 1900). Ils dépendent de la nature du tissu exposé et apparaissent de façon certaine dès que la quantité de rayonnements absorbée dépasse un certain niveau de dose. Parmi ces effets, on peut citer par exemple l'érythème, la radiodermite, la radionécrose et la cataracte. Les effets sont d'autant plus graves que la dose de rayonnements reçue par le tissu est importante.

Les cellules peuvent aussi réparer, mais de façon imparfaite ou erronée, les lésions ainsi provoquées. Parmi les lésions qui subsistent, celles de l'ADN revêtent un caractère particulier, car des anomalies résiduelles au niveau des chromosomes peuvent être transmises par divisions cellulaires successives à de nouvelles cellules. Une seule mutation génétique est loin d'être suffisante pour la transformation en cellule cancéreuse, mais cette lésion due aux rayonnements ionisants peut constituer une première étape

vers la cancérisation qui apparaît après un temps variable jusqu'à plusieurs années après l'exposition.

La suspicion d'un lien de causalité entre une exposition aux rayonnements ionisants et la survenue d'un cancer remonte à 1902 (observation d'un cancer de la peau sur une radiodermite). On parle alors de « cancer radio-induit ».

Par la suite, plusieurs types de cancer ont été observés en milieu professionnel, dont certains types de leucémie, des cancers bronchopulmonaires (par inhalation de radon) et des ostéosarcomes de la mâchoire. Hors du domaine professionnel, le suivi pendant plus de soixante ans d'une cohorte⁽¹⁾ d'environ 85 000 personnes irradiées lors des bombardements nucléaires d'Hiroshima et de Nagasaki (Japon) a permis de réunir des données sur la morbidité et la mortalité par cancer après exposition aux rayonnements ionisants, et de décrire les relations dose-effets, qui sont à la base de la réglementation actuelle. D'autres travaux épidémiologiques ont permis de mettre en évidence, chez les patients traités par radiothérapie, une augmentation statistiquement significative des cancers (effets secondaires) imputables aux rayonnements ionisants. Citons également l'**accident de la centrale nucléaire**

1. Cohorte : groupe d'individus considérés comme un ensemble et participant à une étude statistique des circonstances d'apparition des maladies.

de [Tchernobyl](#) (Ukraine) qui, du fait de l'iode radioactif rejeté, a provoqué dans les régions proches du lieu de l'accident un excès de cancers de la thyroïde chez des sujets jeunes exposés pendant leur enfance.

Les conséquences sanitaires de [l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima](#) (Japon) pour les populations avoisinantes ont également fait l'objet de travaux et d'analyses, dont certains sont encore en cours, afin d'en tirer les enseignements au plan épidémiologique.

Le risque de cancer radio-induit n'est pas lié à un dépassement de seuil. Il se manifeste par un accroissement de la probabilité de cancer en fonction de la dose de rayonnements reçus, et dépend également de l'âge et du sexe. On parle alors d'effets probabilistes, stochastiques (dont l'apparition, à la suite d'une exposition, dépend du hasard) ou aléatoires. La probabilité de développer un cancer augmente avec la dose. Toutefois, l'impact des faibles doses sur l'apparition d'un cancer fait l'objet de débats scientifiques (voir point 1.2).

Établis au plan international, les objectifs de santé publique de la radioprotection visent à éviter l'apparition des effets déterministes et à réduire la probabilité d'apparition de cancers radio-induits ; l'ensemble des résultats des études semble indiquer que les cancers radio-induits constituent le risque sanitaire prépondérant lié à l'exposition aux rayonnements ionisants.

1.2 L'évaluation des risques liés aux rayonnements ionisants

En France, la surveillance de l'épidémiologie des cancers est fondée sur des registres de maladies, sur la surveillance des causes de décès et, plus récemment, s'appuie également sur l'exploitation des données du programme médicalisé des systèmes d'information des établissements de santé et sur les déclarations d'affection de longue durée. Les registres sont des structures qui réalisent « *un recueil continu et exhaustif de données nominatives intéressant un ou plusieurs événements de santé dans une population géographiquement définie, à des fins de recherche et de santé publique, par une équipe ayant les compétences appropriées* ». Certains dits « généraux » s'intéressent à tous les types de cancer, leur périmètre est départemental ou interdépartemental ; d'autres, dits « spécialisés », se focalisent sur un cancer particulier. Leur portée est un périmètre géographique variable (agglomération, département, région, voire national). Les trois registres nationaux concernent pour le premier le mésothéliome de la plèvre dans le cadre d'exposition principalement aux fibres d'amiante, les deux autres couvrent l'ensemble des

pathologies cancéreuses de l'enfant et de l'adolescent jusqu'à 18 ans (source : INCa).

Dans une zone couverte par un registre, l'objectif est de mettre en évidence des différences de répartition spatiale, de dégager des évolutions temporelles en matière d'augmentation ou de diminution du taux d'incidence des différentes localisations cancéreuses, ou encore de repérer un agrégat de cas.

En fonction de la qualité de leur base de données populationnelle et de leur ancienneté, certains registres participent à de nombreuses études explorant les facteurs de risque des cancers (dont les risques environnementaux).

L'investigation épidémiologique est une tâche complémentaire de la surveillance. Elle a pour vocation de mettre en évidence une association entre un facteur de risque et la survenue d'une maladie, entre une cause possible et un effet, ou tout au moins de permettre d'affirmer que l'existence d'une telle relation causale présente une très forte probabilité. La difficulté intrinsèque à mener ces études est à rappeler, de même que la difficulté à conclure de façon convaincante lorsque le délai d'apparition de la maladie est long ou encore lorsque le nombre de cas attendus est faible, ce qui est notamment le cas pour des expositions faibles de quelques dizaines de [millisieverts](#) (mSv).

Les cohortes comme celles de Hiroshima et de Nagasaki ont clairement mis en évidence un excès de cancers, pour une exposition moyenne de l'ordre de 200 mSv. En raison de données insuffisantes sur l'impact des faibles doses sur l'apparition d'un cancer, des estimations sont fournies en extrapolant de façon linéaire et sans seuil (voir point 1.3.2) les effets observés décrits aux fortes doses. Ces modélisations donnent des estimations des risques encourus lors d'une exposition aux faibles doses de rayonnements ionisants qui restent cependant controversées au niveau scientifique. Des études sur de très larges populations sont actuellement menées pour mieux caractériser ces risques. Des études épidémiologiques récentes sur des travailleurs de l'industrie du nucléaire⁽²⁾ et sur des enfants et adolescents exposés à des rayonnements ionisants lors d'examen scanners⁽³⁾ retrouvent ainsi une augmentation du risque de cancers proportionnelle à la dose reçue qui reste significative, y compris lorsque l'intervalle étudié est restreint à des doses cumulées faibles inférieures à 100 milligrays (mGy), confortant ainsi ce qui jusqu'alors n'était qu'une hypothèse.

Ces résultats consolident les connaissances sur l'impact des rayonnements ionisants à faibles doses et confirment l'importance des principes d'optimisation et de

justification pour la protection radiologique des populations exposées quelle qu'en soit l'origine (rayonnement naturel, exposition médicale, industrie nucléaire, etc.).

Sur la base des synthèses scientifiques du Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (*United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation - UNSCEAR*), la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a publié les coefficients de risque de décès par cancer dus aux rayonnements ionisants, soit 4,1% d'excès de risque par sievert pour les travailleurs et 5,5% par sievert pour la population générale (voir [publication 103](#) de la CIPR).

L'évaluation du risque de cancer du poumon dû au radon⁽⁴⁾ repose sur un grand nombre d'études épidémiologiques, réalisées directement dans l'habitat, en France et à l'échelle internationale. Elles ont permis de décrire une relation linéaire, même pour une exposition faible (200 becquerels par mètre cube – Bq/m³) sur une durée de vingt à trente ans. En 2009, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a recommandé un niveau de référence de 100 Bq/m³, et dans tous les cas de rester en deçà de 300 Bq/m³. La [publication 115](#) de la CIPR a comparé les risques de cancer du poumon observés dans le cadre des études sur les mineurs d'uranium avec ceux observés en population générale et a conclu à une très bonne concordance des risques observés dans ces deux conditions d'exposition au radon. Les recommandations de la CIPR confortent celles émises par l'OMS, qui considère que le radon constitue, loin après le tabac, le deuxième facteur le plus important de risque de cancer du poumon. Par ailleurs, pour des expositions au radon égales, le risque de cancer du poumon est beaucoup plus élevé chez les fumeurs : trois quarts des décès par cancer du poumon attribuables au radon surviendraient chez des fumeurs.

En France métropolitaine, environ 12 millions de personnes, réparties dans près de 7 000 communes, sont potentiellement exposées à des concentrations élevées en radon. Selon [l'Agence nationale de santé publique](#) (2018), le nombre de nouveaux cas de cancer du poumon attribuables au radon en France métropolitaine est estimé à environ 4 000 par an, loin derrière celui dû au tabac (le nombre de nouveaux cas de cancer du poumon en France métropolitaine est estimé à 46 000 en 2018). À l'initiative de l'ASN, un [plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon](#) a été mis en place depuis 2004. Il est périodiquement réactualisé. Le 4^e plan a été publié début 2021 et s'achèvera fin 2026 (voir point 3.2.2).

2. Source : étude *Inworks* – IRSN, note d'information du 3 octobre 2023, irsn.fr.

3. Source : étude *EPI CT* – IRSN, irsn.fr.

4. Le radon est un gaz radioactif naturel, descendant de l'uranium et du thorium, émetteur de particules alpha et classé cancérigène pulmonaire certain par le Centre international de recherche contre le cancer (CIRC) depuis 1987.

1.3 Les incertitudes scientifiques et la vigilance

Les actions menées dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection pour prévenir les accidents et limiter les nuisances ont permis de réduire les doses, qu'il s'agisse, par exemple, des doses reçues par les travailleurs ou de celles associées aux rejets des [INB](#). De nombreuses incertitudes subsistent; elles conduisent l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) à rester attentive aux résultats des travaux scientifiques en cours, en radiobiologie et en radiopathologie par exemple, avec des retombées possibles en radioprotection, notamment en ce qui concerne la gestion des risques liés aux faibles doses.

On peut citer, en particulier, plusieurs zones d'incertitudes concernant la radiosensibilité, les effets des faibles doses en fonction de l'âge, l'existence de signatures (mutations spécifiques de l'ADN) qui pourraient être observées dans des cancers radio-induits et certaines maladies non cancéreuses observées dans les suites de radiothérapie.

1.3.1 La réponse individuelle aux rayonnements ionisants

Les effets des rayonnements ionisants sur la santé varient d'un individu à l'autre. Dès 1906, Bergonié et Tribondeau ont avancé pour la première fois qu'une même dose n'a pas le même effet selon qu'elle est reçue par un enfant en période de croissance ou par un adulte.

La variabilité de la radiosensibilité individuelle est observée aux fortes doses de rayonnements ionisants, notamment en matière de réponses tissulaires. Elle a été bien documentée par les radiothérapeutes et les radiobiologistes. Des niveaux de radiosensibilité élevés ont été constatés dans le cas de sujets souffrant de maladies génétiques de la réparation de l'ADN et de la signalisation cellulaire. De telles réponses anormales sont également observées chez des personnes souffrant de maladies neurodégénératives.

Aux doses faibles et modérées, cette variabilité de la radiosensibilité, à l'échelle cellulaire notamment, est de plus en plus documentée ainsi que le fait qu'une radiosensibilité à un niveau de dose n'implique pas nécessairement une radiosensibilité à d'autres niveaux de doses. Grâce à l'abaissement des seuils de détection, certaines méthodes récentes d'immunofluorescence de cibles moléculaires de la signalisation et de la réparation des lésions de l'ADN permettent de mieux documenter

les effets des rayonnements ionisants aux faibles doses. Les recherches effectuées avec ces nouvelles méthodes apportent des résultats qui doivent encore être validés en clinique avant d'être intégrés dans les pratiques médicales.

Les travaux du Groupe de recherche européen sur les faibles doses (*Multidisciplinary European Low Dose Initiative – MELODI*) et pour le domaine médical (*European platform for research activities in medical radiation protection – Euramed*) se poursuivent sur ce sujet. Le groupe de travail ([TG111](#)) de la CIPR dédié à ce sujet a publié une revue de l'état des connaissances sur la radiosensibilité individuelle et des possibilités de la prédire en vue d'élaborer des recommandations internationales de radioprotection. Toutefois, à ce stade, il ressort qu'aucun biomarqueur valide ne permet cette prédiction. La réponse individuelle aux rayonnements ionisants demeure un sujet important de recherche et d'application en radiobiologie et en radioprotection (Euratom 2021-2022).

1.3.2 Les effets des faibles doses

La relation linéaire sans seuil

La relation linéaire sans seuil est un modèle utilisé en radioprotection pour estimer la probabilité de risque associé à une exposition à des rayonnements ionisants tenant compte du principe de précaution. Selon cette relation, il y aurait un

risque dès la première exposition, en proportion de la dose de rayonnements reçue. Toutefois, de nombreuses incertitudes existent. C'est pourquoi certains estiment que les effets des faibles doses pourraient être supérieurs, d'autres pensent que ces doses pourraient n'avoir aucun effet en deçà d'un certain seuil; certains affirment même que des faibles doses ont un effet bénéfique. La recherche en biologie moléculaire et cellulaire progresse, les études épidémiologiques menées sur des cohortes importantes aussi. La CIPR considère que l'hypothèse de cette relation, retenue pour modéliser l'effet des faibles doses sur la santé (*voir point 1.2*), constitue une base prudente pour la gestion du risque dû à l'exposition aux rayonnements ionisants. Elle s'impose pour les décideurs compte tenu des incertitudes qui demeurent face à la complexité des phénomènes de réparation et de mutation de l'ADN et aux limites méthodologiques de l'épidémiologie malgré les progrès de la recherche en biologie moléculaire et cellulaire.

La dose, le débit de dose et la durée de l'exposition

Les études épidémiologiques réalisées sur les personnes exposées aux bombardements de Hiroshima et de Nagasaki ont permis de mieux connaître les effets des rayonnements sur la santé, pour des expositions dues à une irradiation externe (exposition externe) en quelques fractions de seconde, à forte dose et fort débit de

Évaluation de l'exposition : les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique

La CIPR, qui a émis de nouvelles recommandations pour le calcul des doses efficaces et équivalentes (publication 103) en 2007, actualise progressivement les valeurs des coefficients de dose efficace pour l'exposition interne et externe.

Ces coefficients tiennent compte en particulier des améliorations qui ont été apportées aux modèles biocinétiques et dosimétriques et des nouveaux facteurs de pondérations tissulaires et radiologiques définis dans la publication 103.

Les coefficients de dose interne pour les travailleurs ont été actualisés dans la série des publications de la CIPR 134, 137, 141 et 151. [L'arrêté du 16 novembre 2023](#) définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants a actualisé en droit français les coefficients de dose pour les travailleurs à compter du 1^{er} janvier 2024. Le CIPR publiera dans les prochaines années des coefficients de dose interne actualisés pour le public.

Pour ce qui concerne le radon, la [publication 115](#) de la CIPR (2010) avait permis une mise à jour du risque

de cancer du poumon lié à l'exposition au radon sur la base de nouvelles études épidémiologiques. La CIPR avait conclu que le risque de décès par cancer du poumon chez les adultes ayant été exposés de façon chronique à de faibles concentrations de radon était près de deux fois plus élevé que celui estimé sur la base des connaissances disponibles en 1993 ([publication 65](#)). Ces coefficients reposaient sur une approche épidémiologique. La CIPR, dans sa [publication 137](#), a proposé de nouveaux coefficients fondés sur une approche dosimétrique, comme pour les autres radionucléides. Ils conduisent, à exposition égale au radon et à ses descendants, à augmenter de façon significative la dose efficace annuelle reçue par les travailleurs exposés au radon (près de deux fois plus élevée). [L'arrêté du 16 novembre 2023](#) a actualisé les coefficients de dose pour le radon. Cette [actualisation](#)^(*) modifie le calcul de la dose efficace moyenne reçue par la population en France qui est ainsi passée de 3,5 à 6,5 millisieverts par an (mSv/an), l'exposition au radon représentant désormais 54 % de l'exposition globale (contre 33 % auparavant).

* Exposition de la population française aux rayonnements ionisants – Bilan 2014-2019, IRSN, 2021.

dose⁽⁵⁾ de rayonnements ionisants. Les études menées dans les pays les plus touchés par l'accident de Tchernobyl (la Biélorussie, l'Ukraine et la Russie) ont aussi fait avancer les connaissances sur l'effet des rayonnements sur la santé pour des expositions dues à une contamination interne (exposition interne), notamment à l'iode radioactif. Les études sur les travailleurs de l'industrie nucléaire ont permis de mieux préciser le risque pour des expositions chroniques à faibles doses établies sur de nombreuses années, qu'il résulte d'expositions externes ou de contaminations internes.

Les effets héréditaires et tératogènes

La survenue d'éventuels effets héréditaires des rayonnements ionisants n'a pas été démontrée chez l'homme. De tels effets n'ont pas été observés chez les survivants des bombardements de Hiroshima et de Nagasaki. Mais des effets héréditaires ont été documentés dans des travaux expérimentaux chez l'animal ; en particulier, les mutations induites par les rayonnements ionisants dans les cellules germinales (cellules à l'origine des cellules reproductrices : spermatozoïdes ou ovules) sont transmissibles à la descendance. Un groupe de travail de la CIPR, le [TG121](#), travaille actuellement sur le sujet des effets héréditaires et sur leurs modes de transmission aux générations futures.

La protection de l'environnement

La radioprotection a pour but de prévenir, réduire et limiter l'exposition aux rayonnements ionisants sur les personnes, directement ou indirectement, y compris par des effets délétères portés à l'environnement. Au-delà de la protection de

l'environnement orientée vers la protection de l'homme et des générations présentes ou futures, la protection des espèces non humaines fait partie en tant que telle de la protection de l'environnement prescrite en France par la [Charte constitutionnelle de l'environnement](#). La protection de la nature au nom de l'intérêt propre des espèces animales et végétales (*voir point 3.4*) a fait l'objet de plusieurs publications depuis 2008 ([CIPR 108](#), [114](#), [124](#) et [148](#)).

1.3.3 La signature moléculaire dans les cancers radio-induits

Il n'est actuellement pas possible de faire la différence entre un cancer radio-induit et un cancer qui ne le serait pas. En effet, les lésions provoquées par les rayonnements ionisants au niveau moléculaire ne semblent pas différentes de celles qui résultent du métabolisme cellulaire normal, avec l'implication dans les deux cas de radicaux libres, en particulier oxygénés. De plus, ni l'examen anatomopathologique ni la recherche de mutations spécifiques n'ont permis de différencier jusqu'à présent une tumeur radio-induite d'une tumeur sporadique.

On sait qu'aux premières étapes de la carcinogenèse (processus de formation du cancer) une cellule apparaît présentant une combinaison particulière de lésions de l'ADN lui permettant d'échapper au contrôle habituel de la division cellulaire et qu'il faut une dizaine à une centaine de lésions de l'ADN (mutations, cassures, etc.) en des points névralgiques pour franchir ces étapes. Tous les agents capables de léser l'ADN cellulaire (tabac, alcool,

produits chimiques variés, rayonnements ionisants, température élevée, autres facteurs d'environnement notamment nutritionnels, radicaux libres du métabolisme cellulaire normal, etc.) contribuent au vieillissement cellulaire et à la carcinogenèse.

Dans une approche multirisque de la carcinogenèse, peut-on alors continuer à parler de cancers radio-induits ? Oui, compte tenu des nombreuses données épidémiologiques qui indiquent que la fréquence des cancers augmente lorsque la dose augmente, une fois tenu compte des autres principaux facteurs de risque. Cependant, l'événement radio-induit peut aussi être le seul en cause dans certains cas (cancers radio-induits chez les enfants).

La mise en évidence d'une signature radiologique des cancers, c'est-à-dire la découverte de marqueurs permettant de signer l'éventuelle composante radio-induite d'une tumeur, serait d'un apport considérable dans l'évaluation des risques liés aux expositions aux rayonnements ionisants, mais reste à ce jour non démontrée.

Le caractère multifactoriel de la carcinogenèse plaide pour une approche de précaution vis-à-vis de tous les facteurs de risque, puisque chacun d'entre eux est susceptible de contribuer à une altération de l'ADN. Ceci est particulièrement important chez les personnes présentant une radiosensibilité individuelle élevée et pour les organes les plus sensibles comme le sein et la moelle osseuse, et ce d'autant plus que les personnes sont jeunes. Les principes de justification et d'optimisation trouvent là toute leur place (*voir chapitre 2*).

2 – Les différentes sources de rayonnements ionisants

2.1 Les rayonnements ionisants d'origine naturelle

En France, l'exposition à la radioactivité naturelle, sous ses différents modes (exposition aux rayonnements cosmiques, rayonnements telluriques, celle liée à l'incorporation de radionucléides naturels contenus dans les denrées et l'eau de boisson et celle associée à la présence de radon dans l'habitat) représente en moyenne 76% de l'exposition totale annuelle⁽⁶⁾.

2.1.1 Les rayonnements cosmiques

Les rayonnements cosmiques sont composés essentiellement d'ions. Ils possèdent une composante directement ionisante et une composante indirectement ionisante

due aux neutrons (dite « composante neutronique »), variables en fonction de l'altitude et de la longitude.

En prenant en compte l'altitude de chaque commune, le temps moyen passé à l'intérieur des habitations et un facteur de protection d'habitat de 0,8 (l'habitat atténue la composante ionique des rayonnements cosmiques), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire ([IRSN](#)) évalue la [dose efficace](#) individuelle moyenne par habitant en France à 0,31 mSv avec une variation de 0,3 à 1,1 mSv/an selon les communes.

Les voyageurs et le personnel navigant sont exposés lors de vols aériens, en fonction de l'altitude du vol et du trajet, à une exposition qui varie de quelques microsieverts (µSv) pour un vol Paris-province à près de 80 µSv pour un vol Paris-Ottawa. La dose

efficace moyenne annuelle reçue par la population est en France de 14 µSv.

Du fait d'une exposition accrue aux rayonnements cosmiques en raison de séjours prolongés en altitude, une surveillance dosimétrique s'impose pour le personnel navigant (*voir point 3.1.3*).

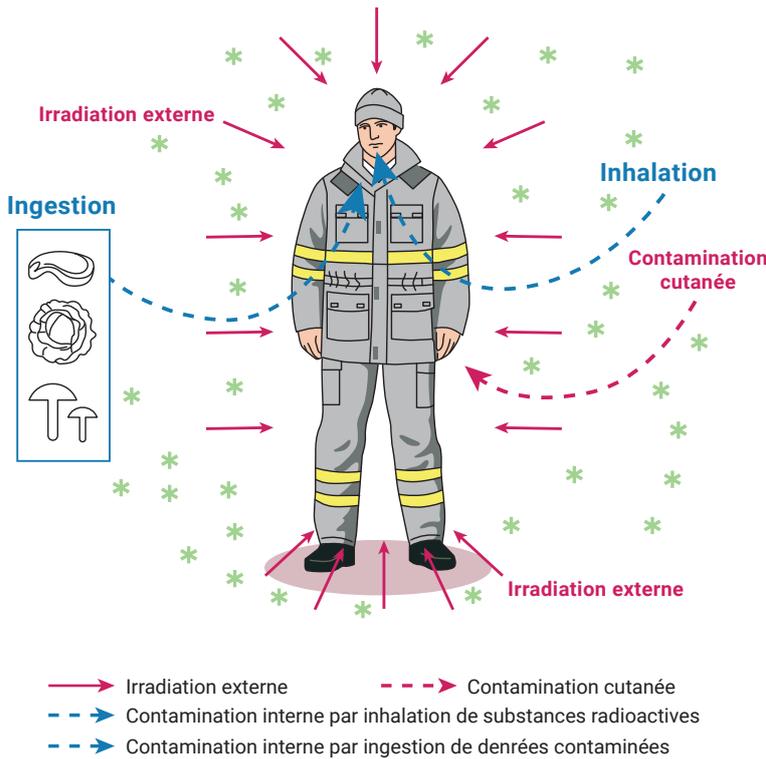
2.1.2 Les rayonnements d'origine terrestre (hors radon)

Les radionucléides naturels d'origine terrestre sont présents à des teneurs diverses dans tous les milieux constitutifs de notre environnement et de l'organisme humain. Ils conduisent à une exposition externe de la population du fait des rayonnements gamma émis par les produits de filiation de l'uranium-238 et du thorium-232, et par le potassium-40 présents dans les sols.

5. Le débit de dose radioactive détermine la dose absorbée (énergie absorbée par la matière) par unité de masse et de temps. Il se mesure en gray par seconde (Gy/s) dans le système international. Il est utilisé en physique et en radioprotection.

6. Exposition de la population française aux rayonnements ionisants – [Bilan 2014-2019](#), IRSN, 2021.

Sources et voies d'exposition aux rayonnements ionisants



Exposition externe aux rayons gamma d'origine tellurique

À partir de résultats de mesures du débit de dose gamma ambiant sur le territoire à l'intérieur des bâtiments, de la cartographie du potentiel uranium des formations géologiques, d'une corrélation entre le débit de dose gamma d'origine tellurique à l'extérieur de l'habitat et celui à l'intérieur de l'habitat et d'hypothèses sur le temps passé par la population à l'intérieur et à l'extérieur des habitations (respectivement 92% et 8%), la dose efficace annuelle moyenne due à l'exposition externe aux rayonnements gamma d'origine tellurique est estimée en France par l'IRSN à environ 0,63 mSv par personne et par an. Elle varie de 0,30 mSv/an à 2,0 mSv/an selon les communes.

Exposition liée à l'incorporation de radionucléides d'origine naturelle

La moyenne de l'exposition interne due à l'incorporation de radionucléides d'origine naturelle est estimée à 0,55 mSv/an. Les deux principales composantes de cette exposition sont l'incorporation par l'alimentation et les eaux de boisson de potassium-40 (0,18 mSv) et des descendants des chaînes de l'uranium et du thorium (0,32 mSv).

En fonction des habitudes de consommation de chacun, en particulier de la consommation de poissons, de fruits de mer et de tabac, cette exposition peut fortement varier: de 0,4 mSv/an jusqu'à plus de 3,1 mSv/an pour, respectivement, les personnes ne consommant pas ces produits et celles en consommant de façon importante.

Les eaux destinées à la consommation humaine, notamment celles d'origine souterraine, ainsi que les eaux minérales, se chargent en radionucléides naturels du fait de la nature des couches géologiques dans lesquelles elles séjournent. La concentration en descendants de l'uranium et du thorium, mais aussi en potassium-40, varie selon les ressources exploitées, compte tenu de la nature géologique du sous-sol. La dose efficace moyenne liée aux descendants des chaînes U-Th dans les eaux de boisson est estimée par l'IRSN à 0,01 mSv/an. Une valeur haute de 0,30 mSv/an est retenue pour illustrer la variabilité de cette exposition.

2.1.3 Le radon

Certaines zones géographiques présentent un potentiel élevé d'exhalation de radon du fait des caractéristiques géologiques des terrains (sous-sol granitique par exemple). La concentration mesurée à l'intérieur des habitations dépend également de l'étanchéité du bâtiment (soubassements), de la ventilation des pièces et du mode de vie des occupants.

Des campagnes nationales de mesurages avaient permis de classer les départements en fonction du potentiel d'exhalation de radon des terrains. En 2011, l'IRSN a publié une cartographie du territoire national en considérant le potentiel d'exhalation de radon dans le sol, à partir des données du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM).

Sur cette base, une classification plus fine, par commune, a été publiée par l'arrêté interministériel du 27 juin 2018 (voir moteur de recherche par commune et cartographie disponibles sur asn.fr et irsn.fr).

À partir des résultats de mesures disponibles et de la cartographie du potentiel radon géogénique du territoire, du temps moyen passé à l'intérieur des habitations et d'hypothèses sur les habitats concernés (collectifs ou individuels), l'IRSN a estimé la concentration moyenne en radon pour chaque commune: la concentration moyenne en radon-222 à l'intérieur de l'habitat en France métropolitaine, pondérée par la population et le type d'habitat, est de 60,8 Bq/m³. Avec le facteur de dose en vigueur depuis le 1^{er} janvier 2024, la dose efficace moyenne par habitant est estimée à 3,5 mSv/an. En fonction des communes, cette dose efficace varie de 0,75 mSv/an à 47 mSv/an (voir encadré page 105).

La nouvelle obligation faite aux laboratoires d'analyse des détecteurs radon de transmettre à l'IRSN les résultats des mesurages et les résultats attendus de l'action 7 du 4^e plan national d'action de gestion du risque lié au radon (voir point 3.2), relative à la définition des modalités d'organisation pour la collecte des données de mesure du radon, doit permettre d'améliorer la connaissance des expositions au radon en France.

2.2 Les rayonnements ionisants liés aux activités humaines

Les activités humaines impliquant des risques d'exposition aux rayonnements ionisants, appelées activités nucléaires, peuvent être regroupées selon la nomenclature suivante:

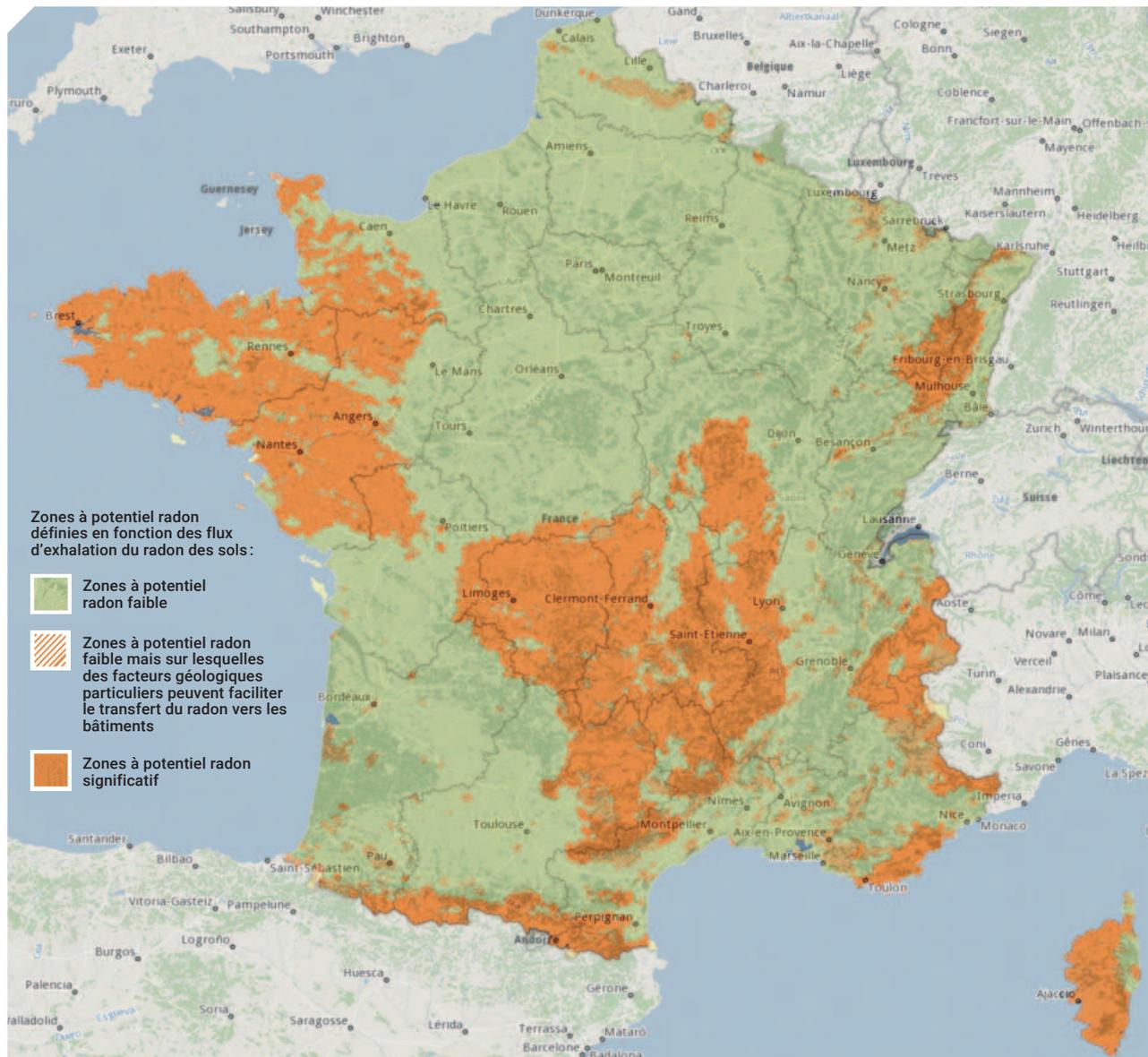
- l'exploitation des INB;
- les activités nucléaires de proximité;
- l'élimination des déchets radioactifs;
- la gestion des sites contaminés;
- le transport de substances radioactives;
- les activités générant un renforcement des rayonnements ionisants d'origine naturelle.

2.2.1 Les installations nucléaires de base

Les activités nucléaires sont de nature très diverse et couvrent toute activité touchant à la mise en œuvre ou à l'utilisation de substances radioactives ou de rayonnements ionisants. Ces activités sont soumises à des dispositions générales du code de la santé publique et, selon leur nature et les risques qu'elles présentent, à un régime juridique spécifique. Les INB sont définies à l'article L. 593-2 du code de l'environnement:

- 1° Les réacteurs nucléaires;
- 2° Les installations répondant à des caractéristiques définies par décret en Conseil d'État, de préparation, d'enrichissement, de fabrication, de traitement ou d'entreposage

Zones à potentiel radon en France métropolitaine définies par l'arrêté du 27 juin 2018



Source : IRSN.

de combustibles nucléaires ou de traitement, d'entreposage ou de stockage de déchets radioactifs ;

3° Les installations contenant des substances radioactives ou fissiles et répondant à des caractéristiques définies par décret en Conseil d'État ;

4° Les accélérateurs de particules répondant à des caractéristiques définies par décret en Conseil d'État ;

5° Les centres de stockage en couche géologique profonde de déchets radioactifs mentionnés à l'article L. 542-10-1 du code de l'environnement.

Les installations relèvent du régime des INB, régi par les chapitres III et VI du titre IX du livre V du code de l'environnement et les textes pris pour leur application.

La liste des INB au 31 décembre 2024 figure en annexe de ce rapport.

La prévention des risques accidentels et la sûreté nucléaire

Le principe fondamental adopté internationalement sur lequel repose le système d'organisation et de réglementation spécifique de la sûreté nucléaire est celui de la responsabilité de l'exploitant (voir chapitre 2). Les pouvoirs publics veillent à ce que cette responsabilité soit pleinement assumée dans le respect des prescriptions réglementaires. Pour ce qui concerne la prévention des risques pour les travailleurs, l'exploitant d'une INB est tenu de mettre en œuvre tous les moyens nécessaires pour assurer la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. Il doit en particulier s'assurer du respect des règles générales applicables à l'ensemble des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants (organisation du travail, prévention des accidents, suivi médical des travailleurs, y compris ceux des entreprises extérieures, etc.).

Pour les questions relevant de la protection de la population et de l'environnement, l'exploitant de l'INB doit également mettre en œuvre les moyens nécessaires pour atteindre et maintenir un niveau optimal de protection. Plus particulièrement, les rejets d'effluents liquides et gazeux, radioactifs ou non radioactifs, sont strictement limités (voir chapitre 3).

2.2.2 Le transport de substances radioactives

Lors du transport de substances radioactives, les risques essentiels sont ceux d'exposition interne ou externe, de criticité ainsi que ceux de nature chimique. La sûreté du transport de substances radioactives s'appuie sur une logique de défense en profondeur :

- la robustesse de l'emballage est la première ligne de défense. L'emballage joue un rôle essentiel et doit résister aux

conditions de transport envisageables, ainsi qu'aux effets des accidents susceptibles de se produire;

- la fiabilité des opérations de transport constitue la deuxième ligne de défense;
- enfin, la troisième ligne de défense est constituée par les moyens d'intervention mis en œuvre en cas d'incident ou d'accident.

2.2.3 Les activités nucléaires de proximité

Les rayonnements ionisants, qu'ils soient émis par des radionucléides ou générés par des appareils électriques, sont utilisés dans de très nombreux domaines dont la [médecine](#) (radiologie, radiothérapie, médecine nucléaire et pratiques interventionnelles radioguidées – PIR), la biologie, [la recherche](#), [l'industrie](#), mais aussi les applications vétérinaires, la stérilisation de nombreux produits, ou la conservation des denrées alimentaires.

L'employeur est tenu de mettre en œuvre tous les moyens nécessaires pour assurer la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. L'exploitant de l'installation doit également mettre en place les dispositions prévues par le code de la santé publique pour assurer la gestion des sources de rayonnements ionisants qu'il détient (notamment les sources radioactives), assurer, le cas échéant, la gestion des déchets produits et limiter les rejets des effluents liquides et gazeux. Dans le cas d'utilisation à des fins médicales, les questions concernant la protection des patients sont également prises en compte.

2.2.4 La gestion des déchets radioactifs

Comme toutes les activités industrielles, les activités nucléaires peuvent créer des [déchets](#) dont certains sont radioactifs. Les trois principes fondamentaux sur lesquels

s'appuie une gestion rigoureuse des déchets radioactifs sont la responsabilité du producteur de déchets, la traçabilité des déchets et l'information du public.

Les dispositions techniques de gestion à mettre en œuvre doivent être adaptées au risque présenté par les déchets radioactifs. Ce risque peut être estimé principalement au travers de deux paramètres : l'activité, qui contribue à la toxicité du déchet, et la période, durée au bout de laquelle l'activité est divisée par deux.

Enfin, la gestion des déchets radioactifs doit être déterminée préalablement à toute création d'activité nouvelle ou modification d'activité existante afin de :

- s'assurer de la disponibilité de filières de traitement des différentes catégories de déchets susceptibles d'être produits, depuis la phase amont (production de déchets et conditionnement sous forme de colis) jusqu'à la phase aval (entreposage, transport, stockage);
- optimiser les filières de gestion de déchets.

2.2.5 La gestion des sites contaminés

La gestion des [sites contaminés](#) du fait d'une radioactivité résiduelle résultant d'une activité nucléaire passée ou d'une activité ayant produit des dépôts de radionucléides naturels justifie des actions spécifiques de radioprotection, notamment dans le cas où une réhabilitation est envisagée.

Compte tenu des usages actuels ou futurs du site, des objectifs de décontamination doivent être établis. L'élimination des déchets produits lors de l'assainissement des locaux ainsi que des terres contaminées doit être maîtrisée, depuis le site jusqu'à l'entreposage ou le stockage. La gestion des objets contaminés obéit également à ces principes.

2.2.6 Les activités utilisant des substances radioactives d'origine naturelle

Les expositions aux rayonnements ionisants d'origine naturelle, lorsqu'elles sont renforcées du fait des activités humaines, justifient des actions de contrôle, si elles sont susceptibles de générer un risque pour les travailleurs exposés et, le cas échéant, pour la population.

Ainsi, certaines activités incluses dans la définition des « activités nucléaires » peuvent avoir recours à l'utilisation de matériaux contenant des substances radioactives d'origine naturelle à des niveaux de concentration susceptibles d'accroître, de manière significative, l'exposition aux rayonnements ionisants des travailleurs et, dans une moindre mesure, des populations proches des lieux où sont exercées ces activités.

Les familles naturelles de l'uranium et du thorium sont les principaux radionucléides rencontrés dans ces industries; on peut citer :

- la production de composés de thorium, la fabrication de produits contenant du thorium et le travail mécanique de produits contenant du thorium;
- la production pétrolière et gazière d'énergie géothermique, de dioxyde de titane, d'engrais phosphatés et de ciment;
- l'extraction de terres rares et de granits;
- les activités de fonderie d'étain, de plomb ou de cuivre.

Les actions de radioprotection à mener dans ce domaine visent les travailleurs (risque d'irradiation externe et de contamination interne, radon) mais aussi la population, par exemple, dans le cas de rejets d'effluents dans l'environnement ou de production de résidus susceptibles d'être réutilisés, notamment, dans les matériaux de construction. Depuis 2018, ces activités sont soumises au régime des installations classées pour la protection de l'environnement.

3 — La surveillance des expositions aux rayonnements ionisants

Du fait de la difficulté d'attribuer un cancer au seul facteur de risque rayonnements ionisants, pour prévenir les cancers dans la population, une « surveillance du risque » est réalisée par la mesure d'indicateurs de la radioactivité ambiante (mesure des débits de dose par exemple), de la contamination interne ou, à défaut, par la mesure de grandeurs (activités dans les rejets d'effluents radioactifs) qui peuvent permettre ensuite de procéder, par la modélisation et le calcul, à une estimation des doses reçues par les populations exposées.

La totalité de la population française est exposée à des rayonnements ionisants d'origine naturelle ou ayant pour origine des activités humaines, mais de

façon inégale sur le territoire. L'exposition moyenne de la population française est estimée à 6,5 mSv par personne et par an, mais cette exposition présente une grande variabilité individuelle (facteur de 1 à 20), notamment selon le lieu d'habitation (potentiel radon de la commune, niveau de rayonnements telluriques), le nombre d'examen radiologiques réalisés, les habitudes de consommation (tabac, denrées alimentaires) et de vie (voyages en avion). Le diagramme 1 représente une estimation des contributions respectives à la dose moyenne totale des différentes sources d'exposition aux rayonnements ionisants pour la population française.

3.1 Les doses reçues par les travailleurs

3.1.1 La surveillance des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants

Le système de surveillance des expositions des personnes susceptibles d'être exposées aux rayonnements ionisants, travaillant notamment dans les INB ou dans les installations relevant du nucléaire de proximité, est en place depuis plusieurs décennies.

Fondé principalement sur le port obligatoire du [dosimètre à lecture différée](#) pour les travailleurs susceptibles d'être exposés, il permet de vérifier le respect des

limites réglementaires applicables aux travailleurs. Ces limites visent l'exposition totale (depuis 2003, la limite annuelle, exprimée en matière de dose efficace, est de 20 mSv sur douze mois consécutifs), obtenue en ajoutant la dose due à l'exposition externe et celle résultant d'une éventuelle contamination interne; d'autres limites, appelées « limites de dose équivalente », sont définies pour l'exposition externe de certaines parties du corps telles que les mains, la peau et le cristallin (voir rubrique « Réglementer » sur asn.fr).

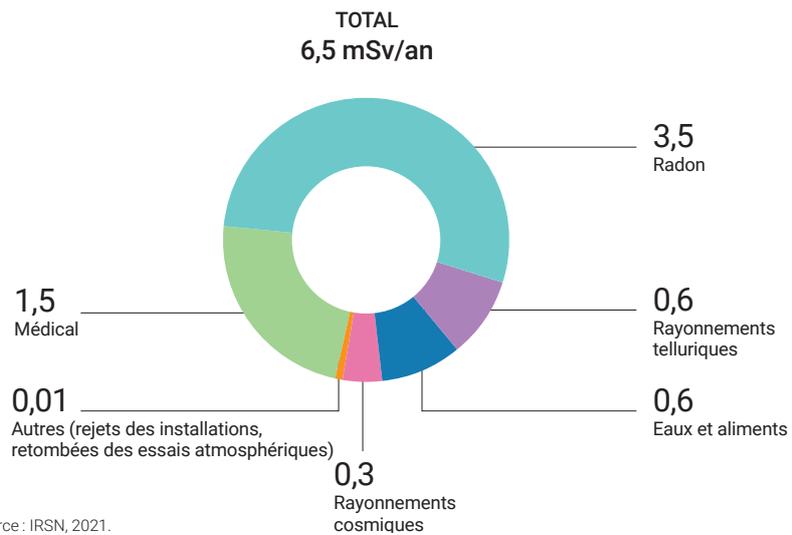
Les données enregistrées permettent de connaître, pour chaque travailleur, y compris ceux des entreprises extérieures, la dose d'exposition cumulée sur une période déterminée ne pouvant dépasser trois mois. Elles sont rassemblées dans le système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (Siseri) géré par l'IRSN et font l'objet d'une publication annuelle.

Les résultats de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants présentés ci-après sont issus du [bilan IRSN 2023](#), *La radioprotection des travailleurs – exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France*. Sur le plan méthodologique, comme pour les cinq années précédentes, le bilan IRSN 2023 de l'exposition externe a été exclusivement réalisé à partir des données de la surveillance individuelle de l'exposition externe des travailleurs enregistrés dans la base Siseri. Jusqu'en 2016, les bilans étaient exclusivement élaborés par agrégation des synthèses annuelles demandées aux organismes de dosimétrie. En conséquence, les résultats de 2023 pour l'exposition externe ne sont directement comparables qu'à ceux établis à partir de l'année 2017. Afin de pouvoir néanmoins établir des tendances, les résultats des années 2015 et 2016 ont été réévalués avec la nouvelle approche méthodologique (voir tableau 3).

Les tableaux 1 et 2 présentent, par domaine d'activité et pour l'année 2023, la répartition des effectifs surveillés, de la dose collective (la dose collective est la somme des doses individuelles reçues par un groupe de personnes donné) et du nombre de dépassements de la limite annuelle de 20 mSv. Ils témoignent d'une grande disparité de la répartition des doses selon les secteurs.

Par exemple, le secteur des activités médicales (dont le secteur dentaire) et vétérinaires, qui regroupe une part importante des effectifs surveillés (58,5%), ne représente que 9,7% de la dose collective; par contre, le secteur de l'industrie du nucléaire civil qui ne représente que 24% des effectifs, comptabilise 54% de la dose collective. En outre, le secteur concerné

DIAGRAMME 1 Exposition moyenne de la population française



Source : IRSN, 2021.

par une exposition à la radioactivité naturelle (hors personnel navigant militaire), qui ne représente que 6,2% de l'effectif total, comptabilise 30,9% de la dose collective. Enfin, les secteurs de l'industrie non nucléaire et de la recherche représentent respectivement 4 et 2,6% des effectifs et comptabilisent respectivement 4 et 0,2% de la dose collective.

Le tableau 3 montre que, pour l'exposition externe, le nombre total de travailleurs⁽⁷⁾ suivis en 2023 est de 360 743 en diminution de 6,6% par rapport à 2022. La dose collective est de 84,2 [homme.Sv](#), valeur en baisse de 5% par rapport à celle de 2022. Elle a pour origine principale la baisse des effectifs des domaines médical, dentaire, vétérinaire et la baisse de l'exposition des travailleurs à la radioactivité naturelle.

Concernant la dosimétrie des extrémités (doigts et poignets), le nombre de travailleurs suivis en 2023 est de 25 852, en baisse de 6,3% par rapport en 2022 (soit 7,2% de l'effectif suivi).

Pour ce qui concerne la surveillance dosimétrie au cristallin, qui était en progression depuis 2015, elle se stabilise depuis 2021. Elle a concerné 5 762 travailleurs en 2023.

En 2023, cinq dépassements⁽⁸⁾ de la limite réglementaire de 20 mSv pour la dose efficace corps entier ont été enregistrés dont un a été confirmé par le médecin du travail et quatre qui n'ont pas fait l'objet d'une confirmation du médecin du travail. Le cas de dépassement de la limite confirmé par le médecin du travail concerne le secteur dentaire et a été détecté en août 2023 pour une dose cumulée de 25,9 mSv sur

12 mois glissants. Les quatre autres cas de dépassement ponctuel de cette limite de dose, qui n'ont pas été confirmés par la médecine du travail, concernent : pour trois cas le domaine médical (radiodiagnostic, radiologie interventionnelle, secteur dentaire) et pour le dernier cas un travailleur du contrôle non destructif dans le domaine de l'industrie non nucléaire.

Un dépassement de la limite réglementaire de la dose équivalente aux extrémités (500 mSv sur douze mois consécutifs), confirmé par le médecin du travail, a été enregistré dans le domaine médical (radiologie interventionnelle) avec un cumul de doses de 534,93 mSv.

Par ailleurs, trois dépassements de la limite réglementaire de la dose équivalente à la peau de 500 mSv ont été enregistrés. Un cas concerne un travailleur appartenant au secteur de la logistique et de la maintenance du nucléaire dont la dose enregistrée (520,4 mSv) a été confirmée par le médecin du travail. Les deux autres cas concernent des travailleurs aussi concernés par un dépassement de la limite de dose efficace corps entier mentionné ci-dessus et qui n'ont pas été confirmés par la médecine du travail : un du secteur dentaire et un du secteur du contrôle non destructif dans le domaine de l'industrie.

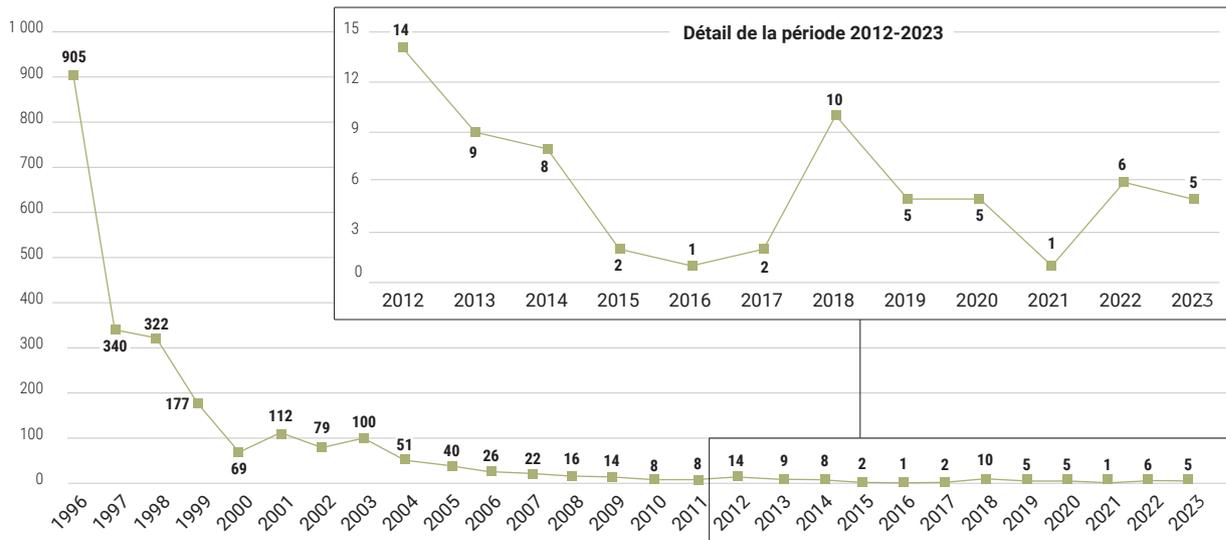
Enfin, une dose équivalente de 21,34 mSv au cristallin a été enregistrée dans le secteur du radiodiagnostic du domaine médical mais résulte du cumul de plusieurs doses sur l'année civile 2023, et la dose cumulée du 1^{er} juillet 2018 au 30 juin 2023 reste inférieure à la limite de 100 mSv (76,2 mSv)⁽⁹⁾.

7. Le nombre total de travailleurs suivis comprend l'ensemble des travailleurs, y compris ceux issus des activités militaires et de défense.

8. Un sixième dépassement comptabilisé par l'IRSN dans son bilan a depuis la publication du rapport fait l'objet d'une réévaluation par le médecin du travail, la dose finalement attribuée étant en dessous de la valeur limite réglementaire.

9. La valeur limite de 20 mSv sur douze mois consécutifs est entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2023 avec une période transitoire du 1^{er} juillet 2018 au 30 juin 2023 où la valeur cumulée pour le cristallin était fixée à 100 mSv, pour autant que la dose reçue au cours d'une année ne dépasse pas 50 mSv.

DIAGRAMME 2 Évolution du nombre de travailleurs surveillés dont la dose annuelle est supérieure à 20 mSv de 1996 à 2023



Source : IRSN.

En conclusion, comme les années précédentes, le bilan de la surveillance des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants en France en 2023, publié par l'IRSN en septembre 2024, montre globalement l'efficacité du système de prévention mis en place dans les établissements où sont utilisées les sources de rayonnements ionisants puisque, pour 92,7% des effectifs surveillés, la dose annuelle est restée inférieure à 1 mSv (limite de dose efficace annuelle pour le public du fait des activités nucléaires). On notera également la diminution régulière depuis dix ans du nombre de travailleurs les plus fortement exposés. Les dépassements des valeurs limites réglementaires restent exceptionnels.

3.1.2 Cas de l'exposition des travailleurs à la radioactivité naturelle

Exposition aux substances radioactives d'origine naturelle et au radon d'origine géologique

L'exposition des travailleurs aux substances radioactives d'origine naturelle résulte de l'ingestion de poussières de matières riches en radionucléides (phosphates, minerais métallifères), de l'inhalation de radon, formé par la désintégration de l'uranium (entrepôts mal ventilés, thermes), ou encore de l'exposition externe due aux dépôts dans des procédés industriels (tartre se formant dans les tuyauteries par exemple).

En 2023, la surveillance individuelle de l'exposition des travailleurs dans les activités industrielles conduisant à une exposition aux substances radioactives d'origine naturelle ou au radon d'origine géologique (exposition aux radionucléides naturels des chaînes de l'uranium et du thorium) a concerné 817 travailleurs suivis en exposition externe (dont 28 travailleurs exposés à plus de 1 mSv) et 332 travailleurs suivis en exposition interne (dont 19 ont été exposés à plus de 1 mSv).

Bilan de la surveillance dosimétrique de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants (exposition à la radioactivité naturelle incluse) en 2023

(Source : La radioprotection des travailleurs : exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France, bilan 2023 – IRSN, juin 2024)

- Effectif total surveillé : **360 743 travailleurs**
- Effectif surveillé pour lequel la dose efficace annuelle est restée inférieure au seuil d'enregistrement : **271 708 travailleurs, soit 75,3 %**
- Effectif surveillé pour lequel la dose efficace annuelle est restée comprise entre le seuil d'enregistrement et 1 mSv : **62 589 travailleurs, soit environ 17,3 %**
- Effectif surveillé pour lequel la dose efficace annuelle est restée comprise entre 1 mSv et 20 mSv : **26 446 travailleurs, soit environ 7,3 % de l'effectif total suivi**
- Effectif surveillé pour lequel la dose efficace annuelle a dépassé 20 mSv : **5 travailleurs***
- Effectif surveillé pour lequel la dose équivalente aux extrémités a dépassé 500 mSv : **1 travailleur**
- Effectif surveillé pour lequel la dose équivalente à la peau a dépassé 500 mSv : **3 travailleurs****
- Effectif surveillé pour lequel la dose équivalente au cristallin a dépassé 20 mSv : **1 travailleur**
- Dose collective (somme des doses efficaces annuelles individuelles) : **84,2 homme.Sv**
- Dose efficace individuelle annuelle moyenne sur l'effectif ayant enregistré une dose supérieure au seuil d'enregistrement : **environ 0,95 mSv**
- **Bilan de la surveillance de l'exposition interne en 2023 (hors radioactivité naturelle)**
 - Nombre d'examens de routine réalisés : **238 738** (dont 0,6 % considéré positif)
 - Nombre de travailleurs avec un résultat positif (surveillance de routine) : **785**
 - Nombre d'examens de surveillance spéciale : **9 098** (dont 16,6 % sont supérieurs à la limite de détection)
 - Effectif ayant enregistré une dose efficace engagée supérieure à 1 mSv : **4 travailleurs**
- **Bilan de la surveillance de l'exposition interne aux radionucléides naturels, hors radon « géogénique » et ses descendants, en 2023**
 - Exposition interne :
 - dose collective pour 302 travailleurs : **58,93 homme.mSv**
 - dose individuelle annuelle moyenne sur l'effectif ayant enregistré une dose supérieure à la limite de détection : **0,32 mSv**

* Un de ces cas a été détecté en août 2023 pour une dose cumulée de 25,9 mSv sur 12 mois glissants de juin 2022 à mai 2023, et non sur l'année civile ; quatre de ces cas ont été retenus par défaut en l'absence de retour du médecin du travail sur les conclusions de l'enquête.

** Deux cas n'ont pas été confirmés par la médecine du travail.

Exposition des personnels navigants aux rayonnements cosmiques

Les personnels navigants de compagnies aériennes, ainsi que certains grands voyageurs, sont exposés à des doses significatives du fait de l'altitude et de l'intensité des rayonnements cosmiques à haute altitude. Ces doses peuvent dépasser 1 mSv/an.

Depuis le 1^{er} juillet 2014, l'IRSN réalise le calcul des doses individuelles pour les

personnels navigants civils avec l'application [SievertPN](#), à partir des données de vol et de présence des personnels fournies par les compagnies aériennes. Ces données sont ensuite transmises dans le registre national de dosimétrie des travailleurs Siseri.

En 2023, le nombre de travailleurs du secteur navigant civil s'est élevé à 21 585, effectif en baisse de 2%. La dose moyenne

pour cette catégorie a baissé de près de 15% par rapport à 2022 (1,2 mSv). Environ 39% des doses individuelles annuelles sont inférieures à 1 mSv et 61% des doses individuelles annuelles sont comprises entre 1 mSv et 5 mSv. La dose collective a diminué de 11% par rapport à 2022.

3.2 Les doses reçues par la population

3.2.1 L'exposition de la population du fait des activités nucléaires

Les réseaux de surveillance automatisés gérés par l'IRSN sur l'ensemble du territoire (réseaux [Téléray](#), [Hydrotéléray](#) et [Téléhydro](#)) permettent de surveiller en temps réel la radioactivité dans l'environnement et de mettre en évidence toute variation anormale. Ces réseaux de mesure joueraient un rôle prépondérant en cas d'incident ou d'accident conduisant à des rejets de substances radioactives, pour éclairer les décisions à prendre par les autorités et pour informer la population. En situation normale, ils participent à l'évaluation de l'impact des INB (voir [chapitre 3](#)).

En revanche, il n'existe pas de méthode globale de surveillance permettant de reconstituer de façon exhaustive les doses reçues par la population du fait des activités nucléaires. De ce fait, le respect de la limite d'exposition de la population (dose efficace fixée à 1 mSv/an) n'est pas directement contrôlable. Cependant, pour les INB, les rejets d'effluents radioactifs font l'objet d'une comptabilité précise, et une surveillance radiologique de l'environnement est mise en place autour des installations. À partir des données recueillies, l'impact dosimétrique de ces rejets sur les populations vivant au voisinage immédiat des installations est ensuite calculé en utilisant des modèles permettant de simuler les transferts vers l'environnement. Les impacts dosimétriques varient selon le type d'installation et les habitudes de vie des personnes représentatives retenues, de quelques microsieverts à quelques dizaines de microsieverts par an (µSv/an). L'évaluation des doses dues aux INB est présentée dans le [tableau 4](#) dans lequel figurent, pour chaque site et par année, les doses efficaces estimées pour les personnes représentatives les plus exposées.

Ces estimations ne sont pas connues pour les activités nucléaires autres que les INB, du fait des difficultés méthodologiques pour mieux connaître l'impact de ces installations et, notamment, l'impact des rejets contenant des faibles quantités de radionucléides artificiels provenant de l'utilisation des sources radioactives non scellées dans les laboratoires de recherche ou de biologie, ou dans les services de médecine nucléaire. À titre d'exemple, l'impact des rejets hospitaliers pourrait conduire à des doses de quelques dizaines

TABEAU 1 Surveillance de l'exposition externe des travailleurs dans le domaine nucléaire civil (année 2023)

	Nombre de personnes surveillées	Dose collective (homme.Sv ^(*))	Dose individuelle > 20 mSv
Réacteurs et production d'énergie (EDF)	24 552	6,54	0
« Cycle du combustible » ; démantèlement	12 579	4,07	0
Transport	442	0,06	0
Logistique et maintenance (prestataires)	34 106	32,24	0
Effluents, déchets	729	0,15	0
Autres	7 823	1,28	1
Total nucléaire civil	80 231	44,34	1

* Homme.Sv : unité de grandeur de dose collective. Pour mémoire, la dose collective est la somme des doses individuelles reçues par un groupe de personnes donné.
(Source : *La radioprotection des travailleurs : exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France, bilan 2023* – IRSN)

TABEAU 2 Surveillance de l'exposition externe des travailleurs dans les activités nucléaires de proximité (année 2023)

	Nombre de personnes surveillées	Dose collective (homme.Sv ^(*))	Dose individuelle > 20 mSv
Médical	149 950	6,76	2 ⁽¹⁾
Dentaire	37 819	1,13	2 ⁽²⁾
Vétérinaire	23 315	0,25	0
Industrie	14 519	3,39	1 ⁽³⁾
Recherche et enseignement	9 429	0,20	0
Naturel ^(**)	23 137	26,2	0
Total nucléaire de proximité	258 169	37,9	5

(1) Ces cas ont été retenus par défaut en l'absence de retour du médecin du travail sur les conclusions de l'enquête.
(2) Ces cas ont été retenus par défaut en l'absence de retour du médecin du travail.
(3) Ce cas a été retenu par défaut en l'absence de retour du médecin du travail.

* Homme.Sv : unité de grandeur de dose collective.

** Le naturel recouvre le personnel navigant civil ainsi que les travailleurs exposés aux radionucléides naturels des chaînes de l'uranium et du thorium.

(Source : *La radioprotection des travailleurs : exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France, bilan 2023* – IRSN)

TABEAU 3 Évolution des effectifs suivis et de la dose collective et individuelle moyenne sur l'effectif exposé de 2015 à 2023^(*) tous domaines confondus (A) ou sans le domaine « naturel » (B)

Année	Effectif suivi		Dose collective (homme.Sv)		Dose individuelle moyenne (mSv)	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
2015 ^(*)	372 881	352 641	104,41	65,61	0,98	0,76
2016 ^(*)	378 304	357 527	107,53	66,71	0,96	0,73
2017	384 198	360 694	100,58	53,52	1,03	0,72
2018	390 363	365 980	104,14	55,24	1,12	0,80
2019	395 040	369 712	112,31	58,73	1,20	0,85
2020	387 452	364 614	72,43	49,97	0,78	0,71
2021	392 180	370 756	82,71	60,09	0,85	0,78
2022	386 080	363 595	88,43	59,01	0,90	0,77
2023	360 743	337 706	84,23	58,05	0,95	0,87

* À des fins de comparaison, les résultats des années 2015 et 2016 ont été réévalués rétroactivement avec la nouvelle approche méthodologique.

(Source : *La radioprotection des travailleurs : exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France, bilan 2023* – IRSN, juin 2024)

de microsieverts par an pour les personnes les plus exposées, notamment pour certains postes de travail dans les réseaux d'assainissement et stations d'épuration (études IRSN 2005 et 2015).

Des situations héritées du passé telles que les essais nucléaires aériens et l'accident de Tchernobyl (Ukraine) peuvent contribuer, de manière très faible, à l'exposition de la population. Ainsi, l'exposition due aux retombées des essais nucléaires est estimée actuellement en France métropolitaine à 2,3 µSv/an (1,3 µSv/an pour le strontium-90 et 1 µSv/an pour le carbone-14; l'exposition liée au césium-137 ne peut être distinguée de celle des retombées de l'accident de Tchernobyl).

L'exposition globale due aux retombées des essais nucléaires et de l'accident de Tchernobyl est de 46 µSv/an pour les personnes résidant sur des zones de rémanence élevée de ces retombées et de 9,3 µSv/an pour celles résidant sur le reste du territoire, soit une dose moyenne par habitant de 12 µSv/an à l'échelle de l'ensemble du territoire (IRSN 2021).

En ce qui concerne les retombées en France de l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima (Japon), les résultats publiés en France par l'IRSN en 2011 avaient montré la présence d'iode radioactif à des niveaux très faibles, conduisant pour les populations à des doses efficaces estimées inférieures à 2 µSv/an en 2011.

3.2.2 L'exposition de la population aux rayonnements naturels

L'exposition due à la radioactivité naturelle des eaux de consommation

Les résultats de la surveillance de la qualité radiologique des eaux distribuées au robinet, exercée par les agences régionales de santé en 2008 et 2009 ([rapport DGS/ASN/IRSN](#) publié en 2011) ont montré que 99,83% de la population bénéficie d'une eau dont la qualité respecte en permanence la dose indicative de 0,1 mSv/an, fixée par la réglementation. Cette appréciation globalement satisfaisante s'applique également à la qualité radiologique des eaux conditionnées produites en France ([rapport DGS/ASN/IRSN](#) publié en 2013).

TABEAU 4 Impact radiologique des INB depuis 2018, calculé par les exploitants à partir des rejets réels des installations et pour une « personne représentative » des personnes les plus exposées au sein de la population (données fournies par les exploitants nucléaires)

Exploitant/Site	Personnes représentatives en 2023	Distance au site en km	Estimation des doses reçues, en mSv ^(a) (les valeurs, calculées par l'exploitant, sont arrondies à l'unité supérieure)					
			2018	2019	2020	2021	2022	2023
Andra / CSA	Groupe multi-activité Ville-aux-Bois	1,7	3.10 ⁻⁷	3.10 ⁻⁷	4.10 ⁻⁷	3.10 ⁻⁷	2.10 ⁻⁷	3.10 ⁻⁷
Andra / Centre de stockage de la Manche	Hameau És Clerges	1,5	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴
CEA / Cadarache ^(b)	Saint-Paul-lez-Durance	5	<3.10 ⁻³	<2.10 ⁻³	<6.10 ⁻⁴	<5.10 ⁻⁴	<6.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻³
CEA / Fontenay-aux-Roses ^(b)	Achères	30	<2.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻⁴
CEA / Grenoble ^(c)	–	–	(c)	(c)	(c)	(c)	(c)	(c)
CEA / Marcoule ^(b) (Atalante, Centrac, Phénix, Melox, CIS bio)	Codolet	2,4	<2.10 ⁻³	<2.10 ⁻³	<2.10 ⁻³	<2.10 ⁻⁴	<2.10 ⁻³	<2.10 ⁻³
CEA / Saclay ^(b)	Le Christ de Saclay	1	<2.10 ⁻³	<4.10 ⁻³	<2.10 ⁻³	<2.10 ⁻³	<8.10 ⁻⁴	<1.10 ⁻³
EDF / Belleville-sur-Loire	Neuvy-sur-Loire	1,6	4.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴
EDF / Blayais	Braud-et-Saint-Louis	1,1	5.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴
EDF / Bugey	Vernas	2,7	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	9.10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴
EDF / Cattenom	Cattenom	2,2	9.10 ⁻³	1.10 ⁻²	7.10 ⁻³	7.10 ⁻³	5.10 ⁻³	4.10 ⁻³
EDF / Chinon	Savigny-en-Véron	2,4	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴
EDF / Chooz	Chooz	0,8	5.10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴
EDF / Civaux	Civaux	1,1	8.10 ⁻⁴	2.10 ⁻³	1.10 ⁻³	1.10 ⁻³	1.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴
EDF / Creys-Malville	Briord	0,6	2.10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁵	8.10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁵	4.10 ⁻⁶	3.10 ⁻⁶
EDF / Cruas-Meysses	La Coucourde	1,1	3.10 ⁻³	3.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴
EDF / Dampierre-en-Burly	Lion-en-Sulias	1,6	5.10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁴
EDF / Fessenheim	Fessenheim	1,3	5.10 ⁻⁵	4.10 ⁻⁵	3.10 ⁻⁵	7.10 ⁻⁶	5.10 ⁻⁶	2.10 ⁻⁶
EDF / Flamanville	Flamanville	0,8	2.10 ⁻⁴	7.10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁵	6.10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁴	7.10 ⁻⁵
EDF / Golfech	Donzac	1,8	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁵
EDF / Gravelines	Gravelines	2,2	8.10 ⁻⁴	1.10 ⁻³	8.10 ⁻⁴	7.10 ⁻⁴	1.10 ⁻³	2.10 ⁻³
EDF / Nogent-sur-Seine	La Saulsotte	2,6	5.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁴	6.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴
EDF / Paluel	Paluel	1,7	4.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	9.10 ⁻⁴	5.10 ⁻⁴
EDF / Penly	Petit-Caux	3,5	5.10 ⁻⁴	4.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	9.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴
EDF / Saint-Alban / Saint-Maurice	Saint-Alban-du-Rhône	1,7	2.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴
EDF / Saint-Laurent-des-Eaux	Saint-Laurent-Nouan	1,8	1.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	9.10 ⁻⁵	1.10 ⁻⁴	6.10 ⁻⁵
EDF / Tricastin	Bollène	1,3	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴	2.10 ⁻⁴
Framatome Romans	Ferme Riffard	0,2	2.10 ⁻⁵	3.10 ⁻⁵	1.10 ⁻⁵	1.10 ⁻⁵	1.10 ⁻⁵	5.10 ⁻⁶
Ganil / Caen	IUT	0,4	8.10 ⁻³	7.10 ⁻³	7.10 ⁻³	7.10 ⁻³	7.10 ⁻³	8.10 ⁻³
ILL / Grenoble	Fontaine, Saint-Égrève, Grenoble (rejets gazeux) et Saint-Égrève (rejets liquides)	1 et 1,4	2.10 ⁻⁵	3.10 ⁻⁵	5.10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁴	3.10 ⁻⁵	2.10 ⁻⁴
Orano Cycle / La Hague	Digulleville	2,6	2.10 ⁻²	2.10 ⁻²	1.10 ⁻²	1.10 ⁻²	1.10 ⁻²	1.10 ⁻²
Orano / Tricastin (Comurhex, Eurodif, Socatri, SET)	Clos de Bonnot	1,7	9.10 ⁻⁵	8.10 ⁻⁵	4.10 ⁻⁵	6.10 ⁻⁵	1.10 ⁻⁴	8.10 ⁻⁵

a. Pour les installations exploitées par EDF, jusqu'en 2008, seules les valeurs « adultes » étaient calculées. De 2010 à 2012, la dose de la « personne représentative » des personnes les plus exposées au sein de la population de chaque site parmi deux classes d'âge (adulte ou nourrisson) est mentionnée. À partir de 2013, la dose de la « personne représentative » est réalisée sur trois classes d'âge (adulte, enfant, nourrisson) pour toutes les INB. La valeur de dose indiquée est la valeur la plus contraignante des classes d'âge.

b. Pour les sites de Cadarache, Saclay, Fontenay-aux-Roses et Marcoule, les estimations de dose renseignées dans le tableau résultent d'une somme des estimations de dose transmises par le CEA. Ces estimations comportant au moins un terme inférieur à 0,01 µSv, les valeurs indiquées sont précédées du signe « inférieur à (<) ».

c. Le site n'ayant plus de rejets radioactifs depuis 2014, l'impact radiologique induit par les rejets radioactifs est donc nul depuis 2014.

Le contrôle sanitaire des eaux, qui est mis en œuvre par les agences régionales de santé (ARS), comprend une étape de criblage des eaux distribuées à l'aide des indices α global et β global et de la teneur en tritium. Les valeurs guides et références de qualité associées sont 0,1 becquerel par litre (Bq/L), 1 Bq/L et 100 Bq/L, respectivement. Si l'une de ces valeurs dans l'eau contrôlée vient à être dépassée, les radionucléides à l'origine de cette activité (naturels et/ou artificiels) sont recherchés et une dose indicative est calculée.

Les actions correctrices à mettre en œuvre lorsque la dose indicative calculée est supérieure à la référence de qualité de 0,1 mSv/an dépendent à la fois de l'origine de la radioactivité (naturelle ou artificielle) et/ou du niveau de dose atteint. Pour ce qui concerne le tritium, s'il peut être mesuré dans les eaux de consommation à des niveaux qui dépassent le bruit de fond environnemental (environ 1 Bq/L), aucune de ces mesures n'a mis en évidence de dépassement de la référence de qualité en vigueur pour ce radionucléide (100 Bq/L). *A fortiori*, aucune de ces mesures n'a mis en évidence de dépassement du niveau de référence sanitaire établi par l'OMS pour ce radionucléide (10 000 Bq/L).

Depuis 2019, la mesure du radon contenue dans les eaux du robinet et dans les eaux embouteillées est obligatoire. Pour accompagner cette nouvelle disposition, une instruction a été établie en concertation avec l'ASN et diffusée en 2018 aux agences régionales de santé par la Direction générale de la santé (DGS – [avis n°2018-AV-0302 de l'ASN du 6 mars 2018](#) sur les modalités de gestion du radon dans le cadre du contrôle

sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine).

L'exposition due au radon

En France, la réglementation relative à la gestion du risque lié au radon, mise en place à partir du début des années 2000 pour certains établissements recevant du public (ERP), a été étendue en 2008 à certains lieux de travail. En 2016, le radon a été introduit dans la politique de la qualité de l'air intérieur.

La transposition de la [directive n°2013/59/Euratom du Conseil du 5 décembre 2013](#) fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants a conduit à modifier les dispositions applicables au radon provenant du sol depuis le 1^{er} juillet 2018. Un niveau de référence à 300 Bq/m³ a été introduit. Il est applicable à toutes les situations, ce qui permet de gérer le risque sanitaire lié au radon provenant du sol par une approche globale. La réglementation s'est étoffée avec des dispositions concernant les trois secteurs principaux :

- pour le grand public, une avancée significative a été introduite : le radon est désormais intégré dans l'information des acquéreurs et locataires de biens immobiliers situés dans les zones où le potentiel radon est susceptible d'être le plus important (zone 3) ;
- dans les lieux de travail, la réglementation a été étendue aux activités professionnelles exercées au rez-de-chaussée (seules les activités exercées en sous-sols étaient jusqu'à présent concernées) ainsi que dans certains lieux spécifiques de travail. Quelle que soit la zone à potentiel radon où se situe le lieu de travail, l'évaluation des

risques doit prendre en compte le radon. Au besoin, un mesurage peut être réalisé dans ce cadre, s'il y a un risque d'atteinte ou de dépassement du niveau de référence de 300 Bq/m³. Si le niveau de référence est dépassé, l'employeur doit établir un plan d'actions et agir pour réduire l'activité volumique en radon. Si les actions se révèlent inefficaces, il doit identifier, signaler et vérifier les « zones radon » dans lesquelles la concentration est supérieure à 300 Bq/m³, et mettre en œuvre, si nécessaire, des mesures de radioprotection adaptées à l'exposition des travailleurs ;

- dans certains ERP, des ajustements ont été apportés aux modalités de gestion du radon avec notamment l'ajout des établissements d'accueil d'enfants de moins de 6 ans dans le dispositif et une obligation d'informer le public par affichage des résultats de mesurage¹⁰. La nature des actions à mettre en œuvre en cas de dépassement du niveau de référence de 300 Bq/m³ est graduée en fonction des résultats des mesurages : actions correctives en cas de concentration de radon comprise entre 300 et 1 000 Bq/m³, expertise et travaux si les actions correctives ne permettent pas de revenir à un niveau de concentration de radon inférieur ou égal au niveau de référence ou si les résultats de mesurage sont supérieurs ou égaux à 1 000 Bq/m³.

L'ASN délivre des agréments aux organismes qui mesurent le radon dans certains ERP. En 2024, 14 agréments ont été délivrés, dont 11 de niveau 1 et 3 de niveau 2, portant leur nombre total à 72, dont 15 agréés de niveau 2 au 1^{er} septembre 2024. La liste est disponible au [Bulletin officiel de l'ASN sur *asn.fr*](#).

DIAGRAMME 3 Évolution de la répartition des mesurages radon initiaux et décennaux par tranche de résultats depuis 2016

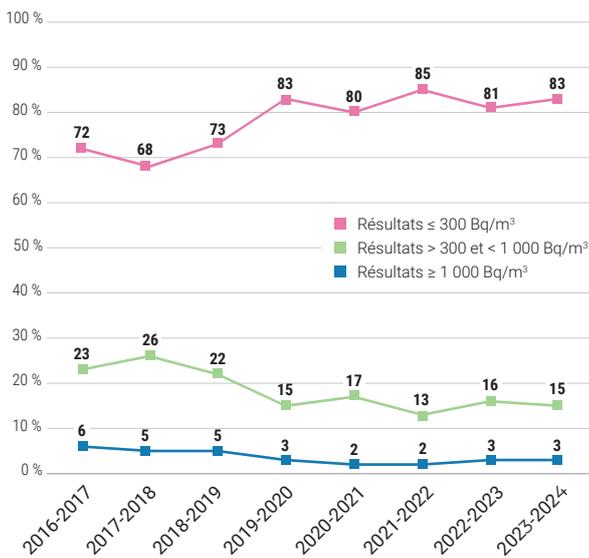
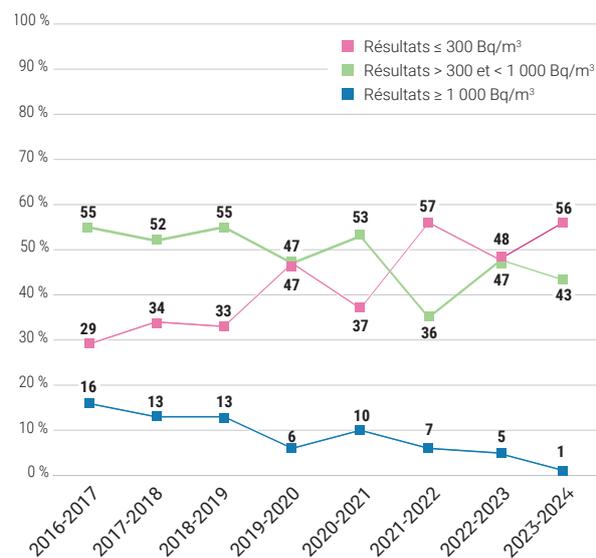


DIAGRAMME 4 Évolution de la répartition des mesurages radon après actions correctives et travaux par tranche de résultats depuis 2016



10. Arrêté du 26 février 2019 relatif aux modalités de gestion du radon dans certains établissements recevant du public et de diffusion de l'information auprès des personnes qui fréquentent ces établissements.

Les organismes de niveau 1 réalisent les mesurages pour évaluer la concentration moyenne annuelle dans les bâtiments. Quatre types de mesurages peuvent être effectués : mesurage initial, mesurage décennal, contrôle d'efficacité des actions correctives ou des travaux et mesurage après travaux modifiant significativement la ventilation ou l'étanchéité du bâtiment. En 2023-2024, 1181 mesurages de niveau 1 ont été déclarés dont plus de 80% correspondent à des mesurages initiaux ou décennaux.

En cas de dépassement du niveau de référence, des mesurages supplémentaires, correspondant au niveau 2 des agréments, peuvent être effectués. Ils permettent de rechercher les sources, les voies d'entrée et de transfert du radon dans les bâtiments. Ils sont mis en œuvre en appui de

l'expertise, notamment pour les bâtiments de grande surface au sol avec des sous-basements complexes. Sur les cinq dernières années, entre 30 et 100 mesurages supplémentaires ont été effectués chaque année.

Les données transmises chaque année à l'ASN par ces organismes dans leur rapport annuel portent sur les mesurages réalisés dans les ERP soumis à la surveillance de l'exposition du public, définis à l'article D. 1333-32 du code de la santé publique (agrément de niveaux 1 et 2). L'analyse des données de niveau 1 sur les huit dernières campagnes de mesurages continue à montrer une tendance à l'amélioration de la situation avec une hausse progressive du nombre d'établissements présentant un résultat inférieur ou égal au niveau de référence de 300 Bq/m³ dans le cadre des mesurages initiaux et décennaux

(voir diagramme 3). Lors de la dernière campagne 2023-2024, la concentration volumique en radon était inférieure ou égale au niveau de référence de 300 Bq/m³ dans 91% des établissements d'accueil des enfants de moins de 6 ans, 87% des établissements sanitaires, sociaux et médico-sociaux ainsi que des établissements pénitentiaires, dans 77% des établissements d'enseignement et dans 67% des établissements thermaux mesurés.

En cas de dépassement du niveau de référence, l'établissement est tenu de réaliser des actions correctives ou des travaux, puis d'en vérifier l'efficacité par un nouveau mesurage. L'analyse des résultats issus des contrôles d'efficacité sur les huit dernières années montre que les résultats évoluent favorablement avec une part des contrôles d'efficacité dont les résultats sont inférieurs ou égaux au niveau de référence de 300 Bq/m³ qui augmentent au fil des campagnes (de 29% en 2016 à 56% en 2024). Toutefois, sur la dernière campagne, un peu moins de la moitié des contrôles d'efficacité (44%) donnent lieu à des résultats supérieurs au niveau de référence bien qu'on note une nette diminution de la part de ceux avec des résultats supérieurs ou égaux à 1 000 Bq/m³ qui passent de 5 à 1% (voir diagramme 4).

Sur les huit dernières campagnes de mesurages, les catégories d'établissements ayant fait l'objet de mesurages initiaux ou décennaux se répartissent de la façon suivante : 59,8% d'établissements d'enseignement (de la maternelle au lycée), 27,5% d'établissements sanitaires, sociaux et médico-sociaux, 11,9% d'établissements d'accueil d'enfants de moins de 6 ans, 0,3% d'établissements thermaux et 0,5% d'établissements pénitentiaires (voir diagramme 5).

Plus globalement, la stratégie de gestion du risque lié au radon est déclinée dans un plan national d'action. Sa mise en œuvre doit permettre d'améliorer l'information du grand public et des acteurs concernés, de progresser dans la connaissance de l'exposition au radon dans l'habitat et de suivre son évolution.

Le 4^e plan national d'action a été publié début 2021. Il s'inscrit dans le cadre du 4^e plan national santé environnement qui coordonne désormais tous les plans sectoriels portant sur la santé ou l'environnement, lui-même porté par la stratégie nationale de santé publique. Il devait couvrir la période 2020-2024, mais la crise sanitaire a retardé l'achèvement du dispositif réglementaire et le lancement de certaines actions. Aussi, le plan a été prolongé pour une durée de deux ans et se terminera en 2026. Pendant cette période, le plan va bénéficier d'une évaluation, qui portera sur la pertinence, l'efficacité et l'efficience de ses actions. Les enseignements seront exploités pour élaborer le plan suivant.

Enseignements du premier bilan des indicateurs du plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon

Un système d'indicateurs spécifiques, choisis en fonction de leur pertinence et des données disponibles permettant leur suivi, a été mis en place. Les indicateurs pourront être complétés au fil des années, en fonction des nouvelles données disponibles. Un premier bilan publié en 2024 présente les enseignements suivants :

Établissements recevant du public

Dans les ERP soumis à la surveillance de l'exposition au radon, 82% des établissements qui ont réalisé un mesurage sur la période 2019-2020 à 2022-2023 présentent un résultat inférieur au niveau de référence de 300 Bq/m³ et n'ont donc pas de suite à donner. Les 18% qui présentent un résultat supérieur au niveau de référence de 300 Bq/m³ doivent mettre en place des actions correctives sur le bâtiment, en vue de descendre en dessous de cette valeur. Parmi eux, 2,5% présentent un résultat supérieur ou égal à 1 000 Bq/m³ et doivent faire réaliser une expertise du bâtiment afin d'identifier les travaux adaptés. À ce jour, seule la moitié des établissements réussit à revenir en dessous du niveau de référence après actions correctives ou travaux (voir également point 3.2.2 du présent chapitre).

Lieux de travail

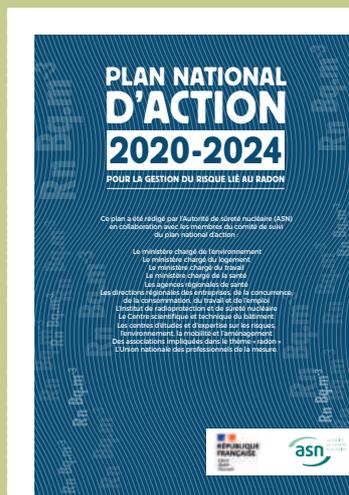
Dans les lieux de travail, l'employeur doit prendre en compte le radon dans l'évaluation des risques professionnels. Certains textes et guides d'application étant en cours d'achèvement, il faudra encore quelques années pour que tous les employeurs aient réalisé l'évaluation du risque radon. Ainsi, le nombre de déclarations auprès de l'IRSN des lieux de travail avec un résultat supérieur à 300 Bq/m³ après travaux de réduction déclarés est encore très faible à ce jour. À partir de juin 2024, la base du système d'information de la surveillance de l'exposition des travailleurs

aux rayonnements ionisants, deuxième version (Siseri 2) permettra d'identifier le nombre de travailleurs réellement exposés au radon.

Habitat

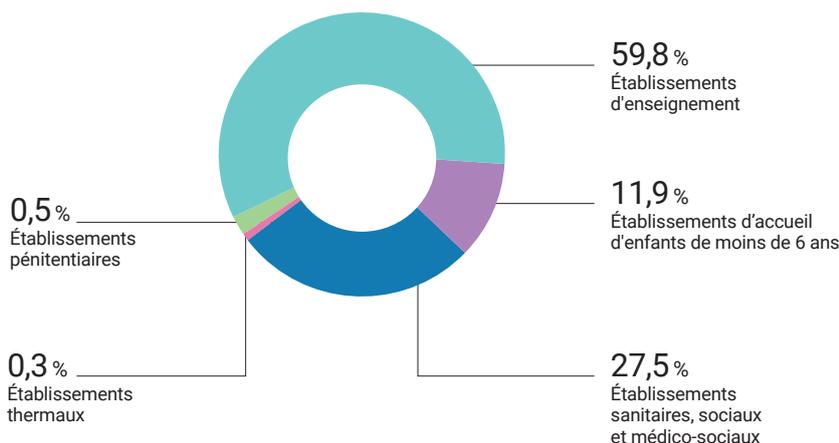
Dans l'habitat, des collectivités territoriales et les agences régionales de santé sont soutenues chaque année dans l'organisation d'opérations locales de sensibilisation et d'accompagnement du public. Le nombre de détecteurs distribués gratuitement dans le cadre de ces opérations a fortement augmenté entre 2019-2020 et 2022-2023, en passant de 2 520 à 4 415 détecteurs. Les résultats collectés contribuent à la connaissance de l'exposition de la population. Par ailleurs, le risque sanitaire lié au radon est l'un des moins connus par les Français parmi les risques liés à l'environnement. Une lente amélioration est néanmoins constatée et le niveau d'information est globalement meilleur dans les territoires concernés par le radon.

Le bilan complet est disponible sur asn.fr.



01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
AN

DIAGRAMME 5 Répartition des mesurages initiaux et décennaux par catégorie d'ERP de 2016-2017 à 2023-2024



Ce plan s'inscrit dans la continuité des plans précédents (le bilan du 3^e plan est disponible sur asn.fr). Il se décline en 13 actions regroupées autour de trois axes :

L'axe 1 vise à mettre en place une stratégie d'information et de sensibilisation. L'enjeu sanitaire que représente le radon nécessite de poursuivre les actions de sensibilisation et d'information en direction de l'ensemble des acteurs (collectivités territoriales, employeurs, professionnels du bâtiment, professionnels de santé, enseignants, etc.) et du grand public, tant au niveau national que local, avec la promotion et l'accompagnement des actions territoriales de gestion intégrée du risque lié au radon dans l'habitat.

Les fumeurs feront l'objet d'une communication spécifique, car ils constituent la population la plus à risque de développer un cancer du poumon lié à une exposition cumulée au radon et au tabac. La mise en œuvre opérationnelle du système d'information regroupant l'ensemble des résultats de mesures de radon, ainsi que la consolidation et la centralisation des mesures existantes, apparaissent par ailleurs essentielles pour l'information de la population.

L'axe 2 vise à poursuivre l'amélioration des connaissances. La publication en 2018 d'une nouvelle cartographie à l'échelle communale, fondée sur trois zones à potentiel radon, a permis la mise en œuvre d'une approche graduée de la gestion du risque radon. Cette cartographie doit toutefois être améliorée de manière à mieux prendre en compte certains facteurs géologiques particuliers pouvant faciliter le transfert du radon vers les bâtiments (zones karstiques en particulier). De plus, le 4^e plan radon prévoit d'actualiser à terme la connaissance de l'exposition de la population en France en organisant la collecte des données de mesures réalisées, notamment dans le cadre des opérations locales de sensibilisation organisées par les ARS et les collectivités territoriales pour couvrir les zones où les données sont insuffisantes. Ces opérations consistent à proposer des kits de dépistage aux habitants d'un territoire donné pour les sensibiliser au risque radon.

Enfin, **l'axe 3** doit permettre de mieux prendre en compte la gestion du risque radon dans les bâtiments. Afin d'accompagner la montée en compétence des adhérents des organisations de professionnels du bâtiment, ces dernières ont récemment développé des formations abordant les méthodes de prévention et de réduction de la concentration et divers supports pour répondre aux besoins. Les différents outils francophones ont été recensés. Pour compléter l'offre, un [guide](#) destiné aux professionnels et aux particuliers a été publié en 2023. Il propose des recommandations en

matière de prévention dans les constructions neuves et de remédiation dans les bâtiments existants. Les avancées dans la connaissance de l'efficacité des normes de construction sur la réduction de la concentration en radon dans l'air intérieur seront consolidées.

Un système d'indicateurs spécifiques, choisis en fonction de leur pertinence et des données disponibles permettant leur suivi, a été mis en place. Leur évolution sur plusieurs années permettra de suivre l'efficacité de la stratégie nationale mise en œuvre dans le cadre du plan national d'action. Le premier bilan des indicateurs a été publié en septembre 2024 (voir encadré page précédente).

3.3 Les doses reçues par les patients

En France, l'exposition à des fins médicales représente la part la plus importante des expositions artificielles de la population aux rayonnements ionisants. Elle fait l'objet depuis 2002 d'un bilan régulier par l'IRSN. Si l'exposition progresse depuis 30 ans, elle tend à se stabiliser depuis 2012 alors que, dans le même temps, le nombre d'actes a fortement augmenté. La médecine nucléaire, troisième contributeur à

la dose efficace collective, est la modalité ayant connu l'augmentation la plus importante entre 2012 et 2017, à la fois en fréquence et en contribution à la dose efficace collective.

La dose efficace moyenne par habitant du fait des examens radiologiques à visée diagnostique a été évaluée à 1,53 mSv pour l'année 2017 ([Étude ExPRI - IRSN 2020](#)) pour un volume d'actes diagnostiques de l'ordre de 85 millions en 2017 (81,6 millions en 2012), soit 1 187 actes pour 1 000 bénéficiaires et par an. Il faut noter que l'exposition individuelle en 2017 comme auparavant est très hétérogène. Ainsi, si environ 32,7% de la population française a bénéficié d'au moins un acte (hors actes dentaires), la moitié des patients reçoit une dose inférieure ou égale à 0,1 mSv, 75% reçoit 1,5 mSv ou moins, tandis que les 5% des patients les plus exposés reçoivent une dose supérieure à 18,1 mSv.

La radiologie conventionnelle (55,1%), la scanographie (12,8%) et la radiologie dentaire (29,6%) regroupent le plus grand nombre d'actes. C'est la contribution de la scanographie à la dose efficace collective qui reste prépondérante et plus significative en 2017 (75%) qu'en 2012 (71%), alors que celle de la radiologie dentaire reste très faible (0,3%).

TABLEAU 5 Nombre d'actes et dose efficace collective associée pour chaque modalité d'imagerie (valeurs arrondies) en France en 2017

Modalité d'imagerie	Actes		Dose efficace collective totale : 102 198 Sv
	Nombre	%	
Radiologie conventionnelle (hors dentaire)	46 681 000	55,1	11,8
Radiologie dentaire	25 023 000	29,6	0,3
Scanographie	10 866 000	12,8	74,2
Radiologie interventionnelle diagnostique	435 000	0,5	2,4
Médecine nucléaire	1 662 000	2,0	11,3
Total	84 667 000	100,0	100,0

Source : IRSN 2020.

Chez les adolescents, les actes de radiologie conventionnelle et dentaire sont les plus nombreux (environ 1000 actes pour 1000 individus en 2017). Malgré leur fréquence, ces actes dans cette population ne représentent que 0,5% de la dose collective.

On notera enfin :

- un effectif national estimé à plus de 30000 patients a été exposé à une dose efficace cumulée de plus de 100 mSv en 2017 en raison d'examens scanners multiples. Ce chiffre atteint 500000 si une durée de cumul de six ans est considérée. Cette population fortement exposée semble être en augmentation régulière et relativement rapide depuis 2012. L'essentiel de cette population est âgée, cependant un quart a moins de 55 ans. La question des éventuels effets radio-induits à long terme se pose donc pour cette population spécifique. Il est utile de rappeler que ces patients sont souvent suivis pour des pathologies lourdes et que les examens scanner sont importants pour leur prise en charge ;
- à partir d'un échantillon de 120000 enfants nés entre 2000 et 2015, l'IRSN rapporte qu'en 2015, 31,3% des enfants de l'échantillon ont été exposés aux rayonnements ionisants à des fins diagnostiques (en hausse de 2% par rapport à l'année 2010). La dose efficace moyenne est estimée à 0,43 mSv et la médiane à 0,02 mSv (en baisse pour la moyenne, mais équivalente pour la valeur médiane). Selon la catégorie d'âge, cette valeur médiane varie fortement. Pour les moins d'un an, elle est de 0,55 mSv (valeur la plus haute) et entre 6-10 ans elle est égale à 0,012 mSv.

Il faut cependant tenir compte dans ces études des incertitudes importantes sur les valeurs de dose efficace moyenne par type d'acte, ce qui justifie de progresser dans les estimations de doses lors de la prochaine étude d'exposition de la population générale.

Une attention particulière doit être exercée pour contrôler et réduire les doses liées à l'imagerie médicale diagnostique, notamment lorsque des techniques alternatives peuvent être utilisées pour une même indication.

La maîtrise des doses de rayonnements ionisants délivrées aux personnes lors d'un examen médical reste une priorité pour l'ASN.

3.4 L'exposition des espèces non humaines (animales et végétales)

Le système international de radioprotection a été construit en vue d'assurer la protection de l'homme vis-à-vis des effets des rayonnements ionisants. La prise en compte de la radioactivité dans l'environnement est jusqu'à présent évaluée par rapport à son impact sur les êtres humains et, en l'absence d'élément contraire, il est aujourd'hui considéré que les normes actuelles garantissent la protection des autres espèces. La protection de l'environnement vis-à-vis du risque radiologique, et notamment la protection des espèces non humaines, doit toutefois pouvoir être garantie indépendamment des effets sur

l'homme. Rappelant que cet objectif est déjà intégré dans la législation nationale, l'ASN veille à ce que l'impact des rayonnements ionisants sur les espèces non humaines soit effectivement pris en compte dans les études d'impact des installations et activités nucléaires. À partir du rapport d'expertise de l'IRSN, le Groupe permanent d'experts pour la radioprotection des travailleurs et du public ([GPRADE](#), désormais appelé GPRP) a adopté un avis en septembre 2015. Suivant les recommandations de cet avis, l'ASN a mis en place à la fin de l'année 2017 un groupe de travail pluraliste et pluridisciplinaire piloté par l'IRSN pour élaborer un guide méthodologique de l'évaluation de l'impact des rayonnements ionisants sur la faune et la flore, fondé sur une approche graduée. Le projet de *Guide méthodologique pour l'évaluation du risque radiologique pour la faune et la flore sauvages – Concepts, éléments de base et mise en œuvre au sein de l'étude d'impact* a été remis à l'ASN à la fin de l'année 2020 et présenté au GPRADE en juin 2021. La version finale du [guide](#) a été publiée en janvier 2022 sur le site de l'ASN, prenant en compte les recommandations de l'[avis du GPRADE](#) sur le caractère opérationnel de la méthodologie présentée.



Actions de l'ASN pour la prévention du risque lié au radon dans les territoires

Les divisions territoriales de l'ASN les plus concernées par le risque radon ont participé en 2024, aux côtés d'autres administrations (Dreal, ARS, Dcrets, collectivités locales) et d'organisations partenaires (Cerema, Comité scientifique et technique du bâtiment – CSTB, associations professionnelles, etc.), à plusieurs actions de sensibilisation au risque radon ciblant différents publics (élus, professionnels du bâtiment, employeurs, responsables d'ERP et particuliers).

En complément de ces actions de sensibilisation, dans la continuité de la démarche de contrôle initiée dans ce domaine depuis quelques années, plus d'une trentaine d'inspections, ciblant les grands gestionnaires de parcs d'ERP et les lieux de travail spécifiques, ont été organisées. En outre, les inspecteurs mettent en général à profit les inspections des activités nucléaires pour informer les employeurs des dispositions réglementaires en matière de radon qui les concernent.

ACTIONS DE SENSIBILISATION

Auvergne-Rhône-Alpes

DIVISION DE LYON

- Participation aux actions de sensibilisation ciblant les référents radon des services de prévention et de santé au travail (SPST) dans le cadre du 4^e plan régional de santé au travail (PRST 4).

Bourgogne-Franche-Comté

DIVISION DE DIJON

- Invitation des parties prenantes à adopter une approche prudente du fait de la présence de sous-sols karstiques en région Bourgogne-Franche-Comté. Les karsts sont en effet susceptibles d'influer sur les niveaux de radon dans l'air et ne sont pas pris en compte actuellement dans la cartographie du potentiel radon à l'échelle communale. Une étude complémentaire de l'IRSN est en cours pour déterminer l'influence des karsts sur le potentiel radon (action 9 du plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon).
- Participation au réseau régional « Éclaireurs QAI-radon » qui facilite la co-construction d'actions de sensibilisation sur la thématique du radon et de la qualité de l'air intérieur en Bourgogne-Franche-Comté. Dans ce cadre, la division de Dijon a notamment contribué à organiser un webinaire portant sur les dispositions réglementaires en matière de gestion du risque lié au radon en partenariat avec l'ARS et la Direction générale du travail (DGT). Ce réseau poursuit par ailleurs ses actions de sensibilisation sur le radon et joue un rôle de facilitateur dans la mobilisation des partenaires autour d'actions de remédiation dans l'habitat.

Bretagne / Pays de la Loire

DIVISION DE NANTES

- Cofinancement, dans le cadre des 4^e plans régionaux santé

environnement (PRSE 4) des régions Pays de la Loire et Bretagne, de **huit nouvelles actions d'accompagnement des particuliers à la réalisation de campagnes de mesurages volontaires du radon dans l'habitat** et participation à plusieurs réunions publiques de lancement de ces campagnes avec l'appui du siège de l'ASN et du CSTB.

- Implication dans les différents groupes de travail constitués dans le cadre des PRST 4 des deux régions ayant notamment permis d'aboutir en Pays de la Loire à la **réalisation d'une vidéo sur la méthodologie de mesurage et d'une foire aux questions** destinées aux employeurs.

- **Sensibilisation des salariés et des agents du secteur public travaillant à proximité de la division** (Dreal, ANCOLS⁽¹⁾, DRAAF⁽²⁾, OFB⁽³⁾, Maison de l'Administration Nouvelle dont fait notamment partie le Cerema⁽⁴⁾) sur les risques liés au radon, à travers cinq permanences organisées dans le cadre de la journée d'action face aux risques et de la journée européenne du radon qui se tenaient, respectivement, le 13 octobre et le 7 novembre 2024.

- **Élaboration d'un outil d'aide à la communication** à destination des structures accompagnant la mise en œuvre des campagnes de sensibilisation et de mesurage du radon dans l'habitat.

Grand Est

DIVISIONS DE STRASBOURG

ET DE CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE

- Dans le cadre des PRSE et PRST de la région Grand Est, organisation avec l'ARS et la Dreets d'un **séminaire d'une journée ayant réuni 80 personnes** de différents horizons (représentant des collectivités, des entreprises et des services de prévention et de santé au travail) sur les enjeux en matière de santé

publique et de santé au travail, la réglementation applicable et les enseignements issus des retours d'expérience.

Nouvelle-Aquitaine / Occitanie

DIVISION DE BORDEAUX

- Dans le cadre du PRST 4 de la région Nouvelle-Aquitaine, participation au projet piloté par la Caisse d'assurance retraite et de la santé au travail (CARSAT) Aquitaine visant à **élaborer et diffuser une vidéo de sensibilisation sur les dangers du radon** à destination des employeurs et à développer une application web sur la démarche de prévention du risque radon en milieu professionnel.

Normandie

DIVISION DE CAEN

- Participation aux différents groupes de travail constitués dans le cadre du PRST 4 de la région Normandie.

Provence-Alpes-Côte d'Azur / Occitanie

DIVISION DE MARSEILLE

- Sensibilisation de deux agents chargés de la fonction d'inspection (ACFI) du service prévention des risques professionnels du Centre de gestion du Gard (CDG 30) à la réglementation relative au radon issue des codes de l'environnement, de la santé publique et du travail. Ce service a en charge les inspections en santé et sécurité au travail des 301 collectivités du département.

1. Agence nationale de contrôle du logement social.

2. Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt.

3. Office français de la biodiversité.

4. Centre d'études et d'expertises sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

ACTIONS DE CONTRÔLE

Auvergne-Rhône-Alpes

DIVISION DE LYON

- **Réalisation de trois inspections de collectivités responsables d'établissements d'enseignement et d'accueil collectif d'enfants** de moins de six ans soumis à l'obligation de surveillance du radon : la ville de Clermont-Ferrand et les conseils départementaux de la Loire et de la Drôme. A l'exception du conseil départemental de la Drôme qui ne respectait pas les dispositions réglementaires et qui s'est engagé à se mettre en conformité, les collectivités inspectées se sont approprié la réglementation même si le suivi de sa mise en œuvre doit être plus rigoureux.

- **Réalisation de deux inspections de lieux de travail spécifiques** : la carrière de VICAT des Combes et le barrage EDF de Grangent. La démarche de prévention du risque a été appréhendée de manière satisfaisante sur le site d'EDF, en revanche elle n'a été que partiellement mise en œuvre dans la carrière ; par conséquent, des engagements ont été pris pour finaliser la démarche.

Bourgogne-Franche-Comté

DIVISION DE DIJON

- **Réalisation de trois inspections de gestionnaires d'ERP soumis à l'obligation de surveillance du radon** : les communautés de communes Rahin et Chérimont, Bazois-Loire-Morvan et le centre hospitalier Fondation d'Aligre. Ces inspections ont mis en évidence une connaissance insuffisante des exigences réglementaires applicables au titre des codes de la santé publique et du travail. Des engagements ont été pris afin de procéder au mesurage initial de l'activité volumique en radon dans les ERP concernés et à l'inventaire des lieux de travail exposés en vue d'évaluer le risque pour les travailleurs. Les communautés de communes se sont par ailleurs montrées prêtes à soutenir les maires de leurs territoires en mettant à leur disposition un marché négocié pour la réalisation des mesurages qui relèvent de leur responsabilité.

- **Réalisation de deux inspections dans des établissements thermaux** engagés depuis plusieurs années dans la déclinaison des obligations

réglementaires (Bourbon-Lancy et Saint-Honoré-les-Bains). Dans les deux cas, à la suite des mesurages initiaux, des travaux d'ampleur ont été réalisés sur les circuits d'eau pour réduire significativement la concentration en radon dans la partie accueillant le public. Ces travaux vont se poursuivre en vue d'abaisser la concentration en radon en-dessous du niveau de référence. L'évaluation de l'exposition au radon des travailleurs est également engagée.

- **Réalisation de deux inspections de lieux de travail spécifiques** : les barrages du lac des Settons et de Champagny, administrés par des organismes de l'État. Ces inspections ont mis en évidence une bonne compréhension des exigences réglementaires par les différents responsables. La démarche d'évaluation du risque radon devrait y être finalisée d'ici la fin de l'année.

Bretagne / Pays de la Loire

DIVISION DE NANTES

- **Réalisation de deux inspections de gestionnaires d'ERP soumis à l'obligation de surveillance du radon** : le groupe Babilou Evancia et la ville de Rezé. Les mesurages à effectuer au titre du code de la santé publique y ont été initiés depuis plusieurs années, toutefois des progrès sont attendus concernant notamment le périmètre des bâtiments concernés, le suivi des actions de remédiation et l'information du public.

- **Réalisation de deux inspections dans des lieux de travail spécifiques** : les usines d'embouteillage d'eau minérale Roxane Nord et Plancoët. La démarche d'évaluation du risque y est bien déclinée bien que quelques points d'amélioration aient été identifiés concernant les hypothèses retenues pour la stratégie de mesurage et l'information du Comité social et économique (CSE).

- **Réalisation d'une inspection de l'organisme de gestion de l'enseignement catholique OGEC des Côtes-d'Armor** : le gestionnaire avait déjà procédé aux mesures initiales de radon au titre du code de la santé publique et a prévu pour l'hiver 2024-2025 la pose de détecteurs pour contrôler l'efficacité des actions correctives.

Grand Est

DIVISIONS DE STRASBOURG ET DE CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE

- **Réalisation de quatre inspections des conseils départementaux de Haute-Marne, de Moselle, des Ardennes et de Meurthe-et-Moselle**. Trois conseils départementaux sur les quatre inspectés (Haute-Marne, Moselle et Meurthe-et-Moselle) ont bien identifié le risque d'exposition au radon des ERP. Les dépistages initiaux ont été effectués et les résultats montrent que, pour les deux premiers conseils départementaux, des actions de remédiation doivent être menées dans six ERP. Le conseil départemental de Meurthe-et-Moselle a déjà réalisé les travaux de remédiation et les mesurages validant leur efficacité : les ERP concernés présentent des concentrations en radon inférieures au seuil de 300 Bq/m³.

- **Réalisation de trois inspections d'établissements thermaux (Morsbronn-les-Bains, Niederbronn-les-Bains et Bourbonne-les-Bains)** concernés par les dispositions du code de la santé publique et par les modalités particulières de prévention du risque radon dans les lieux de travail spécifiques. Le risque radon y a été évalué et des travaux de remédiation ont été menés lorsque c'était nécessaire. Des lacunes ont toutefois été identifiées concernant notamment la mise à jour des évaluations des risques, la clarification des responsabilités entre le propriétaire des locaux et l'exploitant, ainsi que l'amélioration de la traçabilité des actions entreprises pour gérer le risque radon.

Hauts-de-France

DIVISION DE LILLE

- **Réalisation d'une inspection d'un gestionnaire d'ERP soumis à l'obligation de mesurage du radon, également lieu de travail spécifique** : l'établissement thermal de Saint-Amand-les-Eaux. Plusieurs campagnes de mesurages y ont été menées pour contrôler l'exposition des curistes et des travailleurs avec des résultats toujours inférieurs au niveau de référence. Quelques points d'amélioration ont toutefois été identifiés concernant la traçabilité des informations et l'information du public et du médecin du travail.

Nouvelle-Aquitaine / Occitanie

DIVISION DE BORDEAUX

- En Occitanie, réalisation d'une inspection d'un gestionnaire public d'ERP soumis à l'obligation de surveillance du radon avec l'appui de l'ARS : le conseil départemental du Tarn. La réglementation est correctement déclinée dans les ERP concernés et les actions de remédiation systématiquement engagées lorsque des concentrations supérieures au niveau de référence sont identifiées.
- En Nouvelle-Aquitaine, réalisation d'une inspection du conseil départemental de la Dordogne. Tous les collèges concernés par une obligation de mesurage en tant qu'ERP ont fait l'objet d'une campagne de dépistage en 2019. Seul un collège a nécessité la mise en œuvre d'actions de remédiation dont l'efficacité sera vérifiée lors d'une nouvelle campagne prévue en 2025.

Normandie

DIVISION DE CAEN

- Réalisation d'une inspection d'un lieu de travail spécifique : l'ancienne mine de fer à May-sur-Orne dans le cadre d'un chantier de comblement d'un tronçon de galerie. Les dispositions réglementaires applicables en matière de radioprotection y sont connues et prises en compte de manière très satisfaisante.
- Réalisation d'une inspection de la Ville de Cherbourg-en-Cotentin. La collectivité est en retard dans l'application de la réglementation, les mesurages initiaux dans les établissements concernés sont prévus dans le courant de l'hiver 2024-2025.

Provence-Alpes-Côte d'Azur / Occitanie

DIVISION DE MARSEILLE

- Réalisation d'une inspection d'un gestionnaire d'ERP soumis à l'obligation de mesurage du radon avec l'appui de l'ARS Occitanie : le conseil départemental du Gard. Les dispositions réglementaires applicables sont connues et les mesurages ont été réalisés ; toutefois, le suivi dans le temps des actions à mener au regard des résultats est perfectible.
- Réalisation d'une inspection de la ville de Hyères : un historique de mesurages montre des résultats inférieurs au niveau de référence ; néanmoins, les obligations d'information du public et de contrôle de pérennité n'ont pas été mises en œuvre.

En 2024, les actions de contrôle de l'ASN ont par ailleurs conduit à identifier deux entreprises ayant effectué des mesurages réglementaires du radon dans des ERP alors qu'ils ne disposaient pas de l'agrément de niveau 1. La réalisation de prestations de mesurage du radon sans disposer d'un agrément constitue une infraction susceptible d'être punie de l'amende prévue par les contraventions de la cinquième classe (article R. 1337-14-2 du code de la santé publique). Un procès-verbal a été dressé à l'encontre de l'une d'entre elles et transmis au procureur de la République compétent.

En outre, 12 organismes agréés pour le mesurage du radon (dont 3 de niveaux 1 et 2) ont été inspectés. Le champ du contrôle de l'ASN a porté sur la vérification du respect des exigences applicables issues du code de la santé publique, notamment ses articles L. 1333-29 à 31 et R. 1333-166, de l'arrêté du 26 février 2019 relatif aux modalités de gestion du radon dans certains ERP, et de trois décisions de l'ASN dont deux sont entrées en application début 2023 : n° 2015-DC-0506 de l'ASN du 9 avril 2015, n° 2022-DC-0743 de l'ASN du 13 octobre 2022 et n° 2022-DC-0745 de l'ASN du 13 octobre 2022.

Le bilan de ces inspections est globalement satisfaisant.

Les demandes qui ont été formulées par l'ASN, que ce soit dans les lettres de suite de précédentes inspections, dans les courriers de notification d'agrément ou à l'issue de signalements sont dans l'ensemble bien prises en compte. Les textes réglementaires et les normes applicables sont quasiment toujours correctement référencés et accessibles. Les personnes en charge de la pose et dépose des détecteurs de radon, puis de la rédaction et de la validation des rapports, disposent toutes d'un certificat de formation valide. Sur le plan méthodo-

logique, les matériels employés sont toujours conformes aux exigences réglementaires et correctement stockés. La période de pose réglementaire est toujours respectée. Les rapports d'intervention sont clairs, quasiment complets (quelques oublis et des répétitions sont toutefois ponctuellement encore notés) et remis dans le respect du délai réglementaire. La transmission des résultats de mesurages dans l'outil « Démarches-simplifiées » progresse malgré des points perfectibles concernant le délai de saisie et la complétude des champs à renseigner. Dans les structures où les effectifs de personnels qualifiés le permettent, des dispositions sont parfois prises pour veiller à la qualité des prestations et des rapports (réunion d'information et binôme en début de nouvelle saison, relecture croisée des rapports, etc.) ; ces initiatives, encore isolées, doivent être encouragées. Concernant la qualité, même en l'absence de système certifié, les activités de mesurage du radon sont la plupart du temps cadrées par une organisation et des procédures, y compris au sein des structures les plus petites. Enfin, les rapports annuels d'activité sont transmis à l'ASN dans les délais impartis.

Parmi les principaux axes de progrès identifiés en 2024, l'analyse du cadre réglementaire du mesurage est un sujet important. De nombreux rapports étudiés en amont des inspections et comptabilisés dans les rapports annuels des organismes concernent des ERP non soumis à l'obligation de surveillance du radon et, le périmètre du mesurage (un ou deux établissements, nombre de bâtiments) n'est pas toujours correctement circonscrit. Or, ces aspects déterminent la valeur attribuée à l'ERP (une ou deux valeurs) et les suites à donner (obligatoires ou recommandées). Comme en 2023, les modalités de détermination des zones homogènes et la méthodologie

de calcul des valeurs d'activité volumique à attribuer à une zone homogène figurent parmi les principaux axes de progrès identifiés. En effet, une erreur de méthodologie sur ce calcul peut conduire à des conclusions erronées et des suites à donner inadaptées, ce qui constitue un écart particulièrement préjudiciable. La doctrine applicable en cas de perte ou de détecteurs endommagés, décrite dans la [foire aux questions publiée par l'ASN](#), n'est pas systématiquement déclinée dans les procédures de mesurage des organismes. Enfin, les informations relatives aux suites à donner figurant dans les rapports ne sont pas toujours exhaustives et les délais dont disposent les commanditaires pour les contrôles d'efficacité parfois encore incorrects. Le départ de personnels qualifiés expérimentés (retraite, démission, etc.) ressort cette année comme un point de vigilance car, mal anticipé, il peut directement influencer sur la qualité des prestations de mesurage effectuées. L'utilisation plus systématique par les organismes agréés de la foire aux questions et de la [grille d'auto-évaluation](#) diffusées, respectivement, en février et en avril 2024, pourraient permettre d'éviter certains constats d'écart portant tant sur la méthodologie que sur le contenu des rapports.

Enfin, pour la première fois, dans le cadre de la stratégie de lutte contre les fraudes et les falsifications, l'ASN a procédé cette année au cours d'une inspection à des contrôles documentaires croisés visant à approfondir la traçabilité de certaines justifications liées à des prestations de mesurage du radon. Ce contrôle n'a pas conduit à mettre en évidence une irrégularité. En complément de ces contrôles, la réalisation de contrôles lors de l'intervention d'organismes agréés pour examiner la stratégie et les modalités de pose des détecteurs n'est pas exclue à l'avenir.

01
02
03
04
05
06
07
08
09
10
11
12
13
14
15
AN