



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**IRSN**

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Rapport  
annuel

MEMBRE DE

**ETSON**



ÉDITO

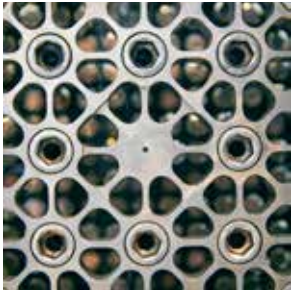
> page 05

TEMPS FORTS

> page 08

L'INSTITUT EN CHIFFRES

> page 10



01

RECHERCHE

> page 12



04

RADIOPROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PERSONNES

> page 40



02

EXPERTISE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

> page 18



05

CRISE ET POST-ACCIDENTEL

> page 46



03

SÛRETÉ NUCLÉAIRE DE DÉFENSE, SÉCURITÉ NUCLÉAIRE, NON-PROLIFÉRATION NUCLÉAIRE ET CHIMIQUE

> page 24



06

TRANSFORMATION, OUVERTURE À LA SOCIÉTÉ ET RSE

> page 50

VISION 360°

La surveillance menée par l'IRSN au service de l'Homme et de l'environnement

page 30 <

GOUVERNANCE

> page 56

ORGANIGRAMME

> page 60

GLOSSAIRE

> page 62

## L'expert public des risques nucléaires et radiologiques

Expertiser, rechercher, protéger, anticiper, partager : telles sont les missions de l'IRSN au service des pouvoirs publics et de la population. La singularité de l'Institut réside dans sa capacité à associer chercheurs et experts pour anticiper les questions qui se posent sur l'évolution et la maîtrise des risques nucléaires et radiologiques. Les femmes et les hommes de l'IRSN ont à cœur de faire connaître leurs travaux et de partager leurs savoirs avec la société. Ils contribuent ainsi à améliorer l'accès à l'information et à créer les conditions du dialogue avec les parties prenantes.

L'Institut concourt aux politiques publiques de sûreté et sécurité nucléaires, de santé, d'environnement et de gestion de crise. Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC) sous la tutelle conjointe du ministre chargé de l'Environnement, du ministre chargé de la Défense, et des ministres chargés de l'Énergie, de la Recherche et de la Santé, l'IRSN inscrit pleinement son action dans les politiques de modernisation de l'État comme en témoignent sa démarche de management des risques et la mise en œuvre d'une politique globale en matière de responsabilité sociétale.







# Édito



**Marie-France BELLIN**,  
Présidente du conseil d'administration



**Jean-Christophe NIEL**,  
Directeur général de l'IRSN

## REEMPLIR NOS MISSIONS

L'IRSN remplit ses missions : c'est le constat de la Cour des comptes, en juin 2021, à l'issue de son contrôle de l'Institut. S'agissant du constat de la juridiction chargée d'évaluer les politiques publiques et de contrôler le bon usage de l'argent public, connue pour son exigence et sa rigueur, c'est, pour nous, positif et essentiel.

En 2021, comme en 2020, l'accomplissement de ces missions, pour répondre aux enjeux qui sont ceux de l'Institut, a été rendu plus complexe par la pandémie. L'IRSN a été au rendez-vous de ses nombreux engagements et obligations en adaptant ses méthodes de travail pour protéger ses salariés et pour poursuivre ses relations avec ses divers interlocuteurs, pouvoirs publics, autorités, homologues TSO, industriels, organismes de recherche et, plus largement, société. Que les uns et les autres soient ici remerciés.

## ANTICIPER POUR MAÎTRISER

Le cycle de vie des systèmes électro-nucléaires s'inscrit dans le temps long. Certaines installations vieillissent, les industriels expriment le besoin de nouvelles capacités, des changements majeurs – climatiques, technologiques, sociétaux... – se dessinent. Les évolutions des usages des rayonnements ionisants dans le domaine de la santé, diagnostiques ou thérapeutiques, quant à elles, s'accroissent. L'impact de l'environnement sur la santé, dont celui lié à la radioactivité, suscite des interrogations croissantes.

Pour un organisme technique en charge de l'évaluation des risques radiologiques et nucléaires sous toutes leurs formes, disposer, le moment venu, des connaissances et des compétences nécessaires à l'expression d'un jugement scientifique, fiable et indépendant, tel qu'attendu par les parties prenantes de la maîtrise de ces risques, suppose d'anticiper ces évolutions.

C'est cette ambition qui a guidé les recherches menées en 2021 en vue d'instruire de grands dossiers de sûreté comme le 4<sup>e</sup> réexamen

périodique des réacteurs de 1 300 MWe ou la mise en place de nouvelles plateformes expérimentales, comme EVA, ASPIC et MIDI. Celles-ci nous permettront d'anticiper le vieillissement des installations nucléaires et les mécanismes conduisant aux accidents graves en renforçant par l'expérimentation les modèles créés à l'aide d'outils de simulation. Cette même ambition suscite notre intérêt pour des sujets de sûreté émergents comme ceux associés aux réacteurs modulaires de faible puissance (SMR).

C'est aussi le moteur de nos recherches sur le développement d'une nouvelle stratégie de prise en charge de patients victimes d'un syndrome aigu d'irradiation, de traitement clinique des sur-irradiations par l'usage de cellules souches, sur le comportement des scellements de stockages géologiques dans la très longue durée ou encore le développement de méthodes et d'outils pour détecter rapidement des radioéléments à l'état de trace dans l'environnement au service d'une meilleure surveillance.

C'est enfin ce qui motive la sélection en interne de cinq projets d'études exploratoires, lancés en 2021, au bénéfice des futurs programmes de recherche finalisée sur des thématiques aussi variées que le dépôt des radionucléides en zone rurale, le développement de simulateur de combustible irradié, l'application du machine learning, les complications à la suite d'un traitement par l'iode 131 ou la compréhension des dommages à l'ADN.

Anticiper, c'est aussi se préparer. Se préparer notamment à la crise nucléaire ou radiologique par la participation, en 2021, à des exercices nationaux comme l'exercice gouvernemental Secnuc ou international avec l'AIEA, par l'intervention sur des situations réelles comme lors de la détection de radioactivité attribuée à une aciérie. C'est enfin faire évoluer la connaissance par la recherche avec un colloque autour des apports des sciences humaines et sociales sur la capacité d'adaptation des organisations à des événements imprévus.

## PARTAGER POUR PROGRESSER

L'évaluation du risque, par la recherche ou l'expertise, nécessite la capacité à avoir l'attitude interrogative promue par la culture de sûreté. Cette attitude interrogative se nourrit notamment du partage, c'est-à-dire de la capacité à dialoguer avec l'ensemble des acteurs de la maîtrise des risques.

Ainsi, il s'agit, au bénéfice de l'action publique, de partager les enjeux et les priorités avec les autorités. En 2020 et 2021, l'IRSN a renouvelé la plus grande partie de ses conventions avec les autorités ou les administrations qu'il appuie.

L'IRSN est en interaction constante avec ses homologues étrangers. Ainsi, à l'occasion des dix ans de la catastrophe de Fukushima, l'IRSN a organisé, près de Paris et en présentiel, le Forum EUROSAFE 2021, sous l'égide du réseau ETSON, sur le thème de « *la sûreté nucléaire et radiologique dans un monde en rupture* », suivi d'un séminaire sur les recherches en Sciences humaines et sociales engagées à la suite de l'accident.

L'Institut a créé en 2021 une structure de formation professionnelle et de tutorat dénommée IRSN Academy qui va nous permettre de valoriser notre capital de connaissances et de compétences.

Enfin, la volonté d'enrichir les travaux d'expertise de l'IRSN par la prise en compte des éclairages et questionnements émergeant du dialogue avec des parties prenantes a présidé aux dialogues techniques menés dans le cadre du 4<sup>e</sup> réexamen des réacteurs de 900 MWe. Cette démarche préfigure, en cohérence avec notre contrat d'objectifs et de performance, la mise en place début 2022 d'un comité pérenne de dialogue avec la société, dénommé ODISCE.

## ÊTRE INDÉPENDANT POUR ÊTRE CRÉDIBLE

L'indépendance de l'IRSN s'entend comme l'impartialité de son jugement scientifique et technique et à investiguer les sujets à enjeux dans son champ de compétences. De ce point de vue, la recherche déjà évoquée comme outil d'anticipation permet à l'IRSN de disposer des meilleures connaissances du moment.

L'IRSN débat aussi des concepts, méthodes et positions qu'il développe. Ainsi, pour les 10 ans de l'accident de Fukushima, en

2021, l'IRSN a synthétisé ses réflexions sur la capacité de réponse des hommes et des organisations à des situations imprévues, sur les événements de très faibles probabilités ou encore la gestion d'une situation post-accidentelle dans un rapport « *Anticipation et résilience, réflexions dix ans après l'accident de Fukushima-Daiichi* » partagé au niveau international.

L'IRSN se saisit des situations susceptibles de présenter des enjeux en sûreté nucléaire ou en radioprotection. En 2021, comme suite à une mesure inhabituelle de la concentration en tritium dans la Loire par une association, l'IRSN a poursuivi sa campagne de grande ampleur de prélèvements et de modélisation du comportement de ce radioélément dans la Loire. Ces résultats ont été présentés régulièrement au Comité de suivi pluraliste mis en place pour l'occasion.

Enfin, en 2021, la commission d'éthique et de déontologie de l'Institut, placée auprès de son Conseil d'administration, a explicité, dans son rapport, les avis rendus entre début 2020 et mi-2021 sur les liens d'intérêt, la déontologie des métiers de la recherche ou les conditions de réalisation de prestations pour des industriels.

## EXCELLER POUR ÉCLAIRER

Avec l'objectif de la plus haute qualité pour ses productions au service des pouvoirs publics et de la société, l'IRSN s'oblige à maintenir au plus haut niveau les compétences de ses équipes dans les domaines de l'expertise et de la recherche.

En 2021, l'IRSN a conclu ou renouvelé des partenariats structurants en sûreté nucléaire ou en radioprotection avec des institutions de référence comme, en France, le CNRS ou le centre de lutte contre le cancer Gustave Roussy, à l'étranger les universités de Singapour ou de Fukushima. L'IRSN a aussi été nommé « *Capacity building center* » par l'AIEA et sera reconduit, en 2022, comme « centre collaborateur » de l'OMS. Ce sont des reconnaissances des compétences de l'IRSN et une exigence pour les renforcer encore.

Pour l'Institut, la qualité dans l'exercice de sa mission de surveillance en radioprotection ou dans la réalisation de ses programmes de recherche ou d'expertise repose notamment sur la qualité de ses données et de leur gestion. En 2021, l'IRSN a publié sa stratégie

numérique et poursuivi le déploiement de sa politique de valorisation des données. Ainsi, plusieurs projets dans des domaines aussi divers que la dosimétrie des travailleurs, la gestion de crise ou l'exploitation du retour d'expérience s'appuie sur l'intelligence artificielle.

Enfin, l'IRSN déploie sa politique RSE autour de la feuille de route pour les années 2021-2023 avec des démarches sur l'économie circulaire, la sobriété numérique, la rénovation énergétique dans le cadre du plan de relance...

## FAIRE DE 2022, UN ACCÉLÉRATEUR DE NOTRE TRANSFORMATION POUR RÉPONDRE TOUJOURS MIEUX AUX ATTENTES

L'IRSN, dont le fonctionnement a été fixé par décret en 2002, célébrera en 2022 vingt années à questionner, rechercher, innover, évaluer, préconiser, partager. Deux décennies guidées par l'objectif constant, dans une société en pleine évolution, de contribuer à la protection de nos concitoyens et de l'environnement vis-à-vis des risques liés aux rayonnements ionisants en agissant en faveur de la sûreté et de la sécurité nucléaires et de la radioprotection.

2022 nous donnera l'occasion de nous pencher sur le chemin parcouru depuis la fusion entre l'IPSN et l'OPRI pour créer un grand organisme public scientifique et technique d'évaluation des risques nucléaires et radiologiques sous toutes leurs formes, rassemblant expertise et recherche, domaines civil et défense, sûreté et radioprotection, distinguant les fonctions d'expertise et de décision.

Mais surtout, fidèles à notre stratégie à l'horizon 2030 et tirant le meilleur bénéfice de ces vingt ans d'expérience, en cohérence avec les actions de modernisation de l'État et dans un dialogue permanent avec l'ensemble de nos interlocuteurs institutionnels et représentants de la société, nous poursuivrons, avec une exigence d'excellence et de responsabilité, notre transformation managériale, numérique, des modes de travail, sociétale pour tirer le meilleur parti des évolutions du contexte environnemental, énergétique, sécuritaire et sanitaire au profit de la protection contre les rayonnements ionisants, la sûreté et la sécurité nucléaires.



# Édito



**Louis-Michel GUILLAUME,**  
Directeur général adjoint délégué  
pour les missions relevant de la défense  
et chargé du pôle Défense Sécurité  
et non-prolifération

2021 aura été marquée par le prolongement de la crise sanitaire liée à la pandémie de Covid-19. Tirant parti de l'expérience acquise tout au long de l'année précédente pour adapter son organisation et ses méthodes de travail à ce contexte particulier, l'IRSN a su renforcer la cohérence d'ensemble de son action afin de tenir les engagements qui étaient les siens à l'égard des autorités et des pouvoirs publics.

Ainsi, dans le domaine de la sûreté nucléaire de défense, l'Institut a poursuivi en 2021 ses missions d'expertise au titre de son appui au Délégué à la sûreté nucléaire pour les installations et les activités intéressant la défense. Il a en particulier examiné, sur le plan de la sûreté, le retour d'expérience des chaufferies de la propulsion navale, ceux liés à la mise en service opérationnel du *Suffren*, premier sous-marin nucléaire d'attaque du programme *Barracuda* ainsi que les évolutions des installations dédiées la dissuasion nucléaire française sur les sites du CEA.

Au titre de ses missions d'évaluation de la sécurité des installations nucléaires, l'Institut a contribué au renforcement du corpus technique et réglementaire encadrant les différents volets de ces activités. Il a procédé à la modernisation de ses plateformes liées tant à l'analyse des effets d'explosions et des armes à l'encontre d'un site ou d'un transport mettant en œuvre des matières nucléaires et à l'étude des vulnérabilités potentielles des installations nucléaires face à des cyber-agressions.

En matière de non-prolifération nucléaire ou chimique, il convient de souligner la contribution de l'IRSN à l'organisation du symposium 2021 de l'Association européenne de recherche et développement en matière de garanties<sup>[1]</sup>, tenu conjointement avec celui de l'Institut américain de gestion des matières nucléaires (INMM<sup>[2]</sup>). Dans le cadre de la présidence française d'ESARDA, ce symposium aura permis notamment de resserrer les liens de l'Association avec l'AIEA, par le biais d'un accord de coopération portant en particulier sur la capitalisation de la connaissance. Dans ce domaine, on notera également le succès du premier cours international de l'IRSN Academy, consacré à la mise en œuvre des garanties.

Qu'il s'agisse de sûreté nucléaire de défense, de sécurité nucléaire ou de non-prolifération, les équipes de l'IRSN se sont efforcées en 2021 de progresser dans la satisfaction des attentes des autorités et des pouvoirs publics. En 2022, ces derniers peuvent compter sur l'engagement de chacun à poursuivre l'optimisation de l'organisation et des méthodes de l'Institut pour relever les défis à venir.

*En 2021 et dans le contexte de la crise sanitaire, l'IRSN a su renforcer la cohérence d'ensemble de son action afin de tenir ses engagements dans les domaines de la sûreté nucléaire Défense, de la sécurité nucléaire et de la non-prolifération.*

[1] European Safeguards Research and Development Association

[2] Institute of Nuclear Materials Management

# Temps forts 2021



## Février

**PUBLICATION DE LA NOUVELLE ÉDITION** du livre de référence intitulé « *Éléments de sûreté nucléaire – Les réacteurs à eau sous pression* », principalement rédigé par Jean Couturier.

## Avril

**JEAN-CHRISTOPHE NIEL** est reconduit pour un second mandat dans ses fonctions de Directeur général de l'IRSN.

**ORGANISATION D'UN SÉMINAIRE IRSN-ANCCLI** avec les acteurs de la société civile intitulé « *Fukushima, Tchernobyl : conséquences d'un accident nucléaire sur la santé* ».



## Janvier

**PARTICIPATION DE L'IRSN À LA TABLE RONDE** européenne sur l'information et la participation publique dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs.

**SIGNATURE D'UN ACCORD-CADRE DE COLLABORATION SCIENTIFIQUE DESTINÉ À LIER LES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DE L'IRSN ET DE GUSTAVE ROUSSY** autour du Projet Intégré de Recherche préclinique sur la Radiobiologie des Tumeurs et Tissus sains (PIRATT).

## Mars

**L'IRSN S'ENGAGE DANS UNE GRANDE ÉTUDE EUROPÉENNE** sur le radon et les matériaux naturellement radioactifs : RADONORM.

**SUITE À L'ÉPISODE DE SABLES SAHARIENS SUR LA FRANCE (FÉVRIER 2021)**, l'IRSN publie les résultats de mesures de l'activité volumique du césium-137 (Cs-137) dans l'air prélevé par les stations de son réseau OPERA durant la première semaine de février 2021 et les compare à la moyenne des valeurs mesurées en février 2019 et 2020.



## Mai

**PUBLICATION DU RAPPORT « ACTUALISATION DES CONNAISSANCES SUR LES EFFETS BIOLOGIQUES DU TRITIUM »** : une synthèse de 10 ans de recherche en radiotoxicologie humaine et environnementale, en collaboration avec le Canada Nuclear Laboratories (CNL).

### NOMINATION POUR UNE DURÉE

**DE 5 ANS** des membres du conseil scientifique (CS) de l'IRSN.

M. Robert BAROUKI, directeur de l'unité Inserm 1124 de l'Université de Paris et chef de service de biochimie métabolomique et protéomique à l'Hôpital Necker-Enfants Malades, est nommé président du CS.



## Septembre

**INAUGURATION DE 3 INSTALLATIONS DE RECHERCHE EN SÛRETÉ DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES DE L'IRSN.**

**PARTICIPATION DE 68 CHERCHEURS DE L'IRSN ET DU CNRS** à un atelier consacré aux recherches interdisciplinaires en environnement fondées sur l'observation de socio-écosystèmes.

**NOMINATION DE L'IRSN COMME CENTRE DE RENFORCEMENT DES CAPACITÉS (Capacity Building Center, CBC)** de l'AIEA dans le domaine de la gestion médicale des urgences radiologiques et nucléaires.

## Octobre

**LES RÉACTEURS MODULAIRES DE FAIBLE PUISSANCE** (ou *Small Modular Reactors, SMR*), de moins de 300 MWe, suscitent depuis plusieurs années un intérêt croissant dans le monde : l'IRSN publie une note d'information sur la sûreté des SMR.

## Juin

**PROJET DE DENSIFICATION DES PISCINES C, D ET E DE L'ÉTABLISSEMENT ORANO DE LA HAGUE** : publication de l'avis illustré et commenté de l'IRSN.

### TRITIUM DANS LA LOIRE :

l'IRSN publie les résultats d'une étude réalisée dans le cadre d'un comité de suivi pluraliste.

### ORGANISATION D'UN SÉMINAIRE ENTRE L'IRSN ET L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS)

pour faire le bilan des actions menées par l'IRSN en 2021 et identifier les besoins à venir de l'OMS.



## Juillet

**PUBLICATION** du *Bilan de l'exposition française aux rayonnements ionisants* pour la période 2014-2019.

**RÉUNION DE LANCEMENT** du projet de recherches participatives sur les multi-expositions ORRCH-IDEES sur le territoire dunkerquois.

## Novembre

**COLLOQUE « APRÈS L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA DAIICHI : S'ADAPTER À L'IMPRÉVU » ORGANISÉ PAR L'IRSN.**

Dix ans après la catastrophe survenue à la centrale de Fukushima Daiichi, l'IRSN met en débat les résultats des recherches en Sciences humaines et sociales qu'il a engagées pour tirer les enseignements de cet accident nucléaire majeur.

### EUROSAFE 2022

Organisé en 2021 par l'IRSN, EUROSAFE est le grand rendez-vous des spécialistes en sûreté nucléaire.





# L'Institut en CHIFFRES



## Budget

# 39,1%

DU BUDGET CONSACRÉS  
À LA RECHERCHE  
(HORS PROJET FEURS)



# 282 M€

de recettes

272 M€  
de dépenses, dont  
13 M€  
d'investissement  
en équipements



## Activité de l'Institut à l'international

# 285

accords bilatéraux de coopération  
en vigueur avec des organismes  
de recherche ou d'expertise

# 45

pays concernés par ces accords

# 64

projets internationaux en cours  
sous l'égide de l'OCDE - AEN,  
la Commission européenne ou l'ANR

# 6

projets dont l'IRSN est coordonnateur



## en recherche

# 269

publications répertoriées  
dans les journaux  
du *Journal Citation Reports*

# 271

contributions scientifiques  
dans des congrès

# 25

thèses soutenues

## Appui technique aux pouvoirs publics et aux autorités

# 52

avis et rapports techniques au HFDS du MTES

# 66

avis et rapports techniques au CTE et au HFDS des MEF

# 66

avis et rapports techniques à l'Autorité de sûreté nucléaire de défense

# 393

avis et rapports techniques à l'Autorité de sûreté nucléaire

# 52,6%

DU BUDGET CONSACRÉS  
À L'APPUI TECHNIQUE ET  
AUX MISSIONS D'INTÉRÊT  
PUBLIC



## Profil

# 1725

PERSONNES  
(EFFECTIFS AU 31/12)



# 1587

CDI

# 138

CDD

44  
mises à  
disposition

21  
détachements

52  
docteurs d'État  
ou personnes  
habilitées  
à diriger des  
recherches

87,6  
doctorants

14,6  
postdoctorants  
(CAP)





### Sûreté nucléaire de défense

22

inspections en cours de transport

25

inspections pilotées chez les détenteurs de matières nucléaires

107

inspections nationales pilotées par l'IRSN relatives à la protection et au contrôle des matières nucléaires



45 missions d'accompagnement des inspections relatives au contrôle international des matières nucléaires

5 missions d'accompagnement des inspections internationales relatives à l'interdiction des armes chimiques

60 contrôles techniques des moyens agréés pour le transport de matières nucléaires



### Capital humain

44,92

ans pour les femmes

45,89

ans pour les hommes

79,54%

cadres

20,46%

non cadres



### Environnement et Homme

518

balises

139

points de mesure du débit de dose ambiant

508

points de prélèvement d'échantillons pour la surveillance de la radioactivité sur l'ensemble du territoire

5344

échantillons de l'environnement prélevés pour des mesures radiologiques

782

anthroporadiométries réalisées pour le suivi des travailleurs dont 730 avec les moyens mobiles

### Crise

2

grèvements réels du centre technique de crise (CNPE Nogent)

7

exercices nationaux de crise nucléaire hors activités intéressant la Défense

3

exercices nationaux de crise nucléaire concernant les installations intéressant la Défense

21

réunions impliquant l'IRSN dans le cadre des travaux du CODIRPA consacré au post-accidentel



### Formations

985

heures d'enseignement dispensées à l'extérieur (université, école d'ingénieur, INSTN...)

315

heures d'enseignement dispensées au cours des 17 sessions de formation en radioprotection

112

heures d'enseignement dispensées au cours des 8 sessions de formation en sûreté nucléaire





# Recherche

Les programmes de recherche menés par l'IRSN sont étroitement liés à ses missions d'expertise. Sécurité des installations nucléaires, santé, gestion des situations de crise, surveillance et protection de l'environnement, sécurité et non-prolifération des matières nucléaires... quel que soit le domaine d'activité concerné, les résultats de recherche apportent aux experts de l'Institut des connaissances nouvelles leur permettant de mieux évaluer, en toute indépendance, les risques ainsi que les dispositifs développés afin d'y faire face.

En amont de cette recherche essentiellement finalisée, la recherche exploratoire se propose d'explorer la pertinence de nouveaux concepts ou de nouvelles voies de recherche pour éclairer les choix à prendre dans le futur. Après avoir été sélectionnés par une commission d'évaluation interne à l'Institut, cinq projets de recherche exploratoire ont été lancés en 2021. Ils portent sur l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage pour l'estimation de spectres neutron, le développement d'une méthode de mesure de flux de dépôt des particules atmosphériques submicroniques, la fabrication d'un simulateur de combustible irradié, l'étude des mécanismes de mise en œuvre et de régulation transcriptionnelle et traductionnelle après exposition à faible dose aux RI et l'étude des facteurs biomoléculaires intervenant dans les complications salivaires du traitement du cancer différencié de la thyroïde couplée à l'amélioration de la caractérisation de la dose au niveau des glandes salivaires.

## 25

THÈSES  
SOUTENUES  
EN 2021 PAR  
DES DOCTORANTS  
À L'IRSN

## 52

DOCTEURS D'ÉTAT  
OU PERSONNES  
HABILITÉES  
À DIRIGER DES  
RECHERCHES

Face à la complexité des sujets traités et à l'ampleur des moyens d'expérimentation nécessaires, l'IRSN conduit sa recherche en partenariat, notamment dans le cadre de projets financés par la Commission européenne au titre de programmes-cadres pour la recherche et l'innovation comme Horizon 2020 – dont 33 projets étaient encore actifs à l'Institut au cours de l'année 2021 pour le seul volet EURATOM – et Horizon Europe, qui vient de démarrer, par l'OCDE - AEN et au niveau national par l'Agence nationale de la recherche.

## 44

BREVETS EN VIGUEUR  
EN FRANCE ET  
79 À L'ÉTRANGER

Pour définir sa politique de recherche et orienter ses programmes, l'IRSN s'appuie sur deux instances complémentaires : le comité d'orientation des recherches, composé de représentants des principales parties prenantes de l'Institut et qui vise à garantir la bonne couverture des questions et enjeux tant sociétaux que politiques, et le conseil scientifique, composé de personnalités choisies en fonction de leur compétence scientifique et technique, qui conseille et accompagne l'Institut dans le pilotage stratégique de ses activités scientifiques. Ce dernier a été renouvelé en 2021 avec la désignation pour cinq ans de onze membres.



# Développement de partenariats, en France et à l'international

**Si la persistance de la crise sanitaire de la Covid-19 a pu limiter encore l'accès aux installations expérimentales, ralentissant certains programmes de recherche ainsi que les contacts directs entre organismes, bridant l'intensité des collaborations, l'année 2021 a néanmoins vu la signature ou la reconduction d'accords majeurs de coopération entre l'IRSN et de grands partenaires, tant au plan national qu'international.**

En 2021, l'IRSN a conclu ou renouvelé plusieurs partenariats dans différents domaines de la recherche en sûreté nucléaire ou en radioprotection. Il a signé en début d'année un accord de collaboration pour cinq ans avec le centre de lutte contre le cancer Gustave-Roussy dans le cadre du Projet intégré de recherche sur la radiobiologie des tumeurs et tissus sains (PIRATT). Celui-ci vise à faire progresser les connaissances scientifiques de la balance bénéfique/risque en radiothérapie, dans l'objectif de préserver les tissus sains exposés lors de la délivrance des doses élevées d'irradiation nécessaires au contrôle tumoral. À la suite de la signature d'un nouvel accord-cadre entre le CNRS et l'IRSN fin 2020, les deux organismes ont entrepris de structurer leur partenariat au travers de l'élaboration d'une feuille de route. Les thématiques prioritaires identifiées ont donné lieu à l'organisation de plusieurs ateliers qui serviront à définir les objectifs scientifiques et techniques devant être poursuivis sur la durée de l'accord ainsi que les dispositifs d'animation de la collaboration.

À l'international, l'IRSN a poursuivi sa collaboration avec l'unité de recherche en sûreté nucléaire de l'université nationale de Singapour (NUS/SNRSI), notamment dans les domaines de la radiochimie et de la radiobiologie. L'Institut a par ailleurs signé le 8 mars avec l'université japonaise de médecine de Fukushima un accord de coopération destiné à renforcer les échanges actuels – en particulier de chercheurs et d'étudiants – ainsi que les collaborations scientifiques dans le domaine des conséquences d'un accident nucléaire. Dans celui de la recherche en sûreté-criticité, l'Institut et le ministère américain de l'Énergie (DOE) ont reconduit sans limite de temps leur accord de coopération, qui s'est concrétisé par la réalisation dans les installations du Sandia National Laboratory de la première expérience entièrement conçue par l'IRSN.



# Recherche en sûreté

**L'étude de la phénoménologie des initiateurs possibles d'accidents graves de réacteurs (incendies ou perte du réfrigérant primaire) et de leurs conséquences potentielles (fusion du cœur) en vue de leur prévention et de leur mitigation occupait en 2021 une place centrale dans l'effort de recherche en sûreté mené par l'IRSN, aux côtés de la recherche sur le vieillissement des installations, en particulier celui des composants métalliques et du béton qui les constituent.**

L'IRSN poursuit un projet de Recherche en matière de sûreté et radioprotection (RSNR) « post-Fukushima » dénommé PERFROI, dont l'objet est d'étudier la capacité de refroidissement du cœur d'un réacteur en situation d'accident de perte du réfrigérant primaire (APRP). Après avoir lancé dans ce cadre, en 2020, une première campagne d'expériences baptisée COAL à l'aide d'un dispositif expérimental, développé en interne et implanté dans une boucle de thermohydraulique mise à disposition par STERN Lab au Canada, l'IRSN a mené à bien l'an passé une nouvelle phase de son programme de recherche. Les résultats de cette deuxième campagne constituée de 26 essais ont apporté de précieuses informations pour la validation et l'amélioration des modèles numériques, en particulier le logiciel DRACCAR, développé par l'Institut pour simuler les situations d'APRP et utilisé en appui de ses expertises.

Au mois de mai, l'IRSN a réuni le club des utilisateurs du système de logiciels ASTEC (Accident Source Term Evaluation Code) qui contribuent aux avancées et au développement de ses nouvelles fonctionnalités. Maintenu et développé par l'Institut, ce système permet de simuler l'ensemble des phénomènes qui interviennent au cours d'un accident de fusion du cœur d'un réacteur, depuis l'événement initiateur jusqu'au terme source.



**LE CONSORTIUM CONCRETE** a lancé en septembre 2020 un programme pour une durée de quatre ans visant à lever les verrous scientifiques liés à la maîtrise du vieillissement des structures en béton. L'IRSN et ses partenaires – différents acteurs académiques majeurs de la recherche sur le comportement du béton – ont tenu les 18 et 19 novembre 2021 un séminaire d'étape du projet.

BRÈVE



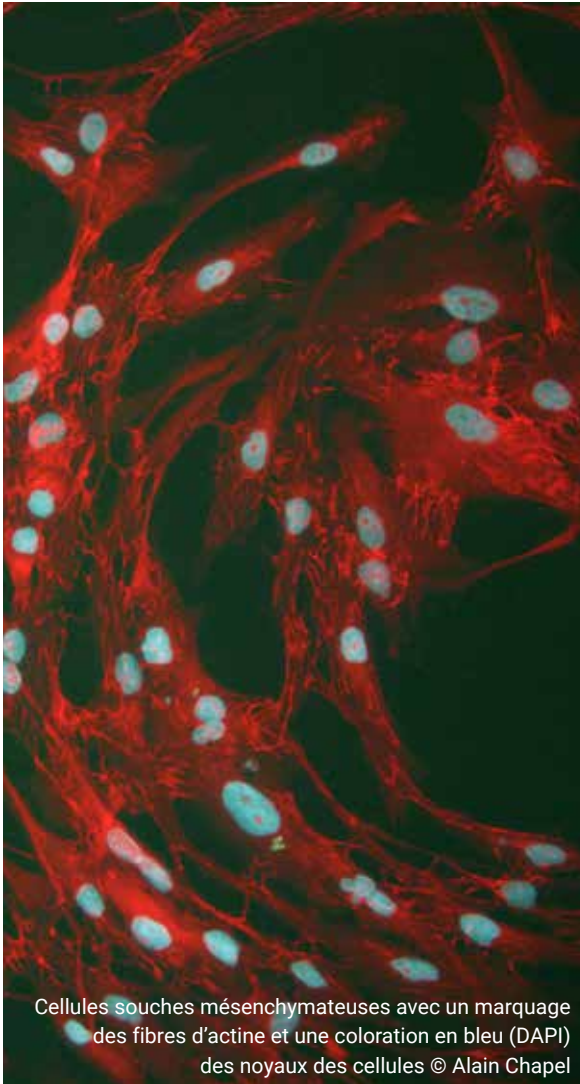
**EVA, ASPIC ET MIDI**, tels sont les noms des trois nouvelles installations de recherche en sûreté des réacteurs nucléaires de l'IRSN dédiées – dans le cadre de l'appel à projets « Recherche en sûreté nucléaire et radioprotection » (RSNR) – à l'étude de la fatigue des aciers et à celle des accidents de dénoyage d'une piscine de désactivation du combustible usé. Situées à Cadarache (Bouches-du-Rhône), elles ont été inaugurées le 29 septembre 2021.

BRÈVE

Dans le domaine de la recherche sur les incendies, l'IRSN a réalisé au mois de juin la dernière phase de la campagne PRISME3 – projet mené dans le cadre de l'OCDE - AEN – avec des essais de feux dans des espaces de couloirs, ce qui représente une première au plan international. 2021 a également marqué la fin des travaux de modernisation de la plateforme de recherche GALAXIE, située à Cadarache (Bouches-du-Rhône) et dont les installations expérimentales permettent à l'Institut de mener les programmes nécessaires à la maîtrise du risque incendie dans les installations nucléaires.

En 2021, l'IRSN a enclenché les travaux relatifs à six projets de recherche collaborative retenus par la Commission européenne dans le cadre du vieillissement des structures et équipements des installations nucléaires et de l'amélioration de leur sûreté à long terme. Concernant le vieillissement, un projet porte sur les bétons constitutifs de l'enceinte d'un réacteur et quatre autres sur les matériaux métalliques des cuves et des composants du circuit primaire. Un sixième projet aborde la mécanique de la rupture dans une démarche multiphysique relative au choc froid et à la défaillance de la cuve. La durée de ces différents projets est de quatre ans.





Cellules souches mésenchymateuses avec un marquage des fibres d'actine et une coloration en bleu (DAPI) des noyaux des cellules © Alain Chapel

# Recherche en santé

**Si les projets de recherche en santé les plus notables de 2021 ont été consacrés à la mise au point de traitements destinés aux victimes d'expositions à de fortes doses de rayonnements ionisants, l'année a été marquée également par la montée en puissance de la recherche en sciences humaines et sociales appliquées à la radioprotection et à sa valorisation auprès des professionnels de santé.**

Lancé fin 2019 pour une durée de quatre ans avec le soutien de l'Agence nationale de la recherche (ANR), le projet RESCUE ambitionne le développement d'une nouvelle stratégie de traitement clinique fondée sur la mise à disposition de greffons hématopoïétiques congelables et prêts à l'emploi pour les victimes irradiées, en situation d'urgence radiologique ou nucléaire, développant un syndrome aigu d'irradiation (sous sa forme hématopoïétique). À la suite du projet GIPSIS, qui avait permis de démontrer en laboratoire la possibilité de générer à partir de cellules souches pluripotentes induites (hiPSC) un greffon hématopoïétique fonctionnel à long terme, les recherches du projet RESCUE menées en 2021 visent à valider cette preuve de concept sur un modèle gros animal avant de passer aux essais cliniques.

Toujours dans le domaine du traitement des victimes irradiées, 2021 a vu la poursuite du projet ANR INTRUST, piloté par l'IRSN et destiné à mettre au point un traitement pour les victimes d'un syndrome aigu d'irradiation (sous sa forme gastro-intestinale). Si les essais menés se révèlent concluants, INTRUST permettra également d'ouvrir une nouvelle voie dans la prise en charge des patients souffrant de complications digestives suite à une radiothérapie et de ceux atteints d'une maladie inflammatoire chronique de l'intestin.

Dans le domaine des sciences humaines et sociales liées à la radioprotection, l'IRSN mène des recherches en ergonomie pour accompagner les centres de radiothérapie dans la maîtrise de changements tels que l'appropriation d'un nouveau système d'imagerie médicale. En outre, un travail réalisé en 2021 a permis d'élaborer, en collaboration avec les professionnels de santé concernés, un guide destiné à les accompagner dans le maintien de la sécurité des soins en situation de changements techniques ou matériels.

Par ailleurs, l'IRSN a poursuivi, en partenariat avec le département de radiothérapie de Gustave-Roussy, son projet de recherche sur les méthodes d'analyse des risques dans un système sociotechnique complexe et humain (MARSCH), dans l'objectif de développer une nouvelle approche de l'analyse des risques en radiothérapie.



## S'INSPIRER DE LA CHIMIE POUR INNOVER EN RADIOPROTECTION

Un workshop international a été organisé par l'IRSN au mois d'avril 2021 pour le compte des plateformes de recherche MELODI et ALLIANCE. Cet atelier visait à estimer la possible contribution d'une méthode développée afin de faciliter l'évaluation de la toxicité de stressors chimiques (méthode Adverse Outcome Pathway) à celle des effets d'une exposition à des stressors radiologiques sur la santé et l'environnement. Une application envisageable serait celle des situations d'exposition simultanée à ces 2 types de stressors.

BRÈVE



**ORRCH-IDEeS** (orientation pluraliste de la recherche sur les risques chroniques – initiatives sur le territoire de Dunkerque pour l'environnement et la santé) est un projet de recherche participative lancé par l'IRSN en 2021 dans le domaine des impacts sanitaires liés à la multi-exposition environnementale (nucléaire, chimique d'origine industrielle ou agricole) dans le Dunkerquois.

BRÈVE



# Recherche en environnement

Dans le domaine de la recherche en environnement, l'année 2021 a notamment vu le lancement du projet VSEAL. Ce projet a pour finalité l'évaluation de la capacité de confinement sur une très longue durée des scellements d'un stockage géologique de déchets de haute et moyenne activités à vie longue (HA-MAVL).

## STOCKAGE GÉOLOGIQUE DE DÉCHETS HA-MAVL : LANCEMENT DU PROJET VSEAL

Parmi les projets de recherche lancés par l'IRSN en 2021 dans le domaine de l'environnement, VSEAL concerne l'évaluation de la capacité de confinement sur une très longue durée d'un stockage géologique de déchets de haute et moyenne activités à vie longue (HA-MAVL). Cette capacité repose notamment sur la tenue hydromécanique des scellements : fermeture d'alvéoles, puits et descenderies. Afin de permettre à ses experts d'évaluer les dossiers de sûreté établis par l'Andra dans le cadre du projet Cigéo, l'IRSN déploie une recherche active sur ce sujet. Mené dans son laboratoire de recherche souterrain de Tournemire (Aveyron), le projet expérimental VSEAL met en œuvre un forage d'1 m de diamètre et de 10 m de hauteur équipé d'une soixantaine de capteurs. Son objectif est d'observer sur une quinzaine d'années les effets de l'eau de resaturation et de l'hydrogène susceptible d'être produit par la corrosion de composants du stockage sur le maintien dans le temps de l'étanchéité d'un scellement réalisé en bentonite. Ce type d'argile aux importantes propriétés de gonflement est en effet celui retenu pour sceller l'installation Cigéo à l'issue de sa période d'exploitation.



## ÉVALUATION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DE L'IRSN DANS LE DOMAINE DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

Une commission a mené au mois de janvier 2021 une visite d'évaluation du groupe de recherche thématique de l'IRSN dédié aux risques environnementaux (GTR-RE). Cet audit, qui a mobilisé les équipes de l'IRSN concernées par cette thématique, intervient dans le cadre d'une évaluation externe périodique des activités de recherche de l'IRSN, selon la procédure agréée par le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (HCÉRES). Étude des transferts de radionucléides en milieu atmosphérique, marin, terrestre et aquatique continental, étude de l'impact écotoxicologique des radionucléides, intégration des connaissances pour l'évaluation des risques environnementaux, thématiques transverses comme celles des infrastructures associées ou des moyens de recherche et ressources météorologiques... l'audit a permis aux différentes équipes de faire le bilan de leurs activités de recherche et de présenter leurs projets à cinq ans. La restitution effectuée en fin d'audit a souligné la qualité des activités et des projets du GTR-RE, l'efficacité du triptyque associant l'observation à l'expérimentation et à la modélisation, le caractère unique des actions menées par le groupe de travail dans le paysage français et international de la recherche ainsi que la pertinence de leur positionnement au sein des instances européennes. En outre, la commission a formulé en juillet 2021 des recommandations en matière de bénéfice de la recherche pour l'expertise de l'IRSN, de gouvernance, de management des compétences, d'infrastructures et de moyens de recherche ainsi que de partenariats qui seront déclinées dans un plan d'action pour les cinq ans à venir.

# Recherche liée à la crise

L'IRSN a publié dans la revue *Applied Radiation and Isotopes* un article relatif au développement et à la validation d'un algorithme permettant d'automatiser la détection des radioéléments présents à l'état de traces dans l'air ambiant et de réduire le temps d'analyse. En décomposant le spectre mesuré en spectres individuels des radioéléments présents, cet algorithme de démélange spectral vise à permettre, en cas d'incident ou d'accident, la détection rapide d'un rejet. Il contribuera également à améliorer les limites de détection des radioéléments dans l'environnement, où les niveaux de radioactivité artificielle sont très faibles, au service de la mission de l'Institut en matière de surveillance radiologique de l'environnement.





# Expertise de sûreté nucléaire

Appuyés notamment sur un effort permanent de recherche et sur le retour d'expérience des évaluations de sûreté précédentes, les travaux d'expertise de l'IRSN ont pour objectif d'étayer les prises de position des autorités et pouvoirs publics sur l'ensemble des dossiers de sûreté nucléaire, qu'ils se rapportent à des installations en fonctionnement, en construction ou en démantèlement, ou encore à de nouveaux concepts comme les réacteurs modulaires de faible puissance (SMR).

En 2021 encore, les interventions de l'IRSN en matière d'expertise de sûreté ont été rendues possibles par un effort d'adaptation aux exigences imposées par la crise sanitaire de la Covid-19, qui a induit en particulier un décalage d'activités telles que les arrêts de tranches pour maintenance et les rechargements de cœurs en combustible. Par ailleurs, en réponse à la montée en puissance des activités d'expertise liées au démantèlement et à la reprise des déchets anciens, l'IRSN a revu son organisation en regroupant ses experts dans ce domaine au sein d'un même service, permettant ainsi une approche transverse de l'examen des dossiers des différents exploitants nucléaires et une hiérarchisation en termes de priorités d'expertise.

Si l'année 2020 avait été marquée par la publication de l'avis de synthèse du 4<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4 900), 2021 aura été, d'une part celle de l'enclenchement des travaux relatifs à la phase générique du 4<sup>e</sup> réexamen périodique de ceux de 1 300 MWe (RP4 1 300) et, d'autre part celle des expertises menées dans le cadre de la mise en service du réacteur EPR de Flamanville (Manche).

## 393

AVIS ET RAPPORTS  
TECHNIQUES  
ADRESSÉS À L'ASN

## 353

HOMMES.AN (ETPT)  
CONSACRÉS  
À L'EXPERTISE  
DE SÛRETÉ  
NUCLÉAIRE







### L'IRSN PUBLIE UNE NOTE D'INFORMATION RELATIVE AUX ENJEUX DE SÛRETÉ DES RÉACTEURS MODULAIRES DE FAIBLE PUISSANCE

Plus connus sous leur sigle anglais SMR (pour *Small Modular Reactors*), ces réacteurs d'une puissance inférieure à 300 MWe se caractérisent par une conception simplifiée par rapport aux réacteurs de forte puissance qui constituent le parc nucléaire actuel. Parmi les quelque 70 concepts de réacteurs proposés à travers le monde – pour la plupart d'entre eux à un stade préliminaire –, celui d'EDF est un concept de réacteur à eau sous pression (REP) dénommé NUWARD et destiné à l'export. L'analyse des éléments disponibles tend à montrer que les SMR disposent, a priori, de caractéristiques favorables quant au respect des objectifs de sûreté plus exigeants que les réacteurs de forte puissance en termes de limitation des rejets en situation normale et accidentelle – y compris d'accident grave – et de fréquence de fusion du cœur. Dans sa note d'information, l'Institut rappelle toutefois que ces différents concepts doivent être examinés en détail afin de pouvoir se positionner plus avant sur le niveau de sûreté qui peut être atteint par ce type de réacteur.

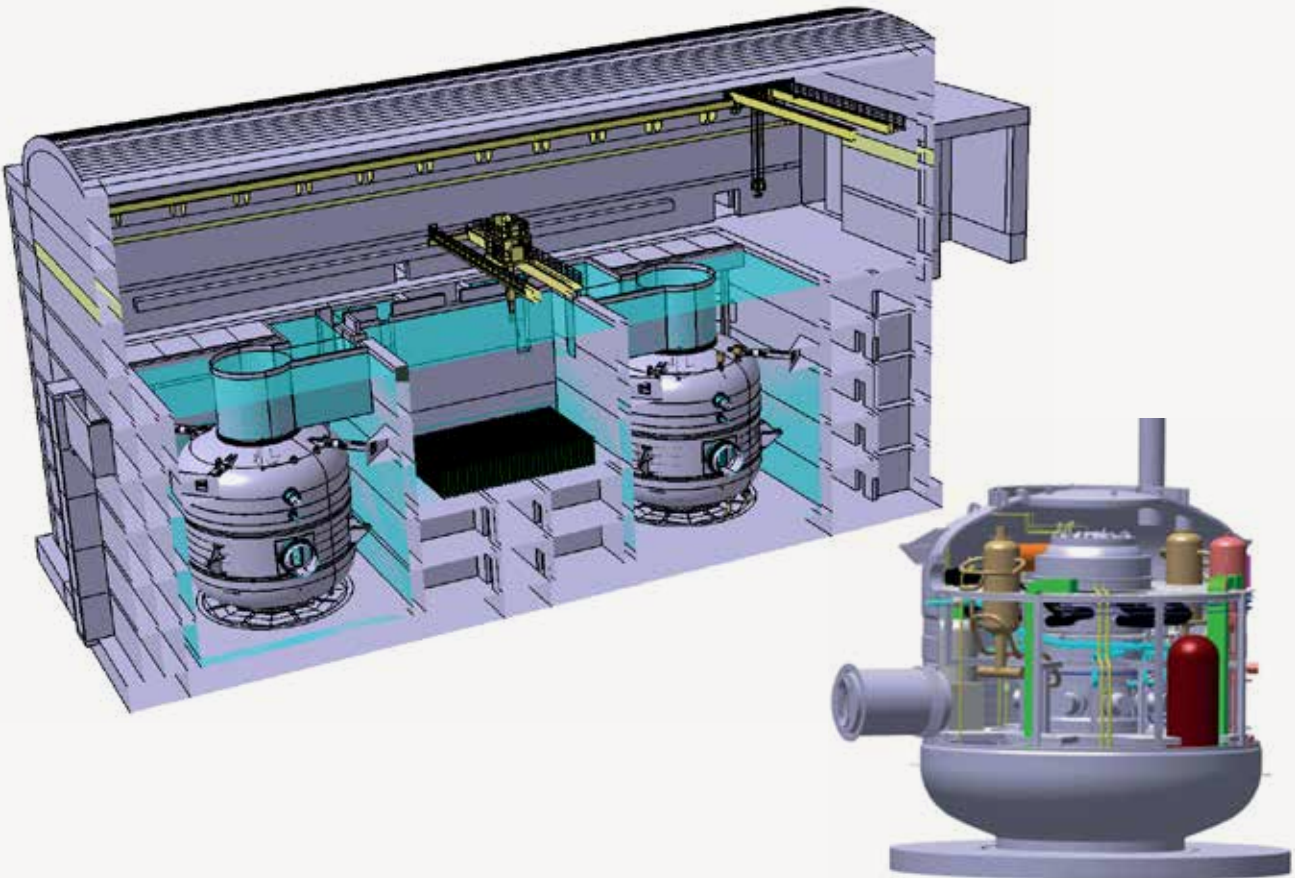
BRÈVE

### PRÉPARATION DU RP4 1 300

Construits pour la plupart dans la décennie 1980, les vingt réacteurs du parc électronucléaire français d'une puissance de 1 300 MWe entrent aujourd'hui dans la phase générique de leur 4<sup>e</sup> réexamen décennal (RP4 1 300). En 2021, l'IRSN a engagé l'examen des dossiers de sûreté correspondants transmis par EDF en vue d'élaborer – comme il l'avait fait en 2020 pour le 4<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4 900) – un avis destiné à fonder au plan technique la position de l'ASN sur l'aptitude des réacteurs concernés à poursuivre leur exploitation. Cette phase générique se complétera d'une visite décennale de chaque réacteur comprenant des essais tels qu'une épreuve hydraulique du circuit primaire, une inspection de la cuve du réacteur ou encore un test de résistance de la double enceinte en béton qui entoure le bâtiment du réacteur.

### ESSAIS DE DÉMARRAGE DE L'EPR DE FLAMANVILLE

L'IRSN a par ailleurs engagé l'expertise des résultats des essais de démarrage effectués par EDF dans le cadre de la demande d'autorisation de mise en service du réacteur EPR de Flamanville (EPR FLA-3) afin de s'assurer que les équipements et systèmes du réacteur fonctionnent conformément aux hypothèses d'étude et satisfont aux critères fixés en termes de performance. L'analyse de l'Institut montre que, bien que le volume de travail effectué par EDF soit significatif, le nombre de procédures d'essais non réalisées ou seulement de manière partielle reste encore conséquent. Ces procédures seront déroulées dans la prochaine phase d'essais de démarrage prévue au troisième trimestre 2022.



Vue, en images de synthèse, du principe du réacteur SMR étudié par le consortium Nuward © Nuward Consortium

## 20

RÉACTEURS DE 1 300 MWe  
EN EXPLOITATION  
EN FRANCE ENTRENT  
EN PHASE GÉNÉRIQUE  
DE LEUR 4<sup>e</sup> RÉEXAMEN  
DÉCENNAL



#### DÉMANTÈLEMENT DU RÉACTEUR NUCLÉAIRE DE BRENNILIS

En mars 2021, l'IRSN a présenté au groupe permanent d'experts « démantèlement » de l'ASN les conclusions de son expertise du démantèlement complet de la centrale nucléaire des Monts d'Arrée située à Brennilis (Finistère), renfermant le réacteur EL4 d'une puissance de 70 MWe, arrêté en 1985. L'Institut a examiné notamment l'organisation définie par EDF pour favoriser le lien entre son ingénierie et les équipes affectées aux opérations sur site, les principes d'assainissement des structures et des sols du site. Il a estimé qu'EDF devait viser en premier lieu un niveau d'assainissement compatible avec tout usage public du site. Dans ses conclusions, il a souligné l'émergence de thématiques techniques susceptibles d'être transposées du démantèlement en cours du réacteur Chooz A (Ardennes). Elles concernent par exemple la capacité d'EDF à décontaminer des générateurs de vapeur, de manière à réduire le niveau de radioactivité des déchets et l'exposition radiologique des travailleurs, ou l'utilisation de moyens télécommandés de découpe sous eau de la cuve du réacteur.

#### EXPLOITATION DES RÉACTEURS DE 1 450 MWe

À la demande de l'ASN, l'IRSN a examiné la possibilité, sur le plan de la sûreté, de l'exploitation des réacteurs de 1 450 MWe (palier N4) concernés par un phénomène de corrosion accélérée des gaines de combustible en alliage M5, attribué principalement à l'ébullition nucléée ainsi qu'à la faible teneur en fer des lots de matières utilisés pour la fabrication de ces gaines. Ce phénomène de corrosion accélérée affecte également, dans une moindre mesure, certains réacteurs de 1 300 MWe et 900 MWe, du fait de sollicitations thermohydrauliques moindres. Si ce phénomène est inédit en France, il a déjà été observé à l'étranger sur des réacteurs exploités en Allemagne et au Brésil. EDF s'est engagée à poursuivre les investigations afin d'améliorer la compréhension fine des mécanismes à l'origine de ce phénomène et prévoit en outre des mesures compensatoires sur les quatre réacteurs du palier N4 afin d'en réduire la probabilité d'occurrence et les conséquences potentielles. L'IRSN a estimé satisfaisantes les dispositions prévues par EDF dont l'efficacité sera vérifiée à l'aide d'un programme de surveillance.

#### INCIDENT DE VIDANGE INCONTRÔLÉE DU CIRCUIT PRIMAIRE PRINCIPAL D'UN RÉACTEUR À GOLFECH

Classée au niveau 2 sur l'échelle internationale INES en raison de ses conséquences potentielles sur la sûreté du CNPE de Golfech (Tarn-et-Garonne), la mise sous vide incontrôlée du circuit primaire principal du réacteur n° 2 lors de sa vidange, le 8 octobre 2019, a fait l'objet d'une analyse approfondie par l'IRSN en 2020 et 2021. Ce dernier a mis en évidence de nombreux facteurs, fortement imbriqués, qui ont fragilisé plusieurs lignes de défense techniques, humaines et organisationnelles. À la suite de l'expertise de l'IRSN, la direction du parc nucléaire d'EDF et le CNPE de Golfech se sont engagés à mettre en œuvre diverses actions de nature technique et organisationnelle visant à fiabiliser les transitoires dits sensibles, notamment ceux de vidange du circuit primaire principal.

## 4

RÉACTEURS  
DE 1 450 MWe  
EN EXPLOITATION  
EN FRANCE



### DES EXPERTS EN INTERACTION AVEC LES CITOYENS

Dans le cadre de sa politique de transparence et d'ouverture à la société, l'IRSN a contribué en 2021 à différentes actions visant à associer la société civile à ses travaux d'expertise. Il a parallèlement poursuivi auprès des représentants des Commissions locales d'information (CLI) ses actions de formation à la sûreté nucléaire et, plus généralement, a échangé sur les enjeux techniques de la sûreté nucléaire. L'Institut a également organisé avec l'Anccli, le 22 juin 2021, une journée d'échanges au sujet de la poursuite d'exploitation des cuves des réacteurs de 900 MWe « au-delà de 40 ans ». Cette journée fut l'occasion d'explicitier les expertises réalisées, de préciser les conclusions tirées et de répondre aux questions recueillies. Avec l'Anccli et le Clis de Bure, l'IRSN a organisé des réunions d'échanges les 3 février et 30 mars sur la gestion des déchets HA-MAVL. De plus, il a participé à la réunion publique organisée par le ministère de la Transition écologique le 8 mars au sujet des premiers enseignements de la concertation post-débat public relative au 5<sup>e</sup> Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs.

BRÈVE



### FORUM EUROSAFE 2021

Organisé par l'IRSN sous l'égide du réseau ETSO des TSO européens, les 22 et 23 novembre, le Forum EUROSAFE 2021 a réuni près de Paris quelque 250 participants d'une vingtaine de pays autour du thème « *Accident de Fukushima-Daiichi, Covid-19 et menaces liées au changement climatique : sûreté nucléaire et radiologique dans un monde en rupture* ».

### ÉLÉMENTS DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE LES RÉACTEURS À EAU SOUS PRESSION

Refonte de l'ouvrage intitulé *Éléments de sûreté nucléaire*, ouvrage coordonné et principalement rédigé par Jean Couturier dans une collection de l'IRSN dont la version initiale avait été publiée en 1996, cette nouvelle édition est téléchargeable sur le site Internet de l'IRSN. Elle présente un état de l'art des connaissances dans le domaine de la sûreté nucléaire au fil de 40 chapitres qui apportent des éclairages complémentaires tels que l'histoire des évolutions techniques et réglementaires, le progrès de la sûreté par la R&D, les enseignements tirés du retour d'expérience, etc.

BRÈVE



### RÉEXAMEN PÉRIODIQUE DU RÉACTEUR À HAUT FLUX DE L'INSTITUT LAUE-LANGEVIN

Réacteur nucléaire destiné à la recherche scientifique dans différents domaines tels que la physique de la matière ou la biologie moléculaire, le réacteur à haut flux (RHF) exploité à Grenoble par l'Institut Laue-Langevin (ILL) a fait l'objet d'un réexamen périodique. Après avoir expertisé le dossier correspondant, l'IRSN a souligné le travail important mené par l'ILL pour vérifier la conformité de l'installation aux exigences applicables et réévaluer sa sûreté, s'agissant notamment des dispositions constitutives du « noyau dur post-Fukushima » du réacteur en cas d'aléas extrêmes. L'Institut a toutefois mis en évidence la nécessité d'améliorations de sûreté complémentaires, en particulier le renforcement de la fiabilité du pont polaire du bâtiment du réacteur et la maîtrise des conséquences d'un incendie qui se déclarerait dans ce dernier.





#### PROJET DE DENSIFICATION DES PISCINES C, D ET E DE LA HAGUE

Dans l'attente de la mise en service par EDF de sa future piscine d'entreposage d'assemblages combustibles usés, ORANO projette d'augmenter la capacité opérationnelle de trois piscines d'entreposage de combustibles nucléaires usés qu'il exploite sur son site de La Hague (Manche), en réduisant la taille des équipements d'entreposage utilisés (densification). À la demande de l'ASN, l'IRSN a expertisé en 2021 le dossier d'options de sûreté de ce projet et rendu un avis, disponible en version commentée sur son site web. Dans ses conclusions, l'Institut considère que les options de sûreté retenues pour cette densification sont globalement adaptées. Il a par ailleurs identifié des sujets qui devront être pris en compte dans le dossier transmis à l'appui de la future demande d'autorisation. Ceux-ci concernent notamment la conception des nouveaux équipements d'entreposage ou l'efficacité des systèmes de refroidissement de l'eau des piscines.





# Sûreté nucléaire de défense, sécurité nucléaire, non-prolifération nucléaire et chimique

## 66

AVIS ET RAPPORTS  
TECHNIQUES  
ADRESSÉS À L'AUTORITÉ  
DE SÛRETÉ DÉFENSE

Dans un cadre conventionnel formalisé, l'IRSN fournit appui ou concours technique au Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les installations et activités intéressant la défense, aux Hauts fonctionnaires de défense et de sécurité (HFDS) du ministère de la Transition écologique (MTE) et des ministères Économique et Financier et de la Relance (MEFR) ainsi qu'au Comité technique EURATOM (CTE).

Les missions confiées à l'Institut couvrent les domaines de la sûreté nucléaire des installations et activités intéressant la défense, de la protection contre les actes de malveillance et du contrôle des matières nucléaires, installations et transports – à l'exception du champ de la dissuasion –, ainsi que de l'application en France des traités internationaux de lutte contre la prolifération des armes de destruction massive, chimiques ou nucléaires.

## 52

AVIS ET RAPPORTS  
TECHNIQUES  
ADRESSÉS AU HFDS  
DU MTE

Il comprend l'expertise technique de dossiers soumis par les exploitants aux Autorités, la conduite d'études dans des disciplines telles que la cybersécurité ou l'effet des armes et explosifs, ou différentes activités plus directement opérationnelles, notamment l'accompagnement des inspections destinées à vérifier le respect des exigences liées aux engagements internationaux pris par la France, la tenue de la comptabilité centralisée des matières nucléaires ou encore le suivi des transports de matières nucléaires sur le territoire national. L'IRSN mène également des études ou essais en partenariat avec des organismes spécialisés nationaux ou internationaux sur les équipements de protection physique afin de tester leurs capacités et leurs vulnérabilités. En 2021, les efforts ont porté sur le développement d'outils de pré-analyse rapide des effets d'une explosion sur une installation ou au cours d'un transport et sur la reproduction d'un système de contrôle-commande permettant d'y appliquer des tests d'intrusion par cyberattaque.

## 66

AVIS ET RAPPORTS  
TECHNIQUES  
ADRESSÉS AU CTE  
ET AUX MINISTÈRES  
ÉCONOMIQUES  
ET FINANCIERS  
EN CHARGE DE LA  
NON-PROLIFÉRATION







# Sûreté nucléaire de défense

**En 2021, l'IRSN a poursuivi ses activités en appui au Délégué à la sûreté nucléaire pour les installations et les activités intéressant la défense dans le cadre des programmes en cours de sous-marins à propulsion nucléaire. L'Institut a également examiné la sûreté de laboratoires et usines intéressant la défense, comme le CEA de Valduc (Côte-d'Or).**

## PROPULSION NAVALE

L'IRSN examine périodiquement le retour d'expérience des chaufferies de la propulsion navale au profit du Délégué à la sûreté nucléaire pour les installations et les activités intéressant la défense (DSND). Les enseignements de la période 2017-2019, notamment ceux tirés des plans d'actions mis en œuvre dans le contexte de la prolongation de la durée de vie des sous-marins de type *Rubis*, ont été présentés à la commission de sûreté des réacteurs le 24 juin 2021. Lors de cette réunion qui marque l'aboutissement de nombreux échanges techniques depuis le début de l'année 2020 entre les services d'expertise de l'IRSN et la Marine nationale, la commission a noté une bonne appropriation du processus de retour d'expérience par les acteurs et souligné la qualité du travail accompli, au regard notamment du respect des échéances fixées.

Par ailleurs, au titre de son appui au DSND, l'IRSN est intervenu dans le cadre de la mise en service opérationnel du *Suffren*, premier sous-marin nucléaire d'attaque du programme *Barracuda* dont les essais en mer ont commencé en 2021. La construction des sous-marins suivants, qui se poursuit à Cherbourg (Manche), donnera lieu à l'examen de la sûreté du *Duguay-Trouin* prévu en 2022.

L'Institut a également évalué au plan de la sûreté les travaux d'adaptation des installations de soutien à terre des chaufferies nucléaires embarquées, pour les bases navales de Brest (Finistère) et de Toulon (Var).

## LABORATOIRES ET USINES INTÉRESSANT LA DÉFENSE

L'IRSN examine au plan de la sûreté les évolutions programmées sur le site CEA de Valduc (Côte-d'Or), dédié à la dissuasion nucléaire française. Les programmes en cours portent à la fois sur la reconfiguration d'installations existantes et sur la construction de nouvelles installations dans le cadre du maintien à niveau et de l'adaptation aux besoins de la dissuasion. L'Institut a participé en 2021 à la réunion de la commission de sûreté des laboratoires et usines intéressant la défense (CSLUD) qui constitue un des jalons d'examen de la sûreté de ce programme au long cours.

# Sécurité nucléaire

**En 2021, les principales actions de l'IRSN dans le domaine de la sécurité nucléaire ont porté sur la révision du corpus réglementaire de la sécurité nucléaire, sur des instructions d'études de malveillance de sites nucléaires, sur la signature d'accords de collaboration et le développement d'outils innovants dans les domaines de la détonique et de la cybersécurité.**

## EXPERTISE DE SÉCURITÉ DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

L'IRSN a poursuivi en 2021 les instructions techniques approfondies d'études de malveillance de sites nucléaires, et notamment des sites CEA de Cadarache (Bouches-du-Rhône), Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine), Marcoule (Gard) et Saclay (Essonne). Rendu fin 2021, le premier avis de l'IRSN relatif à la sécurité des sites CEA concernait celui de Fontenay-aux-Roses. Pour mener ce travail d'ampleur et coordonner les contributions de ses experts, l'IRSN s'est organisé en mode projet, au regard du nombre de personnes impliquées et des diverses facettes à étudier.

## RÉALISATION D'UN GUIDE D'ÉVALUATION DU NIVEAU DE SÉCURITÉ DES OUVRANTS

Après plusieurs années d'accompagnement du MTE et de l'ASN dans la construction de la réglementation nationale en matière de sécurité des sources radioactives, parue fin 2019, l'IRSN a été sollicité pour élaborer un guide d'évaluation sur la résistance des portes et ouvrants. Ce document rassemble les fondamentaux du domaine de la protection physique pour permettre à l'ensemble des inspecteurs amenés à se déplacer sur site de se prononcer sur la vulnérabilité des dispositifs d'accès mis en place par les exploitants, dans le domaine industriel ou dans d'autres secteurs, en regard de la particularité de chacun.



## RÉUNION ANNUELLE SUR LA SÉCURITÉ ET LES GARANTIES AVEC LE DOE

L'IRSN a organisé les 4 et 5 octobre 2021 la 14<sup>e</sup> réunion annuelle du « Permanent Coordinating Group » avec le ministère américain de l'Énergie (US DOE). Outre la revue des programmes en cours, cette réunion a permis de discuter de futures actions dans les domaines tels que la cybersécurité, la sécurité des transports, la métrologie ou les formations au suivi et à la comptabilité des matières nucléaires.

**BRÈVE**



## EXERCICE EPEES 13-14

Le 2 décembre dernier, l'IRSN a organisé, pour le compte du HFDS du MTE, un exercice de sécurité nucléaire qui, pour la première fois, se déroulait conjointement sur deux installations nucléaires différentes (EDF et ORANO Tricastin). Cet exercice a nécessité la mobilisation, entre autres, d'une cinquantaine de personnes de l'IRSN pour l'animer et l'évaluer ainsi que de plusieurs centaines d'intervenants issus des entités actrices.

**BRÈVE**

## RÉVISION RÉGLEMENTAIRE DE LA SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

Au titre de ses missions d'expertise et de concours technique au bénéfice du Haut Fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du ministère de la Transition écologique (MTE), l'IRSN avait contribué en 2020 à la révision du décret relatif à l'application de la réglementation sur la protection et le contrôle des matières nucléaires, de leurs installations et de leur transport (réglementation PCMNIT). Le décret 2021-713 du 3 juin 2021 prévoyant une entrée en vigueur de la nouvelle réglementation le 1<sup>er</sup> janvier 2023, l'IRSN a participé tout au long de l'année aux groupes de travail thématiques et comités de pilotage destinés à réviser tous les arrêtés d'application.

## EXPERTISES DE SÉCURITÉ : UN GUIDE POUR ENCADRER LES MODALITÉS DE TRAVAIL AVEC LE MTE

Élaboré conjointement avec le ministère de la Transition écologique, ce document détaille les modalités générales de mise en œuvre des travaux d'expertise réalisés par l'IRSN dans le cadre de son appui au département de sécurité nucléaire du MTE.

## RENOUVELLEMENT DES CONVENTIONS LIANT L'IRSN AU SID ET À L'ISL

La reconduction pour trois ans de l'accord de partenariat avec le Service d'infrastructure de la défense (SID) permettra à l'IRSN de réaliser des essais conjoints avec le SID sur différentes thématiques et de bénéficier d'un espace d'échange privilégié avec les experts de la protection des infrastructures des Armées. La reconduction pour trois ans de l'accord de partenariat avec l'Institut de recherches franco-allemand de Saint-Louis (ISL) permettra la poursuite du programme d'essais conjoints et de bénéficier d'un espace d'échange privilégié. Dans le cadre de cet accord, une thèse cofinancée par les deux instituts et codirigée par l'IRSN et le CNRS permettra à l'IRSN de renforcer, en toute indépendance, sa connaissance sur des thématiques à forts enjeux sécuritaires.





### CYBERSÉCURITÉ DES SYSTÈMES INDUSTRIELS : RÉALISATION DE TESTS SUR LA PLATEFORME HYDRA

Dans le domaine de la cybersécurité, l'IRSN développe une plateforme dénommée HYDRA, qui permet de reproduire des systèmes numériques variés et de mener des tests qui seraient irréalisables dans une centrale nucléaire en exploitation. Sur la base de la reproduction d'une version réaliste du contrôle-commande d'un réacteur et de la définition des scénarios de cyberattaque réalisés en 2020, l'IRSN a effectué en 2021 les tests destinés à identifier des vulnérabilités potentielles du système. HYDRA renforce la capacité d'expertise des ingénieurs cybersécurité de l'IRSN, dont les interventions jusqu'alors centrées sur l'analyse de documents et la conduite d'interviews auprès des exploitants s'enrichissent d'un outil de simulation à la fois original et pertinent.

### ÉTUDE DES EFFETS D'EXPLOSIONS ET D'ARMES SUR DES STRUCTURES EN BÉTON ARMÉ

L'IRSN a procédé en 2021 à une actualisation de la plateforme DOPEX de développement d'outils de pré-analyse rapide des effets d'explosions et d'armes à l'encontre d'une installation ou d'un transport mettant en œuvre des matières nucléaires. Elle vise à mettre à disposition un ensemble d'outils permettant de procéder à une estimation rapide de l'endommagement de structures suite à une agression malveillante. Les outils développés ont fait l'objet d'une validation par comparaison avec des valeurs expérimentales obtenues, entre autres, lors d'essais réalisés sur le site d'ARIANE GROUP, avec lequel l'Institut possède un partenariat.



### SÉCURITÉ DES SOURCES DE RAYONNEMENTS IONISANTS : UN MODULE DE E-LEARNING À DESTINATION DES ENTREPRISES

Destiné aux responsables d'activités nucléaires détenant, utilisant, fabriquant, distribuant, important, exportant ou transportant des sources de rayonnements ionisants, ainsi qu'aux personnels autorisés à y accéder et à les convoier, ce module conçu par l'IRSN propose une formation aux nouveaux textes réglementaires encadrant la sécurité des sources.

BRÈVE



# Non-prolifération nucléaire et chimique

Dans le domaine de la non-prolifération nucléaire, l'IRSN relève trois temps forts de l'année 2021 : la contribution au congrès annuel en matière de garanties nucléaires de l'association ESARDA, l'analyse du nouveau cadre administratif d'échange de matières, équipements et technologies nucléaires entre les États membres d'EURATOM et le Royaume-Uni et la contribution à la réponse française au questionnaire EURATOM destiné à évaluer l'opportunité de réviser le règlement 302/2005.

Dans le domaine de la non-prolifération des armes chimiques, l'IRSN participe au groupe national coordonné par le Quai d'Orsay pour définir les priorités de la France pour la 5<sup>e</sup> conférence de révision de la CIAC.

## L'IRSN CONTRIBUE À L'ORGANISATION DU SYMPOSIUM 2021 D'ESARDA

L'Association européenne de recherche et développement en matière de garanties (ESARDA) et l'Institut américain de gestion des matières nucléaires (INMM) ont tenu conjointement, fin août dernier, leur symposium annuel. En raison des contraintes liées à la crise de la Covid-19, le symposium s'est tenu en visioconférence. À l'occasion de la présidence française de l'Association, l'IRSN a apporté sept contributions, dont une co-rédigée avec le comité technique EURATOM et l'Agence fédérale belge de contrôle nucléaire (AFCN). Elles traitent de sujets tels que le développement de logiciels pour la caractérisation des matières nucléaires utilisant des méthodes de pesée, les outils informatiques développés par l'Institut afin de faciliter le suivi des inspections, ou encore la mise en œuvre des régimes d'inspection auprès d'États membres d'EURATOM et de pays extérieurs à l'Union européenne.

Ce symposium aura également vu la signature d'un accord de coopération entre ESARDA et l'AIEA en faveur notamment d'actions liées à la capitalisation de la connaissance.

## IMPACT DE L'ACCORD EURATOM-ROYAUME-UNI SUR LES ÉCHANGES DE MATIÈRES, ÉQUIPEMENTS ET TECHNOLOGIES NUCLÉAIRES

Fin décembre 2020, EURATOM et le Royaume-Uni avaient signé un accord fixant le cadre administratif lié aux futurs échanges de matières nucléaires, d'équipements ou de technologies entre l'Union et la partie britannique. En charge notamment de la transmission des notifications d'import-export de matières nucléaires des exploitants à EURATOM, l'IRSN a pris part le 25 janvier à la réunion de présentation de ce nouvel accord aux industriels du secteur nucléaire. En tant qu'appui technique au Comité technique EURATOM (CTE), l'Institut lui a rendu un avis au mois de février 2021 après avoir analysé les contraintes que cet accord pourrait engendrer sur les échanges dans ce domaine avec le Royaume-Uni.



### PRÉPARATION DE LA 5<sup>E</sup> CONFÉRENCE DE RÉEXAMEN DE LA CIAC

En tant qu'appui technique aux pouvoirs publics français, l'IRSN a proposé, dans le cadre de la révision quinquennale de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques (CIAC), quelques pistes techniques pour renforcer ou rendre plus efficace le régime de vérification de l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques (OIAC). Ces propositions alimenteront, lors de la conférence, la position française, défendue par le Quai d'Orsay en cohérence avec la ligne politique de la France au sein de l'OIAC.

### L'IRSN ACADEMY TIENT SON PREMIER COURS RELATIF À LA NON-PROLIFÉRATION INTÉGRALEMENT À DISTANCE

12 stagiaires sur 11 fuseaux horaires ont participé, du 20 au 30 septembre 2021, au premier cours international de la nouvelle IRSN Academy intitulé « *Implementing nuclear safeguards in practice* ».

BRÈVE



### QUESTIONNAIRE EURATOM RELATIF AU RÈGLEMENT 302/2005

Par son expertise des contrôles internationaux sur les matières nucléaires et son expérience de terrain dans l'accompagnement des inspections menées par EURATOM en France, l'IRSN a contribué, en tant qu'appui technique au Comité technique EURATOM (CTE), à l'élaboration de la réponse des Autorités françaises, attendue le 31 octobre, au questionnaire adressé par la Commission européenne dans le cadre de son projet de révision du règlement européen n° 302/2005 de contrôle des détenteurs de matières nucléaires (uranium, plutonium, thorium) au sein des États membres de l'Union européenne.

BRÈVE

# VISION 360°



La surveillance  
menée par l'IRSN  
au service  
de l'Homme et  
de l'environnement







SURVEILLER  
POUR CONNAÎTRE  
ET ANTICIPER

> page 33

CONNAÎTRE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE  
DE L'ENVIRONNEMENT  
POUR MIEUX LE PROTÉGER

> page 37

La protection des personnes et de l'environnement constitue une mission essentielle de l'IRSN inscrite au décret de création de l'Institut. À ce titre, l'IRSN mène un ensemble d'actions adossées à des moyens adaptés, comme le recueil des données de surveillance environnementale à l'aide de réseaux de télémessure et de prélèvements ou le suivi radiologique des personnes à l'aide de bases de données et d'outils de calcul utilisant l'intelligence artificielle. L'Institut élabore sur cette base des bilans périodiques de l'exposition radiologique de l'ensemble de la population française ou de certaines catégories de celle-ci – travailleurs, patients, enfants... – et met ces documents à disposition du public sur son site web.



Dans un contexte d'utilisation de plus en plus généralisée des rayonnements ionisants à des fins diagnostiques ou thérapeutiques, l'IRSN s'attache à répondre aux attentes toujours fortes de la société dans le domaine de la santé, notamment par le biais d'études et d'expertises relatives à différentes pathologies potentiellement radio-induites, comme les troubles cardiovasculaires, les cataractes ou les cancers. Ces travaux apportent aux pouvoirs publics un éclairage scientifique dans la prise de décisions d'ordre technique, sanitaire ou médical propres à assurer la protection tant des patients que des professionnels de santé.

Enfin, soucieux de faire émerger au sein du public une appropriation de la surveillance radiologique et une culture pratique de la radioprotection, l'IRSN associe le citoyen à des actions de surveillance de son environnement, dans le cadre d'initiatives telles que le Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement. Plus encore, l'implication des acteurs locaux et de la population fait partie des objectifs poursuivis par les études radiologiques de site (ERS). Il s'agit pour l'IRSN de permettre aux citoyens qui le souhaitent de s'impliquer dans le programme d'étude, d'apporter leur concours à sa mise en œuvre et de s'en approprier les concepts, enjeux et résultats.

1,5  
MILLION  
D'EXAMENS  
DIAGNOSTIC

4,1  
MILLIONS DE SÉANCES  
DE RADIOTHÉRAPIE  
PRATIQUÉES CHAQUE  
ANNÉE EN FRANCE





# 387 452

TRAVAILLEURS ONT ÉTÉ SUIVIS  
POUR LEUR EXPOSITION AUX  
RAYONNEMENTS IONISANTS  
DU FAIT DE LEUR ACTIVITÉ EN 2020

PLUS DE **94%**  
DES TRAVAILLEURS SUIVIS  
ONT REÇU UNE DOSE  
ANNUELLE INFÉRIEURE  
À 1 mSv en 2020

DÉPASSEMENT DE LA LIMITE  
ANNUELLE RÉGLEMENTAIRE DE  
**20 mSv**  
POUR SEPT TRAVAILLEURS  
(CINQ EN 2019)

**197 485**  
ANALYSES DE L'EXPOSITION  
INTERNE RÉALISÉES EN ROUTINE

# SURVEILLER POUR CONNAÎTRE ET ANTICIPER

PATIENTS, TRAVAILLEURS, POPULATION GÉNÉRALE... LES ACTIONS DE SURVEILLANCE ASSURÉES PAR L'IRSN VISENT À CONNAÎTRE LEUR EXPOSITION À LA RADIOACTIVITÉ AFIN D'ALERER LES POUVOIRS PUBLICS EN CAS DE SITUATION ANORMALE. CETTE SURVEILLANCE SE TRADUIT PAR LA PUBLICATION PÉRIODIQUE D'EXPERTISES, DONT LES CONCLUSIONS PEUVENT CONTRIBUER, LE CAS ÉCHÉANT, À LA MISE EN ŒUVRE D'ACTIONS VISANT À RÉDUIRE LES SITUATIONS D'EXPOSITION. L'INSTITUT CONTRIBUE AINSI À LA SANTÉ PUBLIQUE.

## L'exposition des travailleurs suivie de près

Depuis 2006, l'IRSN publie chaque année un bilan de la surveillance des expositions professionnelles aux sources artificielles ou naturelles de rayonnements ionisants. Conformément au Code du travail (articles R. 4451-1 et suivants), le bilan concerne l'ensemble des travailleurs suivis dans tous les secteurs, civils et de la défense, mettant en jeu des sources de rayonnements ionisants : activités médicales et vétérinaires, industrie nucléaire ou non, recherche et enseignement, mais aussi les travailleurs susceptibles d'être exposés à la radioactivité naturelle. La surveillance concerne à la fois l'exposition externe et l'exposition interne par inhalation, ingestion ou passage cutané.

Les informations dosimétriques ou les mesures d'exposition sont transmises périodiquement par les laboratoires de dosimétrie accrédités ou par les compagnies aériennes pour ce qui concerne le personnel navigant.

L'ensemble est centralisé et conservé dans le système d'information SISERI dont l'IRSN assure la gestion, à la demande de la Direction générale du travail. Seuls les médecins du travail et les conseillers en radioprotection des entreprises ont accès à toute ou partie des données SISERI des travailleurs dont ils ont la charge. Pour garantir la protection des données enregistrées, l'accès à SISERI est nominatif et est délivré à une personne physique préalablement désignée par l'employeur.

Même si le système a régulièrement évolué pour intégrer les changements réglementaires et tenir compte du retour des utilisateurs, une refonte importante a été engagée en 2021, notamment pour faciliter la saisie et l'accès aux informations, mais aussi pour, à terme, rendre le système interopérable avec les systèmes d'information connexes de l'État ou d'opérateurs privés comme certains laboratoires qui assurent le suivi de l'exposition externe et/ou interne. Le nouveau portail prévoit d'intégrer des fonctionnalités utilisant des outils d'intelligence artificielle comme la détection automatique de doses potentiellement anormales, compte tenu du contexte d'exposition des travailleurs. Le travail de refonte s'appuie sur une forte collaboration avec les utilisateurs, afin de mieux répondre à leur attente : une collaboration animée par l'IRSN Lab, le laboratoire d'innovation de l'Institut.



## Les limites réglementaires de dose

### Des limites d'exception mesurées selon les zones corporelles et l'âge du travailleur.

Les limites annuelles applicables en France (article R. 4451-6 du Code du travail) sont rappelées ci-dessous :

**CORPS ENTIER**  
(dose efficace)

**20 mSv**  
Travailleur

**6 mSv**  
Jeune travailleur (16 à 18 ans)

**EXTRÉMITÉS**  
(dose équivalente)

**500 mSv**  
Travailleur

**150 mSv**  
Jeune travailleur (16 à 18 ans)

**CRISTALLIN**  
(dose équivalente)

**20 mSv**  
Travailleur

**15 mSv**  
Jeune travailleur (16 à 18 ans)



L'IRSN assure l'appui technique et scientifique de la DGT dans le domaine des rayonnements ionisants et notamment de la radioprotection des travailleurs.

Outre les avis techniques émis notamment dans le cadre de la rédaction des textes réglementaires, l'IRSN assure des missions pérennes réglementaires comme la gestion de SISERI, la réalisation du bilan annuel de l'exposition des travailleurs, ou encore l'organisation d'inter comparaisons entre laboratoires accrédités de dosimétrie. Elle répond également à des saisines spécifiques comme celles sur le radon dans les cavités agricoles ou touristiques. Nous avons donc des échanges très réguliers.

La collaboration avec l'IRSN se caractérise par le niveau de son expertise mais également par la qualité de nos relations de travail qui permettent de réelles avancées pour la sécurité des travailleurs comme en témoigne la récente réforme réglementaire réalisée pour améliorer la protection des travailleurs. La richesse de l'expertise de l'IRSN qui couvre l'ensemble des domaines de la radioprotection est un atout important, de même que son positionnement dans les instances internationales qui nous fait bénéficier de l'apport indéniable des comparaisons internationales en matière de radioprotection. Mais au-delà, son principal atout réside dans la compétence, la réactivité et la disponibilité de ses équipes. »

#### Anne AUDIC

Adjointe à la Sous-directrice,  
Sous-direction des conditions de travail,  
de la santé et de la sécurité au travail,  
Direction générale du travail



Service d'imagerie médicale et de radiologie pédiatriques de l'hôpital Armand Trousseau. Laurence LOISEAU, manipulatrice d'électroradiologie médicale, derrière la console du scanner (au premier plan) prépare l'acquisition des images d'un enfant accompagné de son père

### Imagerie médicale et exposition aux rayonnements ionisants

Parmi les catégories de la population exposées à des rayonnements ionisants, l'IRSN analyse périodiquement l'exposition de la population française aux rayonnements ionisants due aux examens d'imagerie médicale diagnostique, conformément aux missions qui lui sont confiées par le code de la santé publique. Ainsi, le dernier rapport ExPRI, publié fin 2020 porte sur l'année 2017 et analyse l'évolution de cette exposition par rapport à 2012.

L'analyse proposée est déclinée par modalité d'imagerie (radiologie conventionnelle, interventionnelle et dentaire, scanner et médecine nucléaire),

par région anatomique explorée, par âge et par sexe. Elle est réalisée à partir des actes extraits d'un échantillon représentatif des bénéficiaires de l'Assurance maladie.

Le dernier rapport conclut à une exposition globalement maîtrisée, grâce à l'amélioration des compétences en radioprotection des professionnels et à celle des dispositifs d'imagerie, mais aussi grâce aux actions de sensibilisation mises en œuvre. Un point de vigilance doit être souligné : il est lié à la problématique des examens récurrents, en général sur des patients suivis pour des pathologies lourdes. La question des éventuels effets radio-induits à long terme doit être considérée.



# 45,4%

DE LA POPULATION FRANÇAISE  
A BÉNÉFICIÉ EN 2017  
D'UN OU PLUSIEURS ACTES  
DIAGNOSTIQUES (43,8 % EN 2012) ;  
32,7 % HORS EXAMENS DENTAIRES



UNE DOSE EFFICACE ANNUELLE  
PAR INDIVIDU GLOBALEMENT  
FAIBLE, STABILISÉE À

# 1,53 mSv

(1,56 mSv EN 2012)

## Les niveaux de référence diagnostiques

Afin de limiter l'exposition des patients aux rayonnements ionisants dans le cadre d'examens à des fins de diagnostic ou des actes interventionnels, des « niveaux de référence diagnostiques » (NRD) ont été établis dans le code de la santé publique pour les actes les plus fréquents et/ou les plus irradiants : examens de radiologie, scintigraphies... Ces NRD sont établis pour des examens standardisés et des patients types et ne doivent pas être dépassés sans justification pour des actes courants. Dans le cadre de sa mission de radioprotection des personnes, l'IRSN a été chargé d'établir ces NRD et de les mettre à jour régulièrement sur la base d'une analyse des évaluations dosimétriques annuelles transmises par les établissements de santé. Afin d'accompagner les professionnels de santé, deux experts spécialisés en physique médicale sont joignables par téléphone et par mail et un site Internet dédié dispense des informations actualisées sur le sujet.

**Le dernier bilan publié au printemps 2020 à partir des données transmises à l'Institut entre 2016 et 2018 indique une baisse des doses de 12 % en scanographie, 7 % en radiologie et 3 % en médecine nucléaire.**

## Des programmes de suivi à visée épidémiologique

Parallèlement à la surveillance radiologique de la population dans son ensemble, l'IRSN poursuit le suivi de certaines cohortes – enfants, praticiens... – à des fins épidémiologiques. Les données acquises alimentent des études menées tant dans un cadre national qu'europpéen.

C'est le cas de la cohorte COCCINELLE, qui porte sur 19 000 enfants ayant fait l'objet avant l'âge de 16 ans d'une procédure de cardiologie interventionnelle destinée à diagnostiquer et traiter une cardiopathie. L'objectif de cette cohorte est d'évaluer le risque de cancer solide et de leucémie associé aux expositions radiologiques au cours de l'enfance, période de sensibilité particulière aux rayonnements ionisants. La cohorte Enfant Scanner, mise en place par l'IRSN en collaboration avec une vingtaine de centres hospitaliers universitaires, est constituée de plus de 100 000 enfants nés après le 1<sup>er</sup> janvier 1995 et ayant été exposés à un premier scanner entre 2000 et 2011. À ce jour, le suivi se poursuit afin de disposer d'une puissance statistique suffisante pour confirmer certains résultats préliminaires suggérant une augmentation du risque de certains cancers associé à la dose.

Depuis plusieurs années, l'IRSN mène également auprès des cardiologues interventionnels une étude, dénommée O'CLOC, du risque de cataracte radio-induite chez cette catégorie de praticiens. L'analyse des résultats obtenus, comparés à ceux d'un groupe témoin de travailleurs non-exposés et comparables tant en termes d'âge que de caractéristiques cliniques, a montré un risque d'opacité sous-capsulaire postérieure près de 4 fois plus élevé parmi les cardiologues interventionnels.

## Exposition de la population française : quel bilan ?

Le bilan de l'exposition de la population française aux rayonnements ionisants publié régulièrement par l'IRSN permet de prendre en compte les expositions liées aux rayonnements ionisants d'origine naturelle (cosmiques et telluriques, radon et ingestion de radionucléides naturels), à l'imagerie médicale, aux retombées atmosphériques des accidents majeurs et des essais d'armes nucléaires ainsi qu'aux rejets de fonctionnement des activités nucléaires autorisées. Cette analyse permet de disposer d'un état des lieux global et d'en mesurer périodiquement l'évolution. Ainsi, le troisième bilan publié par l'IRSN couvre la période 2014-2019.

Il établit que la dose efficace moyenne par habitant reste globalement inchangée, à 4,5 mSv/an, par rapport à la précédente édition, publiée en 2015 pour la période 2008-2013. L'étude montre que les sources principales de cette exposition sont les actes médicaux à visée diagnostique (34 %) et l'exposition au radon (33 %). Viennent ensuite le rayonnement tellurique (14 %), l'incorporation de radionucléides naturels (12 %), le rayonnement cosmique (7 %) et, enfin, l'usage industriel et militaire de la radioactivité essentiellement liée aux anciennes retombées des essais nucléaires atmosphériques et de l'accident de Tchernobyl (< 1 %). Ces valeurs constituent des grandeurs moyennes qui peuvent varier selon le mode de vie de chacun et la localisation géographique.

**Pour permettre à chacun de calculer sa propre exposition à la radioactivité, naturelle et artificielle, l'IRSN a conçu et propose un outil de calcul en ligne.**



LA PAROLE À

*En tant que radiologue spécialisé en imagerie pédiatrique, je suis très impliqué dans le suivi médical des jeunes patients et mon activité clinique diagnostique et interventionnelle m'a naturellement amené à m'investir dans le domaine de la radioprotection des patients. Aussi ma collaboration avec l'IRSN est régulière et concerne des études scientifiques sur l'exposition des enfants aux rayonnements ionisants, l'élaboration de plaquettes d'information, les résultats des rapports ExPRI ou enfin l'évolution des NRD pédiatriques. Ces niveaux de référence*

*diagnostiques sont devenus, pour les actes les plus courants, un outil d'analyse et d'optimisation des pratiques et leur mise à jour permet de mesurer les progrès techniques réalisés par les constructeurs et le travail d'optimisation effectué par les radiologues. Si la diminution des doses délivrées lors d'un examen est un objectif essentiel, elle ne doit en aucun cas nuire aux performances diagnostiques de nos examens. Actuellement, les examens faisant l'objet de NRD sont définis en fonction de la technique mise en jeu et de la zone anatomique. Il est fort probable que les valeurs de NRD de ces examens continueront à évoluer mais la prise en compte de l'indication clinique va devenir indispensable.*

*Enfin, un nouvel indicateur dosimétrique a été introduit grâce aux NRD : la Valeur Guide Diagnostique (VGD). Ces valeurs permettent aux radiologues d'entamer un travail plus exigeant d'optimisation : aujourd'hui uniquement disponibles pour les adultes, elles mériteraient d'être proposées pour les examens pédiatriques. »*

### Pr Hubert DUCOU LE POINTE

Chef du service de radiologie, Hôpital d'Enfants Armand-Trousseau, Paris



Rôle du physicien médical et utilisation des NRD au CHR d'Orléans



## Plus ou moins exposés à chaque source

### Valeur moyenne d'exposition avec la gamme typique de variation

#### 1 DIAGNOSTIC MÉDICAL

1,5 mSv

Gamme de variation : de 0 à 15 mSv

C'est la première source d'exposition artificielle. Elle dépend du type d'examen (radiographie ou scanner), de la zone du corps à ausculter et du nombre d'actes dans l'année. Pour une même personne, l'exposition médicale est très différente d'une année à l'autre.

#### 2 GAZ RADON

1,5 mSv

Gamme de variation : de 0,54 à 3,2 mSv

Le gaz radon émane surtout des roches granitiques et volcaniques. L'exposition varie en fonction des caractéristiques du sol, de l'habitation (matériaux, fondations, ventilation qui facilitent ou non le transfert du gaz) et des modes de vie (fréquence d'aération).

#### 3 RAYONNEMENTS DU SOL

0,63 mSv

Gamme de variation : de 0,36 à 1,1 mSv

Les rayonnements telluriques dépendent de la nature du sol. Par exemple, la présence de granit, riche en éléments radioactifs, augmente la dose efficace. D'autres facteurs font varier l'exposition : temps passé à l'intérieur des bâtiments et matériaux de construction utilisés.

#### 4 EAUX, ALIMENTS ET TABAC

0,55 mSv

Gamme de variation : de 0,4 à 3,1 mSv

Les aliments et les eaux de boisson contiennent naturellement des éléments radioactifs. Cette source d'exposition est plus importante pour un consommateur fréquent de poissons et de crustacés ainsi que pour les fumeurs.

#### 5 RAYONNEMENTS COSMIQUES

0,32 mSv

Gamme de variation : de 0,3 à 1,1 mSv

Les rayonnements cosmiques sont provoqués par les particules en provenance du Soleil et de la galaxie qui bombardent la Terre. Les personnes qui voyagent fréquemment en avion et les habitants de région d'altitude sont davantage concernés.

#### 6 INSTALLATIONS NUCLÉAIRES INDUSTRIELLES ET MILITAIRES

0,012 mSv

Gamme de variation : de 0,0093 à 0,046 mSv

Cette exposition est liée aux retombées des anciens essais d'armes nucléaires et à l'accident de Tchernobyl. Les centrales et les installations nucléaires ont peu d'impact sur l'exposition de la population : cela va de 0,001 mSv/an dans l'environnement proche des sites industriels à 0,0011 mSv/an si l'on considère l'ensemble de la population française.



### Une expertise au service des pouvoirs publics et des instances internationales

En tant qu'appui aux pouvoirs publics sur les questions liées aux rayonnements ionisants, l'IRSN est régulièrement saisi pour mener des expertises sur leurs éventuelles conséquences sur la santé humaine.

Ainsi, l'Institut a récemment rendu un avis relatif à la qualité d'image et la dose délivrée en mammographie numérique. L'expertise réalisée à la demande de la Direction générale de la santé portait sur les installations de mammographie numérique, à la suite du constat par l'Institut national du cancer d'une hétérogénéité des taux de détection des cancers du sein selon les dispositifs utilisés. Si l'analyse n'a pas mis en évidence de différences concernant les systèmes de lecture, elle a cependant pointé une nette disparité des doses moyennes susceptibles d'être délivrées à la glande mammaire, conduisant l'IRSN à recommander de s'interroger sur les performances techniques et cliniques de certains dispositifs. Dans la même démarche, l'IRSN a établi en 2018 un état des lieux du parc français des scanners ainsi qu'une analyse de l'impact de l'année de construction sur les doses délivrées aux patients. L'étude a observé que l'âge moyen de ces scanners au moment du renouvellement est de 6,1 ans, que 83 % des scanners de plus de 10 ans sont implantés dans les établissements publics et que les indices de dose baissent de 20 à 30 % entre les

scanners installés avant 2009 et ceux installés en 2015. Aussi, l'Institut a recommandé de renouveler en priorité les scanners de plus de 10 ans et ceux de plus de 7 ans utilisés en pédiatrie.

Enfin, l'expertise de l'IRSN peut être sollicitée en France comme à l'international dans le cas d'incidents radiologiques ou d'irradiations nécessitant une prise en charge médicale en urgence : par exemple, l'IRSN a été sollicité pour la prise en charge en urgence d'un travailleur sud-américain sévèrement exposé lors de contacts avec des sources radioactives industrielles.

Cette reconnaissance a été formalisée par l'AIEA en 2021 avec la nomination de l'IRSN comme centre de renforcement des capacités de l'AIEA dans le domaine de la gestion médicale des urgences radiologiques et nucléaires (cf. chapitre suivant).







POINTS  
DE  
REPÈRE

# CONNAÎTRE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT POUR MIEUX LE PROTÉGER

TÉLÉRAY :

454

SONDES INSTALLÉES ;  
20 MILLIONS DE MESURES/AN

25

BALISES AUTOMATIQUES DE  
SPECTROMÉTRIE GAMMA  
INSTALLÉES EN 2021 À PROXIMITÉ  
DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

OPERA-AIR : STATIONS  
DE PRÉLÈVEMENTS

2400

PRÉLÈVEMENTS/AN

HYDROTÉLÉRAY :

7

STATIONS DE MESURE  
SPECTROMÉTRIE GAMMA

23

HYDROCOLLECTEURS DE L'IRSN  
ET 6 HYDROCOLLECTEURS  
D'OPÉRATEURS DONT LES  
PRÉLÈVEMENTS SONT TRANSMIS  
À L'IRSN

L'INSTITUT MÈNE UNE VEILLE PERMANENTE DE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT, INDISPENSABLE À LA DÉTECTION DES SITUATIONS ANORMALES. EN COMPLÉMENT DE CETTE SURVEILLANCE, L'IRSN RÉALISE DES ÉTUDES À L'ÉCHELLE RÉGIONALE ET, PLUS RÉCEMMENT, CENTRÉES SUR L'ENVIRONNEMENT PROCHE DES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES. IL EST ÉGALEMENT SOLlicitÉ PAR LES AUTORITÉS POUR DES INTERVENTIONS, PLANIFIÉES OU D'URGENCE, SUR DES SITES POTENTIELLEMENT CONTAMINÉS.

## Un maillage sur tout le territoire...

Afin de connaître la radioactivité dans l'air et de repérer d'éventuelles élévations anormales, l'IRSN effectue une surveillance permanente, grâce à deux réseaux de mesures complémentaires dont il assure la gestion : Téléray et OPERA-Air.

Le réseau Téléray mesure la radioactivité ambiante. Il s'agit d'un outil d'alerte en temps réel pour des événements d'une certaine ampleur. Les mesures sont réalisées grâce à un ensemble de 442 sondes disposées sur tout le territoire, métropole et DROM-COM ainsi qu'à Tokyo et Kiev. Elles transmettent leurs données à la salle de télésurveillance de l'Institut et ces informations sont rendues publiques via le site [www.telera.irsn.fr](http://www.telera.irsn.fr). Complémentaire des dispositifs de surveillance radiologique tenus par les exploitants nucléaires, Téléray a pour vocation de fournir des informations indépendantes sur les niveaux ambiants de radioactivité, au profit des autorités publiques, des élus et de la population.

Le réseau OPERA-Air est constitué de préleveurs d'aérosols fonctionnant en continu. Ils filtrent l'air ambiant et piègent les poussières qui sont ensuite analysées en laboratoire. Ainsi, les prélèvements permettent d'obtenir une mesure précise du niveau de radioactivité fixée sur les aérosols.

À la différence de Téléray, les informations fournies par OPERA-Air permettent de détecter des quantités de radioactivité artificielle faibles, mais leur analyse demande plusieurs jours alors qu'avec Téléray, l'information est connue en temps réel.

Pour assurer la surveillance de la radioactivité dans l'eau, l'IRSN s'appuie sur le réseau Hydrotéléray, qui mesure en continu la radioactivité des principaux fleuves français recevant les effluents des centrales nucléaires, en amont de leur débouché en mer ou de leur sortie du territoire national. De plus, un réseau d'hydrocollecteurs prélève en continu les eaux et les matières en suspension dans les cours d'eaux. Ils

sont situés généralement en aval des installations nucléaires et en bord de mer. Les hydrocollecteurs de l'IRSN sont en outre équipés de bacs de décantation permettant d'analyser les matières en suspension dans l'eau. Enfin, un prélèvement en continu de l'eau de pluie est effectué, avec une analyse mensuelle à proximité des sites nucléaires. À distance de ces sites, l'eau de pluie est collectée et analysée en cas d'événement radiologique.

## ... et sur l'ensemble des milieux

L'IRSN effectue des prélèvements sur l'ensemble du territoire national : eaux, sols, faune et flore tant aquatiques que terrestres et denrées. Ces échantillons font l'objet de mesures concernant les principaux radionucléides artificiels ou naturels présents en France. Dans ce cadre, l'Institut s'appuie sur un « réseau » de préleveurs – opérateurs, collectivités locales, services de l'État et organismes publics – qui transmettent les prélèvements à l'IRSN pour traitement et analyse.

Enfin, l'IRSN réalise une campagne annuelle de prélèvements et d'analyses des denrées alimentaires produites et consommées en Polynésie française, contribuant ainsi à évaluer l'exposition des personnes résidant dans les différents archipels. La stratégie d'échantillonnage retenue permet la détermination de l'exposition des personnes par exposition externe, inhalation et ingestion.





Mesure du rayonnement cosmique réalisée dans le cadre du projet de sciences citoyennes Cosmic on air sur un vol Paris-Séoul avec le kit OpenRadiation connecté à l'application OpenRadiation

#### LA PAROLE À

OpenRadiation est né à la suite de l'accident de Fukushima-Daiichi, avec le développement d'applications grand public sur smartphone pour mesurer la radioactivité.

C'est un projet participatif à but pédagogique, mettant à disposition du public un outil pour mesurer la radioactivité dans l'environnement. Le projet a débuté en 2013 avec IFFO-RME, l'IRSN, PLANÈTE SCIENCES et SORBONNE UNIVERSITÉ, rejoints par l'Anclli. Après le développement du système – base de données, site Internet, application avec dosimètre connecté... – le site a été mis en service fin 2017. Il compte aujourd'hui plus de 300 000 mesures enregistrées réalisées par près de 250 contributeurs. D'autres actions ont été engagées et nous travaillons en particulier à l'utilisation de ces données dans la gestion de crise de l'Institut pour compléter les données de terrain existantes en temps quasi réel. Enfin, les utilisateurs ont participé à la refonte du site et leurs demandes seront intégrées dans la nouvelle version. »

**Jean-François BOTTOLIER-DEPOIS**  
Adjoint au directeur de la santé,  
pôle santé et environnement de l'IRSN

#### LA PAROLE À

La collaboration entre l'IRSN et la DGAL concerne la surveillance radiologique du territoire, dans le cadre du plan de surveillance des radionucléides que nous mettons en œuvre avec l'appui de l'Institut qui réalise des analyses et prélèvements environnementaux, y compris sur les denrées alimentaires. Récemment nous avons sollicité l'expertise de l'Institut au sujet des conditions imposées par la Commission européenne concernant l'importation de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux originaires ou en provenance du Japon à la suite de l'accident survenu sur la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi. L'expertise scientifique et technique de haut niveau de l'IRSN en tant qu'évaluateur des risques sur la chaîne alimentaire est un atout précieux pour nos services. L'Institut est le laboratoire national de référence pour les analyses de radionucléides dans les aliments. Il nous accompagnerait également en cas de crise avec la réalisation de prélèvements pour la surveillance du territoire ou encore la modélisation de la contamination des productions agricoles... »

**Diane CUZZUCOLI**  
Coordination des plans de surveillance  
et de contrôle, Direction générale de  
l'alimentation

## Protéger le personnel des réseaux d'assainissement

Parce qu'ils pouvaient être exposés à des effluents radioactifs déversés par les laboratoires médicaux ou les services de médecine nucléaire des hôpitaux, les travailleurs des réseaux d'assainissement et ceux chargés de l'épandage des boues résultant du traitement des eaux usées bénéficient d'un nouvel outil de calcul – développé et mis en ligne par l'IRSN en 2019 – permettant d'estimer l'impact de ces effluents sur leur santé.

Dénoté CIDRRE, ce modèle numérique est accessible à l'ensemble des acteurs et fournit des estimations de dose aux différents postes de travail.

## Information et transparence

Créé en 2003, le Réseau national de mesure de la radioactivité (RNM) est géré par l'IRSN. Il a pour vocation de centraliser les informations sur l'état radiologique de l'environnement dans toutes ses composantes – air, eau, sol, faune, flore et produits alimentaires – et de les mettre à la disposition de tous. Il regroupe bien évidemment l'IRSN, l'ASN et l'ASND mais aussi les services de l'État, les agences sanitaires, les instituts publics, les industriels du nucléaire, les personnes qualifiées et des associations de protection de l'environnement et des consommateurs. Depuis 2010, l'ensemble des données est accessible sur le site Internet [www.mesure-radioactivite.fr](http://www.mesure-radioactivite.fr). 66 contributeurs (2016) transmettent des mesures de radioactivité de l'environnement au Réseau national. En moyenne, 25 000 mesures sont transmises chaque mois.

## Partenaires

Élément essentiel dans la gestion d'une situation d'urgence nucléaire ou radiologique, l'évaluation des rejets atmosphériques accidentels contribue à une meilleure évaluation des conséquences sur l'environnement et les populations. C'est dans ce cadre que l'IRSN et Météo France mettent en commun leur expertise scientifique et technique : échanges de données météorologiques et radiologiques et de services dans le cadre de la surveillance radiologique de l'environnement ; programmes d'études et de recherche sur les aléas climatiques extrêmes ou les modèles de dispersion atmosphérique ; accueil d'équipements de surveillance radiologique sur différents sites de Météo-France... Ce partenariat a été renouvelé en 2019.



## Une meilleure caractérisation des territoires

Afin de disposer d'un état des lieux de la radioactivité sur le territoire, l'IRSN réalise des études appelées « constats radiologiques régionaux », qui couvrent chacune une partie du territoire français et aboutissent à des documents de référence. Régulièrement actualisés, ces derniers rendent compte du « bruit de fond » radiologique (radioactivité naturelle et rémanence des retombées atmosphériques anciennes comme les essais d'armes nucléaires ou l'accident de Tchernobyl) et de l'influence des rejets des installations nucléaires présentes sur la zone géographique concernée. Ces constats, réalisés en fonction des spécificités de chacune d'entre elles, serviraient de base de comparaison, en cas de rejet accidentel, contribuant ainsi à l'orientation du déploiement d'une surveillance renforcée. Ces études complètent la surveillance régulière de la radioactivité dans l'environnement français dont les résultats sont centralisés par le Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement (RNM).

Après avoir couvert l'ensemble du territoire national avec ces constats régionaux, l'Institut a souhaité approfondir sa connaissance scientifique de l'environnement proche des installations nucléaires en étudiant plus particulièrement l'influence d'une centrale comme celle de Saint-Alban (Isère), première installation à avoir fait l'objet d'une étude radiologique de site, sur son environnement ainsi que l'exposition induite par ses rejets pour la population avoisinante (cf. chapitre suivant).

## Suivre l'état radiologique de l'environnement français

C'est à partir des données de surveillance centralisées par le Réseau national de mesure de la radioactivité dans l'environnement (RNM) que l'Institut publie régulièrement son Bilan de la surveillance radiologique de l'environnement en France. Ce document analyse les résultats des mesures afin de rendre compte, en toute transparence, des niveaux de radioactivité dans l'environnement français, à proximité ou non des installations nucléaires, et d'estimer les expositions de la population. Ce rapport permet ainsi de disposer d'une vision la plus globale possible de l'ensemble des mesures de radioactivité réalisées dans l'environnement par les différents acteurs impliqués. Le dernier rapport a été publié en 2018 et porte sur la période 2015-2017. Les résultats présentés mettent en perspective les données acquises pendant cette période avec celles relatives aux années précédentes.

**300 000**  
MESURES RÉALISÉES ANNUELLEMENT  
EN FRANCE PAR LES SERVICES  
DE L'ÉTAT ET LES ÉTABLISSEMENTS  
PUBLICS, PAR LES EXPLOITANTS  
D'INSTALLATIONS NUCLÉAIRES  
ET D'AUTRES ACTEURS PUBLICS,  
PRIVÉS OU ASSOCIATIFS

## Mieux connaître la présence du radon

Le radon, gaz radioactif d'origine naturelle, représente le tiers de l'exposition moyenne de la population française aux rayonnements ionisants. Il est présent partout à la surface de la planète à des concentrations variables selon les régions. Issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents naturellement dans le sol et les roches, le radon est classé par le Centre international de recherche sur le cancer comme cancérigène certain pour le poumon. Il serait en France la seconde cause de cancer du poumon, après le tabac et devant l'amiante et fait à ce titre l'objet d'une vigilance de la part des pouvoirs publics.

La connaissance des caractéristiques géologiques du territoire rend ainsi possible l'établissement d'une cartographie des zones sur lesquelles la présence de radon à des concentrations élevées dans les bâtiments est la plus probable. Aussi, l'IRSN a élaboré, à la demande de l'ASN, une carte nationale ainsi que des cartes départementales et régionales du potentiel radon dans les formations géologiques. Cette cartographie constitue une base technique pour guider la mise en œuvre d'une politique de gestion du risque lié à ce gaz, car elle permet de cibler les zones dans lesquelles sa présence dans les habitations à des concentrations élevées est la plus probable. À l'échelle communale, elle permet de définir des priorités pour son dépistage.



Dans le cadre de ses missions d'information du grand public, l'IRSN a développé une application, Radon & Radioactivité, qui permet d'estimer le niveau d'exposition aux rayonnements ionisants, d'origine cosmique ou tellurique, lié au radon, à la consommation de denrées alimentaires ou à des actes médicaux. Elle précise aussi, le potentiel de risque lié au radon selon la commune d'habitation. Elle est disponible sur Android et depuis septembre 2021 sur iPhone.

**BRÈVE**

## Les trois étapes d'un constat radiologique

1



### DÉFINITION DE LA MÉTHODOLOGIE

Examen des données existantes

- Données géographiques et radioécologiques
- Localisation des zones de prélèvement
- Niveaux de radioactivité

Stratégie de prélèvement

- Choix des échantillons et lieux de prélèvements complémentaires
- Origines de radionucléides recherchés
- Planning et contacts locaux

2



### PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES

- Campagnes de prélèvements sur site
- Traitement des échantillons
- Métrologie

3



### POINT DE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DU TERRITOIRE ÉTUDIÉ

- Examen des résultats
- Analyse et synthèse des résultats de mesure
- Rédaction et publication de l'étude





# Radioprotection de l'environnement et des personnes

## 26%

DES FRANÇAIS  
CONSIDÈRENT  
LA SANTÉ COMME  
UNE DE LEURS  
PRIORITÉS (SOURCE :  
*BAROMÈTRE IRSN 2021  
DE LA PERCEPTION  
DES RISQUES ET  
DE LA SÉCURITÉ  
PAR LES FRANÇAIS*)

Expert public de la protection de l'environnement et des personnes contre les rayonnements ionisants, l'Institut a poursuivi en 2021 une politique de surveillance environnementale fondée sur l'acquisition en continu de connaissances approfondies de l'état radiologique du territoire français et des zones géographiques qui le composent. Ainsi, en parallèle aux mesures effectuées au plan national, l'Institut a établi en 2021 ses derniers constats radiologiques territoriaux qui ont fait place à la première étude radiologique de site.

Au titre de sa contribution aux grandes politiques publiques qui visent entre autres à encourager une prise en compte globale des enjeux liés à la santé environnementale – comme le 4<sup>e</sup> Plan national santé-environnement –, l'IRSN a mené par ailleurs des études dans des domaines comme la radiotoxicologie humaine et environnementale et en a publié la synthèse, intitulée « *Actualisation des connaissances sur les effets biologiques du tritium* », publiée en 2021. Dans cet esprit, l'Institut a également poursuivi ses actions visant à améliorer la protection du public contre le radon.

Dans le domaine de la santé, l'IRSN a collaboré largement avec de grands partenaires, comme l'IGR au plan national ou l'OMS, la CIPR et l'UNSCEAR à l'international, auxquels il apporte notamment son expertise de la surveillance radiologique.

## 782

ANTHROPORADIOMÉTRIES  
RÉALISÉES POUR  
LE SUIVI DES  
TRAVAILLEURS  
DONT 730 À L'AIDE  
DE MOYENS MOBILES

Enfin, il a renforcé ses échanges avec la société par le biais de séminaires et de tables rondes au cours desquels experts et citoyens peuvent partager de l'information et des questionnements sur de grands dossiers tels que le volet environnemental de la gestion des déchets radioactifs ou les conséquences d'un accident nucléaire sur la santé.





# Radioprotection de l'environnement

## MIEUX CONNAÎTRE L'ÉTAT RADIOLOGIQUE DES TERRITOIRES

L'Institut a publié en septembre 2021 son dernier constat régional – Normandie et Hauts-de-France –, permettant de disposer d'un état radiologique environnemental de référence pour ce territoire. Celui-ci s'inscrit dans la lignée des sept constats réalisés précédemment par l'IRSN sur les diverses régions de France, afin d'enrichir la connaissance des niveaux de radioactivité naturelle et artificielle dans les différentes composantes de l'environnement et d'acquérir de nombreuses données, souvent inédites, à proximité comme à distance des installations nucléaires. En couvrant de larges zones, les constats régionaux ont permis principalement de caractériser le bruit de fond (naturel et anthropique ancien) des régions concernées.

Complémentaire à la surveillance continue de l'environnement à l'échelle nationale, cette démarche, engagée dans le milieu des années 2010 fait désormais place à des études radiologiques de sites. La première d'entre elles a été poursuivie en 2021 et concerne le CNPE de Saint-Alban (Isère). Elle repose sur des moyens permettant de caractériser l'influence des rejets de l'installation sur son environnement. Elle a pour finalités d'améliorer les connaissances relatives à l'incidence d'un site nucléaire sur son environnement, d'estimer de manière plus réaliste l'exposition des populations avoisinantes, de contribuer à l'information des autorités et du public et enfin, d'aider les populations à s'impliquer dans la mesure de la radioactivité environnementale. Une seconde étude a été lancée en 2021 dans l'environnement du site ORANO de Malvési (Aude).



## DES CONNAISSANCES ACTUALISÉES SUR LES EFFETS BIOLOGIQUES DU TRITIUM

L'IRSN a publié en mai 2021 la synthèse de 10 années de recherche en radiotoxicologie humaine et environnementale dans un rapport, intitulé « Actualisation des connaissances sur les effets biologiques du tritium ». Ce document complète des travaux de l'Institut sur le comportement du tritium dans l'environnement (2017) et sur les critères de qualité radiologique appliqués au tritium dans les eaux destinées à la consommation humaine (2020). Il détaille les études expérimentales en radiotoxicologie humaine et environnementale du tritium, menées depuis 2010 par l'IRSN en collaboration avec les Laboratoires nucléaires canadiens (LNC). Les résultats obtenus complètent les connaissances antérieures et sont globalement en phase avec la littérature scientifique. Pour la plupart des paramètres biologiques étudiés, les modifications induites ne sont observées que pour les niveaux d'exposition les plus élevés.

Pour permettre aux acteurs de la société civile d'échanger avec des experts autour de ce rapport, l'Institut a organisé le 8 juillet un séminaire virtuel où ses experts ainsi que ceux de l'ASN, du CEA, des LNC, de SEPIA-Santé et des associations ont pu échanger sur les enjeux actuels liés à la présence de tritium dans l'environnement et ses effets sur la santé. Plus de 300 personnes ont participé à cette rencontre.

## DE NOMBREUX ÉCHANGES ENTRE EXPERTS ET SOCIÉTÉ

Dans le cadre des échanges techniques avec la société au sujet des déchets de haute et moyenne activités à vie longue (HA-MAVL), cinq réunions ont été organisées en 2020 et 2021, plus spécifiquement sur les alternatives au stockage géologique et les colis de déchets. Ces réunions ont permis de répondre à de nombreuses questions soulevées par la société dans l'optique des prochaines expertises de l'IRSN sur le projet Cigéo.

En outre, l'IRSN a participé en janvier 2021 à une table ronde européenne consacrée à l'information et à la participation publique dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, organisée par la Direction générale de l'énergie de la Commission européenne et l'association Nuclear Transparency Watch. L'objectif de cette table ronde était de faire un point sur la mise en œuvre de la Convention d'Aarhus dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs au niveau européen, et en particulier sur la mise en œuvre des dispositions de transparence de la directive relative aux déchets radioactifs, ainsi que sur l'accès du public à la recherche et à l'expertise.

L'Institut a présenté son retour d'expérience du débat public consacré en 2019 au Plan national de gestion des matières et des déchets radioactifs, lors d'une session dédiée à la France et à laquelle participaient l'Association nationale des comités et commissions locales d'information et des représentants du ministère de la Transition écologique.



Dans le cadre des webinaires organisés par l'Alliance européenne en radioécologie, deux matinées ont été dédiées aux doctorants, les 7 et 14 juin 2021, afin de leur donner l'opportunité de partager leurs travaux avec la communauté sur un large champ de sujets : situations d'expositions (post)accidentelles, contaminations des ressources (agricoles, eau...), gestion et remédiation des sites miniers uranifères ; zone d'exclusion de Tchernobyl, mines d'uranium et mer d'Irlande ; bactéries, végétaux, crustacés, insectes, poissons, batraciens et oiseaux. Parmi les 17 présentations provenant de 12 instituts et de 7 pays, l'IRSN était représenté par deux doctorants.

**BRÈVE**





### Mesure du tritium dans la Loire

À l'occasion de la quatrième réunion du Comité de suivi pluraliste de l'étude des concentrations en tritium dans les eaux de la Loire au pont Cessart à Saumur, organisée le 28 juin 2021, l'IRSN a présenté les conclusions de son étude lancée suite à la publication par un réseau de préleveurs citoyens d'une mesure à 310 Bq/L en janvier 2019. Plus de 1 100 prélèvements ont été réalisés et mesurés par l'IRSN entre novembre 2020 et avril 2021, à raison de sept prélèvements quotidiens. Au cours de cette étude, aucune mesure atypique de tritium dans les eaux de la Loire n'a été mise en évidence : les activités volumiques en tritium ont varié entre le seuil de décision (2,5 Bq/L) et environ 60 Bq/L, y compris sur la période de fin novembre à début décembre 2020 où les conditions hydrauliques du fleuve et de rejets des CNPE étaient similaires à celles du 21 janvier 2019.

En outre, cette étude qui a mis en œuvre des modélisations des concentrations en tritium en aval de la centrale de Chinon à partir des mesures de terrain, a permis de mieux caractériser les conditions favorables à la dispersion des rejets entre Chinon et Saumur ainsi que la représentativité des mesures effectuées à la station multi-paramètres de l'exploitant située en aval du CNPE de Chinon.

## Radioprotection des personnes

### EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

L'IRSN a publié en 2021 son bilan annuel de la surveillance des expositions professionnelles aux sources artificielles ou naturelles de rayonnements ionisants pour l'année 2020. À l'inverse des années précédentes, celui-ci indique un suivi qui a porté sur une cohorte en baisse de 1,9 % par rapport à 2019, avec 387 452 travailleurs. Le rapport établit également une baisse de 35 % de la dose collective pour l'ensemble des travailleurs suivis (72,5 H.Sv) et de la dose individuelle moyenne (0,78 mSv). Cette diminution concerne tous les secteurs, elle est majoritairement liée aux conséquences de la crise sanitaire qui a notamment nécessité le report de certains travaux de maintenance dans l'industrie nucléaire et qui est à l'origine de la baisse du trafic aérien. Quant à l'exposition interne, le pourcentage d'analyses positives (0,4 %) est resté relativement stable par rapport à l'année 2019. Parmi les travailleurs surveillés, six ont dépassé la limite réglementaire de 20 mSv/an pour l'exposition externe et un pour l'exposition interne.

L'ensemble des résultats détaillés est présenté sur Internet, accompagné de focus sur des domaines à enjeux de radioprotection comme, par exemple, les chantiers de démantèlement, les personnels navigants ou encore le suivi du cristallin de l'œil des travailleurs dans le domaine médical.

### PRÉVENIR LE RISQUE RADON

Dans le cadre de la prévention du risque radon en milieu professionnel, l'IRSN a engagé en 2021, à la demande de la direction générale du Travail et du ministère de l'Agriculture, une campagne de mesures du radon dans des cavités agricoles : caves à fromages, caves à vins et champignonnières. Compte tenu du peu de données sur les concentrations en radon actuellement disponibles pour ces lieux de travail, l'objectif est de mieux apprécier l'exposition des professionnels y exerçant leur activité. La campagne de mesures réalisée par l'Institut se poursuivra sur plusieurs années afin de collecter un volume significatif de données permettant de mettre éventuellement en évidence des spécificités propres à ce type de lieux souterrains. Les résultats de mesures pourraient alors aider les employeurs à évaluer les risques pour leurs salariés, et le ministère du Travail à mettre en place une politique particulière de prévention du risque.



### **PARTENAIRE DE L'AP-HP POUR LA SURVEILLANCE DE L'EXPOSITION INTERNE DES AGENTS SOIGNANTS,**

l'IRSN a mené une campagne de mesure auprès des personnels potentiellement exposés à une contamination radiologique grâce à des mesures anthroporadiométriques. Pour la première fois, le laboratoire mobile de l'Institut s'est déplacé du 8 au 23 mars 2021 auprès des personnels des établissements de Cochin et de l'hôpital européen Georges-Pompidou. 17 personnels ont bénéficié de cet examen.

**BRÈVE**



### **L'IRSN A TENU, LE 28 JUIN 2021, LA RÉUNION ANNUELLE DE SUIVI DES ACTIVITÉS QU'IL MÈNE EN TANT QUE CENTRE COLLABORATEUR DE L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ.**

Reconduit en 2018 pour un troisième mandat de quatre ans en tant que centre collaborateur, l'IRSN apporte son soutien à l'OMS dans le domaine de la radioprotection et de la santé : expertise technique en situation d'urgence radiologique ou nucléaire, diffusion des connaissances liées aux conséquences de l'exposition au radon, élaboration de documents de référence relatifs à la maîtrise du risque radiologique dans le domaine médical.

**BRÈVE**

### **UNE RÉPONSE EUROPÉENNE À L'EXPOSITION AU RADON ET AUX NORM**

L'IRSN est partenaire du projet RADONORM, lancé fin 2020 par la Commission européenne dans l'objectif d'améliorer la protection de la population face à l'exposition au radon et aux matériaux contenant naturellement des éléments radioactifs, appelés NORM et utilisés ou rejetés dans le cadre de diverses activités industrielles. Piloté par l'Office fédéral allemand pour la radioprotection, le projet RADONORM est une initiative majeure qui regroupe 56 partenaires issus de 22 pays européens. Par ailleurs, l'une des spécificités de ce projet est l'attention particulière accordée à l'aspect sociétal, notamment à la sensibilisation du public et à l'accompagnement des acteurs dans la gestion du risque d'exposition au radon et aux autres NORM. Au sein de ce projet d'une durée de cinq ans, l'IRSN est impliqué dans les activités relatives à la caractérisation des situations d'exposition, aux calculs dosimétriques et aux études épidémiologiques. L'Institut contribue, dans une moindre mesure, aux travaux relatifs aux méthodes de remédiation ainsi qu'à ceux traitant des aspects sociaux et sociétaux liés à cette exposition. La première réunion de suivi du projet a été organisée en visioconférence en septembre 2021. Il a été l'occasion de présenter les travaux au réseau de 90 parties prenantes – industriels, scientifiques – concernées par le projet.



### **DANS LE CADRE DE SON UNIVERSITÉ INTERNE,**

l'IRSN dispense une formation habilitante destinée aux experts amenés à accéder aux données couvertes par le secret médical. Celle-ci porte sur le contexte réglementaire et le cadre de l'habilitation, le cadre juridique, le règlement général sur la protection des données ainsi que sur la cybersécurité. Elle comprend également un cas pratique de mise en situation. Depuis octobre 2020, quatre sessions de formation ont été organisées pour 49 salariés.

**BRÈVE**



### **Fukushima, Tchernobyl : conséquences d'un accident nucléaire sur la santé**

Trois ans après le séminaire intitulé « Radioactivité et santé : où en sommes-nous ? », l'Ancli et l'IRSN ont souhaité, comme ils s'y étaient engagés, réunir à nouveau les différentes parties prenantes, notamment les membres des Commissions locales d'information, les associations et les acteurs de la société civile. L'objectif de ce séminaire de 2021 était de poursuivre les échanges sur la thématique particulière des effets sur la santé des accidents nucléaires et de partager des connaissances sur ce sujet lors de deux rencontres complémentaires organisées en visioconférence le 8 avril ainsi que les 30 septembre et 1<sup>er</sup> octobre. Parmi les thématiques abordées figurent les enseignements issus du suivi des populations des territoires contaminés autour de Tchernobyl, le programme de surveillance sanitaire mis en place par l'Université médicale de Fukushima ou encore les recherches sur la santé en situation post-accidentelle.







# Une expertise reconnue à l'international

## L'APPUI À L'AIEA POUR LES URGENCES RADIOLOGIQUES ET NUCLÉAIRES

À l'occasion de la 65<sup>e</sup> conférence générale de l'AIEA, l'IRSN a été nommé comme centre de renforcement des capacités (Capacity Building Center) de l'AIEA dans le domaine de la gestion médicale et sanitaire des urgences radiologiques et nucléaires. Cette nomination marque la reconnaissance de l'Institut comme partenaire de l'Agence, à laquelle il apporte régulièrement son soutien opérationnel. Ces dernières années, plus de 10 victimes sévèrement exposées lors de contacts avec des sources radioactives industrielles ou lors de surdosages de radiothérapie ont bénéficié de cette offre d'assistance de l'AIEA. L'Institut appuie également l'Agence dans ses actions de formation et de normalisation. Cette reconnaissance consolide la position de l'Institut comme leader dans le domaine de la préparation et de la gestion médicale et sanitaire de ces situations d'urgence.

## UNE PRÉSENCE RENFORCÉE DANS LE DOMAINE DE LA RADIOPROTECTION

Des experts de l'IRSN ont récemment pris des fonctions au sein des deux principaux organismes d'expertise internationaux dans le domaine de la radioprotection.

Ainsi, le chef du service de recherche sur les effets biologiques et sanitaires des rayonnements ionisants à l'IRSN a été nommé à la présidence du Comité 1 (*Radiation Effects*) de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) pour la période 2021-2025 et sept autres experts de l'Institut ont rejoint les rangs des quatre comités de la Commission.

Pour ce qui concerne le Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), la délégation française comprend cette année sept personnes de l'IRSN. Ces nominations marquent la reconnaissance de la compétence des experts de l'Institut au niveau international.





**IRSN**

**OPERATEUR**

**GEMINI**

**9**

# Crise et post-accidentel

Dans le cadre de sa contribution à la maîtrise des risques nucléaires et de leurs conséquences sur les personnes et l'environnement, l'IRSN apporte son appui aux pouvoirs publics en situation d'urgence radiologique ou nucléaire. Au titre de cette mission, il participe au dispositif de veille et d'alerte en cas d'incident ou d'accident impliquant des sources de rayonnements ionisants, active son centre technique de crise (CTC), centralise les résultats des mesures effectuées dans l'environnement et dépêche sur site ses moyens mobiles. Il propose parallèlement aux autorités de sûreté des mesures destinées à assurer la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement, et à rétablir la sécurité des installations.

L'Institut dispose pour cela d'une organisation de crise activable 24h/24 en moins d'une heure et capable de mobiliser, dans tous les domaines concernés par une situation d'urgence, une équipe de 400 experts coordonnée au sein du CTC, implanté sur le site de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) et doté d'une cellule communication. Les membres de l'équipe de crise s'y réunissent pour analyser en temps réel les informations transmises par les exploitants d'installations nucléaires, par Météo France et par le réseau Téléray de mesure en temps réel de la radioactivité de l'air, établir un diagnostic de la situation et le pronostic de son évolution, estimer les rejets ainsi que les conséquences sur les personnes et l'environnement. Le CTC coordonne une cellule mobile en charge, sur le terrain, des mesures dans l'environnement et sur les personnes, les laboratoires fixes de l'Institut, l'appui du réseau de télésurveillance et l'envoi de représentants auprès du préfet concerné et de la cellule interministérielle de crise (CIC).

L'IRSN participe chaque année à des exercices de crise nationaux, dont il contribue à préparer les scénarios, à des exercices internationaux organisés notamment par l'AIEA ainsi qu'à des exercices internes sur des thématiques telles que la malveillance.

7  
EXERCICES  
NATIONAUX DE  
CRISE NUCLÉAIRE  
HORS ACTIVITÉS  
INTÉRESSANT  
LA DÉFENSE



i

### PARTICIPATION DE L'IRSN À UN EXERCICE D'URGENCE ORGANISÉ PAR L'AIEA

Associant 77 États membres et 12 organisations internationales, cet exercice d'urgence du niveau le plus élevé et le plus complexe parmi ceux de l'Agence visait à tester les réponses à un accident simulé à la centrale nucléaire de Barakah, située aux Émirats arabes unis. Il a mis en évidence la nécessité de renforcer continuellement la coopération aux niveaux national et international en matière d'échange rapide d'informations, de diagnostic et de pronostic, d'assistance et de coordination dans l'information du public.

BRÈVE

### L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, LEVIER D'ACCROISSEMENT DES CAPACITÉS D'ANALYSE DOSIMÉTRIQUE EN SITUATION DE CRISE

En situation d'urgence radiologique ou nucléaire, la gestion médicale et sanitaire repose sur l'estimation rapide de la dose individuelle reçue aussi bien dans la phase de tri sur site que dans la phase de diagnostic à l'hôpital. Piloté par l'IRSN dans le cadre du programme ASTRID 2020, financé par l'Agence de l'innovation de défense et opéré par l'Agence nationale de la recherche, le projet d'intelligence artificielle pour la détection des aberrations chromosomiques en dosimétrie biologique (INCREASED) vise à adapter les algorithmes les plus puissants de l'intelligence artificielle à la détection et à la classification automatiques des aberrations chromosomiques révélatrices de l'exposition radiologique des victimes. Le gain de temps et l'augmentation du nombre d'analyses envisagés par cette nouvelle approche sont essentiels à la gestion opérationnelle. D'une durée de trois ans, INCREASED présente un large champ d'applications aussi bien dans le cadre de situations accidentelles, y compris celles résultant d'actes malveillants, que pour le suivi sanitaire de personnes exposées au cours de leur activité professionnelle.

### DÉTECTION DE RADIOACTIVITÉ DANS L'ACIÉRIE LME : L'IRSN ACTIVE SON ORGANISATION DE CRISE

Du 23 au 26 octobre 2021, l'IRSN a créé son centre technique de crise à la suite d'un incident ayant conduit à la détection de radioactivité dans l'aciérie de la société LME située à Trith-Saint-Léger (Nord) où sont fondus des métaux récupérés auprès de différents ferrailleurs. En lien avec la DREAL et la préfecture, l'Institut a dépêché sur place une équipe de 11 personnes afin de confirmer la présence de césium 137 dans l'installation, d'identifier les zones du procédé révélant des traces de radioactivité en vue d'établir des priorités de mesure de l'exposition interne des travailleurs et de caractériser l'environnement du site à la recherche d'une éventuelle contamination. Les contrôles effectués sur deux jours auprès de 98 personnes sur le site de l'aciérie ainsi que les mesures réalisées sur les sols et les végétaux dans l'environnement de celle-ci n'ont révélé aucune contamination interne des personnes ni marquage radiologique de l'environnement.

### CONTRIBUTION DE L'IRSN À L'EXERCICE DE CRISE GOUVERNEMENTAL SECNUC

Cet exercice qui s'est déroulé les 18 et 19 mai 2021 visait à tester la capacité de l'État à assurer la gestion post-accidentelle d'un accident d'ampleur survenant sur un réacteur nucléaire et ayant entraîné des rejets radioactifs dans l'environnement. L'Institut a créé son centre technique de crise, réunissant 45 personnes, et a participé aux différentes structures de la Cellule interministérielle de crise. La première journée de l'exercice était consacrée à la conduite de la crise (éloignement des populations, interdiction de consommation, recommandations alimentaires...), la seconde prenant la forme d'ateliers thématiques destinés à anticiper les questions à traiter dans une logique post-accidentelle (protection des populations, continuité de la vie sociale et économique, continuité de l'approvisionnement électrique, gestion des déchets et communication). Le retour d'expérience effectué par le SGDSN a notamment confirmé, au vu des échanges lors de l'exercice, tout l'intérêt des interactions directes de la direction de crise avec l'IRSN et la nécessité de garantir dans la durée en cas de crise réelle un haut niveau de représentation dans les centres opérationnels.

Cs  
137

### DU CÉSIMUM 137 DANS UN PANACHE DE POUSSIÈRES DÉSSERTIQUES EN PROVENANCE DU SAHARA

La mesure effectuée début février 2021 par l'IRSN montre que la très faible activité en césium 137 des particules transportées a contribué à augmenter insensiblement la concentration de l'air en aérosols, conduisant à des dépôts de l'ordre de 0,1 Bq/m<sup>2</sup> avec un impact négligeable au plan dosimétrique.

BRÈVE



# Fukushima+10

## « ANTICIPATION ET RÉSILIENCE, RÉFLEXIONS DIX ANS APRÈS L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA-DAIICHI »

Tel est le titre du rapport publié en 2021 par l'IRSN à l'occasion des 10 ans de l'accident survenu dans la centrale japonaise. Abordant des thématiques telles que la robustesse des installations et la capacité de réponse des hommes et des organisations à des situations imprévues, la manière d'appréhender les risques associés à la conjonction de dysfonctionnements ou d'événements de très faibles probabilités ou encore la gestion d'une situation post-accidentelle, cet ouvrage vise à apporter un éclairage issu du retour d'expérience de l'accident de Fukushima-Daiichi, tant pour accroître la robustesse des installations nucléaires face à des aléas extrêmes que pour progresser en matière de gestion post-accidentelle.

Le directeur général de l'IRSN, Jean-Christophe NIEL, a présenté cette étude à l'occasion d'une conférence de l'AIEA du 8 au 12 novembre 2021, à Vienne, consacrée au bilan des actions entreprises au niveau international dix ans après l'accident de Fukushima-Daiichi et aux perspectives qui en découlent.

## L'IRSN TIEN UN COLLOQUE SHS AU SUJET DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA-DAIICHI

En écho à la conférence internationale de l'AIEA citée ci-dessus, le colloque organisé par l'IRSN à Montrouge (Hauts-de-Seine) le 24 novembre 2021 a réuni près de 150 experts autour des principaux enseignements tirés des recherches menées par l'Institut dans le domaine des sciences humaines et sociales (SHS) à la suite de l'accident de Fukushima-Daiichi. Intitulé « *Après l'accident nucléaire de Fukushima-Daiichi : s'adapter à l'imprévu* », ce premier colloque organisé par l'Institut dans le domaine des SHS avait pour thème central la capacité des organisations à faire face à des circonstances imprévues, non seulement en situation de crise nucléaire ou radiologique, mais aussi dans le cadre de la prévention des accidents lors de la conception et de l'exploitation d'une installation nucléaire. Il a permis de dégager de grands axes de réflexion sur des sujets tels que les mécanismes conduisant à des « impensés » dans la démonstration de sûreté nucléaire, la notion d'imprévu dans le travail de l'expert ou encore l'enrichissement tiré d'une mise en discussion des résultats de recherches en SHS associant les parties prenantes.

## IL Y A DIX ANS, LA MOBILISATION DES ÉQUIPES DE L'IRSN AU MOMENT DE L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA-DAIICHI

Dès le 11 mars 2011, l'IRSN crée son centre technique de crise à la demande du gouvernement et concentre son action sur deux priorités : contribuer à la protection de la communauté française au Japon et informer, avec son regard d'expert, le public sur les conséquences potentielles de l'accident pour le territoire national.

Dès le début de la crise, l'IRSN dépêche un expert en radioprotection et des moyens de mesure auprès de l'ambassade de France à Tokyo. En mettant les résultats de ses analyses à disposition de ses homologues en Europe, au sein du réseau ETSON des TSO européens, aux États-Unis, à l'AIEA et naturellement au Japon, l'Institut contribue à une gestion transparente de cette crise nucléaire majeure. Au moyen de mesures dosimétriques sophistiquées, il peut informer les Français de retour du Japon du faible niveau de risque auquel ils ont été exposés.

En France, il met en alerte ses réseaux de surveillance de la radioactivité ambiante sur tout le territoire afin d'informer le public qui a encore le souvenir de l'accident de la centrale de Tchernobyl, en 1986. Au total, ce sont plus de 150 experts et techniciens qui seront mobilisés par le dispositif de crise de l'Institut, y compris dans le domaine de la communication, sur plusieurs semaines. À cette occasion, le site Internet de l'IRSN sera adapté à une diffusion aussi large que possible des informations et analyses disponibles et deviendra, avec parfois plus de 600 000 consultations quotidiennes, un instrument majeur d'information du public.







# Transformation, ouverture à la société et RSE

En 2021, dans le contexte de la crise sanitaire de la Covid-19, l'IRSN a poursuivi la mise en œuvre de la feuille de route tracée dans son document *Ambitions & stratégie 2030* afin de répondre aux enjeux de l'avenir en termes d'attentes sociétales, d'évolution du paysage énergétique, de développement des technologies et installations nucléaires, d'utilisation des rayonnements ionisants en médecine, etc. L'Institut a engagé ou poursuivi différentes actions destinées à adapter sa gouvernance aux priorités de ses tutelles, de ses interlocuteurs institutionnels et de la collectivité.

Il a engagé la révision de sa charte d'éthique et de déontologie et renouvelé la composition du comité chargé d'éclairer ses instances de direction dans ce domaine. Souhaitant poursuivre sa mission de partage des connaissances et les compétences de ses experts par la formation et le tutorat, l'Institut a créé IRSN Academy. En tirant parti de l'expérience précieuse d'ENSTTI dont les activités de formation et tutorat ont cessé en 2020, l'IRSN Academy va continuer à promouvoir les connaissances de l'Institut sur ces thématiques d'excellence.

Les engagements RSE de l'Institut se sont déclinés à travers plusieurs actions ponctuelles de temps forts comme la semaine de la mobilité ou celle du développement durable.

Enfin, la démarche d'ouverture à la société et de transparence ainsi que les actions mises en œuvre par l'Institut ont été présentées et valorisées auprès des homologues européens de l'IRSN qui a renforcé ses échanges avec les parties prenantes comme Greenpeace. Et comme chaque année, l'IRSN a interrogé les Français au sujet de leur perception des risques et de la sécurité afin d'en appréhender l'évolution dans le temps et de mieux répondre à leurs préoccupations dans le domaine des risques radiologiques et nucléaires.



# Un institut responsable

## LE RAPPORT 2020-2021 DE LA COMMISSION D'ÉTHIQUE ET DE DÉONTOLOGIE

Indépendante de l'IRSN, la commission d'éthique et de déontologie (CED) est composée de sept membres qui, sous la présidence de Françoise Roure, contribuent à la gouvernance de l'Institut en apportant leur éclairage sur les questions d'éthique et de déontologie, qu'il s'agisse de recherche, d'expertise, d'interactions avec le tissu industriel ou de relations avec la société. Dans son rapport d'activité pour la période 2020-2021, la CED explicite les quatre avis rendus entre début 2020 et mi-2021 et fait plus largement état de ses travaux et sujets traités au cours des réunions qu'elle a tenues sur la période concernée.

## LA STRATÉGIE RSE SE DÉPLOIE

Dans un monde qui se transforme, en lien avec des attentes sociétales et des enjeux environnementaux majeurs, l'IRSN déploie sa politique de responsabilité sociétale sur un large spectre d'actions : activités scientifiques et techniques, modes de gestion ou pratiques quotidiennes. Cette dynamique s'appuie sur une gouvernance dédiée mise en place en interne, impliquant les salariés de l'Institut, et en externe, avec une place réservée aux échanges avec d'autres parties prenantes, tout particulièrement les ministères, les établissements publics pour partager les expériences. L'Institut contribue ainsi à la dynamique portée par l'Agenda 2030 de la France pour l'atteinte des 17 objectifs du développement durable fixés par les États membres de l'ONU.

# Gestion du capital humain

## RENOUVELLEMENT DES EFFECTIFS : PREMIER BILAN

La signature de l'accord relatif au renouvellement et à la transmission des compétences de mars 2020 traduit la volonté de l'IRSN de maîtriser l'évolution de sa masse salariale. Le premier bilan de l'ensemble des dispositions de cet accord est positif : pendant la période d'adhésion d'avril 2020 à juin 2021, 121 salariés ont adhéré au dispositif de départ en retraite sur les 222 éligibles, soit un taux d'adhésion de 54,5 %, supérieur au taux moyen constaté sur ce type de dispositif. D'autre part, l'Institut a recruté 37,4 % de jeunes de 30 ans et moins, et 56,9 % de moins de 35 ans en 2020. Enfin, les économies attendues sont en cohérence avec les simulations réalisées au lancement du dispositif.

## Une année très active pour le comité social et économique

Dans le contexte de la pandémie de Covid-19, le comité social et économique (CSE) de l'IRSN s'est réuni 14 fois en 2021, reprenant en cours d'année, lorsque c'était possible, ses réunions plénières en présentiel, conditions plus propices au dialogue social. Le CSE s'est prononcé sur de nombreux sujets récurrents (budget, politique sociale, orientations stratégiques, formation...) ainsi que sur des projets au cœur des préoccupations des salariés (projet DESIR, IRSN Academy, recours à des organisations de travail exceptionnelles...). Outre les sujets liés à l'hygiène, la sécurité et les conditions de travail dans le contexte sanitaire de la pandémie, il a suivi tout particulièrement la gestion de la situation de l'emploi liée au sureffectif de 2020.



## LE PROGRAMME DE TRANSFORMATION MANAGÉRIALE SE POURSUIT

L'année 2021 a marqué une forte avancée dans la culture de transformation managériale : un mouvement général d'évolution se concrétisant tant au niveau de la gouvernance qu'au niveau des managers de proximité. Ainsi 33 groupes de managers ont travaillé ensemble pour développer des expérimentations visant à rendre plus fluide et plus simple le fonctionnement de leurs unités. Une bonne partie des expériences menées sont analysées au sein d'une *task force* « simplification », en vue d'un déploiement rapide à l'échelle de l'Institut.

Ainsi, à l'occasion du renouvellement de certains mandats hiérarchiques, une nouvelle approche a été testée pour instruire certaines candidatures à des postes ouverts en 2021. L'objectif était de favoriser l'émergence de nouvelles candidatures, d'élargir l'instance d'évaluation des candidats hors du périmètre technique des postes considérés, de promouvoir une décision plus collégiale. Par ailleurs, le laboratoire d'innovation de l'Institut (IRSN Lab) a contribué à la redéfinition du rôle des instances de gouvernance de l'Institut (comité exécutif et comité de direction) pour plus d'efficacité dans leur fonctionnement, la prise et la mise en œuvre de décisions.

# Formation et capitalisation des connaissances

## DE L'ENSTTI À L'IRSN ACADEMY

Reprenant en 2021 les activités commerciales de formation gérées jusqu'à fin 2020 par le GEIE ENSTTI, l'IRSN entend poursuivre, sous la marque IRSN Academy, la valorisation de son capital de connaissances et les compétences de ses experts, dans l'objectif de faire progresser la sûreté et la radioprotection en France et dans le monde.

Les formations dispensées, en France depuis septembre 2021 ont permis de former 124 personnes au cours de 13 sessions, destinées principalement aux professionnels en charge de la prévention, du contrôle ou de la maîtrise des risques. IRSN Academy a par ailleurs obtenu en décembre 2021 la certification QUALIOP1, preuve de la maîtrise de ses compétences dans l'organisation et la gestion des formations professionnelles.

## L'IRSN RENFORCE LE PARTAGE DES CONNAISSANCES

Favoriser le partage des connaissances et la collaboration entre des personnes qui pratiquent le même métier (assistante, manager...), les mêmes missions (qualité...) ou partagent des intérêts communs (RSE...), tel est l'objectif du programme de communautés de pratiques de l'IRSN, dont 8 ont été lancées en 2021 et 8 autres sont en préparation. Parallèlement, l'augmentation du nombre de documents accessibles (> 500 000) avec le moteur de recherche interne et la mise en place d'une nouvelle plateforme de veille collaborative ont amélioré l'accès et le partage des informations et des connaissances, permettant aux salariés d'utiliser au quotidien, dans le cadre de leurs activités, le large patrimoine de savoir et de savoir-faire acquis par les experts de l'Institut au fil des ans.

# Numérique et innovation

## L'IRSN PUBLIE SA STRATÉGIE NUMÉRIQUE

Dans un contexte de développement continu des technologies numériques, de leurs performances et de leur contribution essentielle à l'accomplissement de ses missions, l'IRSN a publié en janvier 2021 sa stratégie en la matière. Celle-ci vise à soutenir l'évolution de l'Institut dans différents domaines (besoins métiers, interopérabilité avec ses grands partenaires, valorisation des données, communication et information digitales, management des connaissances, dématérialisation des processus, sobriété numérique...). Elle a également pour objectif de faire évoluer l'environnement de travail de ses collaborateurs et de les accompagner dans leur montée en compétences numérique.

## L'INSTITUT MET EN ŒUVRE SA STRATÉGIE DE VALORISATION DES DONNÉES

Plusieurs chantiers ont été menés en 2021 pour structurer la gestion des données de l'IRSN, selon les principes « FAIR : Facile à trouver, Accessible, Interopérable et Réutilisable » et réaliser de premiers projets de valorisation : catalogage des données de l'Institut, définition de référentiels, mise en place d'une plateforme d'accès et d'analyse des données de l'Institut. Ils s'accompagnent d'actions d'acculturation et de formation des collaborateurs à la datascience.

## L'IRSN LAB DÉVELOPPE SON CHAMP D'ACTION

Créé afin d'expérimenter de nouvelles méthodes de recherche de solutions à des enjeux organisationnels, scientifiques et techniques ou sociétaux, l'IRSN Lab a poursuivi son action en 2021 pour accompagner des projets externes et internes aussi divers que la plateforme SISERI, le design des bagues dosimètres et de Dosiris, la stratégie éditoriale de l'IRSN, l'organisation de la cellule santé du centre de crise ou celle de l'unité dispatching ou encore la remontée des dysfonctionnements du système qualité. Il a également aidé des équipes à préciser leurs besoins en amont ou au lancement de prestations grâce à des méthodes centrées sur les utilisateurs et contribué à la mise en œuvre de la construction collective sur des sujets métiers comme l'élaboration de feuilles de route R&D dans les domaines environnemental, médical et sanitaire ou la projection de l'évolution des métiers de l'expertise en sûreté.

- 60 projets accompagnés
- 100 sessions
- 500 contributeurs

# 44 703

NOMBRE D'HEURES  
DE FORMATION DISPENSÉES  
POUR LE MAINTIEN  
DES COMPÉTENCES



# Une communication engagée et plus incarnée

## CAPTER L'INTÉRÊT DU PUBLIC

La direction de la communication a affiné sa ligne éditoriale en 2021 pour rendre encore plus accessible ses activités de recherche et d'expertise à tous les publics.

## UNE COMMUNICATION PLUS CIBLÉE AVEC :

- La création de nouveaux formats numériques : des podcasts enrichissent les contenus de notre magazine *Repères* et des vidéos décryptage « 4 minutes pour comprendre ».

Un même objectif : aller vers nos publics, donner à mieux comprendre des sujets techniques, scientifiques et mieux utiliser les réseaux sociaux.

- Le développement d'outils digitaux pour le grand public tels que l'application « Radon et radioactivité ». Elle permet d'estimer le niveau d'exposition individuel à la radioactivité d'origine naturelle en quelques clics et de calculer le potentiel radon de sa commune.

- L'incarnation de notre communication scientifique par des portraits de chercheurs, la valorisation du concours « 3 minutes pour une thèse » et le partenariat de contenus avec le magazine *Pour la science* afin de publier des articles de fond sur des projets de recherche de l'IRSN.

- La participation active de l'IRSN à la Fête de la science organisée par le ministère de l'Enseignement supérieur de la recherche et de l'innovation alliant des rencontres avec le public jeune et des expositions thématiques dans plusieurs villes.

En interne, un nouvel intranet a été lancé : projet miroir de la transformation de l'Institut, co-construit avec et pour les collaborateurs, *MyIrsn* fait la part belle à l'information et favorise le partage d'actualités ; les communautés créées dans cet intranet permettent d'animer et de fédérer les collaborateurs sur des sujets communs.

# Ouverture à la société

## UNE DÉMARCHE VALORISÉE À L'ÉCHELLE DE L'EUROPE

Le forum EUROSAFE qui s'est tenu à Montrouge du 22 au 23 novembre 2021 a été l'occasion de valoriser les actions d'ouverture à la société développées par l'IRSN et d'engager les échanges avec les membres d'ETSON sur la question, pour un TSO, d'ouvrir son expertise et sa recherche à la société. Les discussions étaient facilitées par la mise en place d'un espace d'échanges qui a permis d'engager les discussions autour de différentes initiatives menées par l'IRSN : présentation de la Charte d'ouverture à la société ; développement du dialogue avec la société civile et de la prise en compte de ses préoccupations, à travers trois démarches emblématiques — le 4<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs 900 MWe, le stockage des déchets HA-MAVL et le projet collaboratif OpenRadiation de mesure de la radioactivité ambiante par le public —. Ces échanges augurent la possibilité d'approfondir les interactions avec certains TSO, tels que BelV, BfS et CSN.

La table ronde organisée sur le rôle de la société dans la sûreté et la radioprotection a permis au Directeur de l'Anclli de témoigner des attentes et apports de la société dans ce type de dialogues techniques. Il a insisté notamment sur les conditions nécessaires pour qu'elle puisse « exercer son rôle de vigilance citoyenne pour contribuer à la sûreté » et mis en avant l'importance d'instaurer des lieux de dialogue continu dans le temps.

## DES ÉCHANGES RÉGULIERS AVEC LES PARTIES PRENANTES

Dans le cadre de sa politique d'ouverture à la société, les équipes de l'Institut rencontrent régulièrement celles d'associations ou d'organisations non gouvernementales afin de mieux connaître leurs attentes. Cela a été le cas en 2021 avec France Nature Environnement, Greenpeace et la Fondation pour la Nature et l'Homme.

À l'occasion d'une réunion organisée le 21 juin 2021 entre ses experts et les « Radiation Protection Advisers » (RPA) de Greenpeace, les membres de ce réseau international d'experts et l'IRSN ont présenté leurs organisations, méthodes et moyens de mesures respectifs en cas de crise. Les discussions ont principalement porté sur le besoin d'échanges permettant de tester les organisations et sur l'importance de la transparence concernant les informations disponibles en cas de crise.



## Baromètre IRSN 2021 : les principales tendances

Fondée sur une enquête menée par Internet du 17 au 25 novembre 2020, l'édition 2021 du *Baromètre IRSN sur la perception des risques et de la sécurité par les Français* publiée le 26 mai fait apparaître des évolutions dans les préoccupations des Français : au premier rang se trouve la santé avec 26 %, suivie du terrorisme (19 %) et du dérèglement climatique (15 %), tandis que « La grande pauvreté et l'exclusion », première préoccupation dans l'édition 2020, passe en quatrième place. Les situations à risque perçues comme les plus élevées sont le terrorisme (76 %), le cancer (73 %), les pandémies (71 %) et les pesticides (70 %). Par ailleurs, les inondations et la canicule s'installent comme des sujets de préoccupation importants.

Concernant le nucléaire, 53 % des personnes interrogées considèrent que la construction des centrales a été une bonne chose et 18 % le contraire. Si les Français sont plutôt défavorables à la poursuite du nucléaire à long terme, avec 45 % d'entre eux opposés à la construction de nouvelles centrales, le positionnement est partagé quant à la sortie immédiate du nucléaire. Enfin, le CNRS, l'ASN et l'IRSN sont perçus, comme lors de la précédente édition, comme les plus compétents et les plus crédibles parmi les acteurs du nucléaire.



# La RSE, vecteur de transformation

Si le déploiement de la politique RSE à l'IRSN s'est traduit en 2020 par la mise en place d'une gouvernance dédiée avec la création d'une « délégation à la RSE » et d'un « conseil RSE » composé d'une cinquantaine de salariés volontaires et d'un Cercle RSE des directeurs, l'année 2021 a été marquée par la finalisation de la feuille de route RSE 2021-2023, déclinant notamment des dynamiques de transformation engagées. En interne, des démarches ont porté sur l'économie circulaire, le volet social de la RSE, la démarche Dépensons responsable, la sobriété numérique, la biodiversité...

À l'externe, l'IRSN est activement impliqué dans les dispositifs gouvernementaux dédiés au développement durable : dans le cadre du Club développement durable des établissements et entreprises publics et de sa nouvelle feuille de route 2021-2025, l'organisation d'un atelier *Fresque du climat* (cf. axe 2 de l'encadré ci-contre) et une visite de l'Institut pour l'ensemble des membres du Club ont été retenues. Parallèlement, une première synthèse des actions de l'Institut relevant des thématiques suivies par le dispositif Services publics écoresponsables (SPE) a été transmise en juillet 2020 et intégrée au bilan global du ministère de la Transition écologique pour l'ensemble de ses directions et des établissements sous sa tutelle.



## DES ACTIONS POUR DÉPLOYER NOS ENGAGEMENTS

« Vous avez dit responsabilité sociale ? »

**une semaine dédiée au volet social de la RSE**

**Axe 1. Un Institut engagé pour la protection de tous**

Organisation en avril 2021 de la première édition de la semaine « Vous avez dit responsabilité sociale ? » avec des tables rondes sur les thématiques du handicap, du retour au travail après une longue maladie, des liens possibles avec des associations de proximité.

## Fresque du climat

**Axe 2. Une mission et des actions en faveur de l'environnement**

Lancement d'une démarche Fresque du climat à l'attention des salariés pour participer ou devenir animateur de l'atelier. Basée sur les constats du GIEC, cette initiative collaborative a déjà réuni plus de 200 000 personnes dans le monde et permis une large sensibilisation autour des liens de cause à effet contribuant aux changements climatiques. Après une première fresque organisée pour le comité de direction, plusieurs sessions sont prévues pour les salariés.

## Une approche responsable des dépenses de fonctionnement

**Axe 3. Une exigence d'excellence et de responsabilité**

La démarche Dépensons responsable a pour objectif de réduire les coûts de fonctionnement de l'Institut et de privilégier des choix durables et responsables. Les actions identifiées, notamment sur la base de propositions des salariés de l'IRSN, des champs aussi divers que la téléphonie, les déplacements professionnels, la consommation énergétique des bâtiments ou encore les abonnements aux revues scientifiques, seront déployées jusqu'en 2023. En 2021, on peut retenir la mise en œuvre d'une nouvelle politique de gestion des objets promotionnels et la réduction des abonnements à des revues et publications scientifiques en privilégiant notamment des offres digitales multi-utilisateurs.

## Économie circulaire et solidaire : premiers jalons

**Axe 4. Une implication active dans les évolutions de la société**

Mise en place d'un sondage interne et de travaux en ateliers pour identifier les premiers éléments d'engagement dans une démarche d'économie circulaire et solidaire. Quatre thématiques ont été identifiées comme prioritaires : partage et dons, achats, numérique, déchets et fin du cycle de vie ; la plateforme d'échanges IRSN « Océane » a été élargie pour ajouter aux échanges d'équipements scientifiques et techniques le mobilier et les équipements bureautiques. Une communauté de pratique a également été ouverte pour favoriser les échanges entre les salariés. Un premier don de caisses de transport grand format a pu trouver preneur dans le cadre d'une annonce publiée sur la plateforme dédiée de l'État.

- Près de 5 000 visionnages des pages d'accès aux rediffusions des tables rondes de la Semaine européenne du développement durable 2021
- 2 communautés de pratiques : RSE et économie circulaire
- 31 % d'espace libéré sur le répertoire « U » à l'usage de chaque salarié dans le cadre de la campagne de sobriété numérique et de nettoyage 2021
- Une quinzaine de salariés IRSN formés à l'animation de fresques du climat

# Gouvernance



## CONSEIL D'ADMINISTRATION AU 1<sup>ER</sup> FÉVRIER 2022

### Missions

Le conseil d'administration règle, par ses délibérations, les affaires de gouvernance de l'IRSN. Il délibère, notamment, sur les conditions générales d'organisation et de fonctionnement de l'Institut, sa stratégie et ses programmes ainsi que sur son rapport annuel. Il approuve également le budget, les budgets rectificatifs, les comptes de chaque exercice et l'affectation des résultats.

### UNE DÉPUTÉE

**Perrine GOULET**, députée de la Nièvre

### UN SÉNATEUR

**Stéphane PIEDNOIR**, sénateur de Maine-et-Loire

### DIX REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

**Christian DUGUÉ**, inspecteur pour la sécurité nucléaire de la Direction générale de l'armement, représentant le ministre des Armées

**Benoît BETTINELLI**, chef de la mission sûreté nucléaire et radioprotection du Service des risques technologiques, représentant du ministre chargé de l'Environnement

**Joëlle CARMES**, sous-directrice de la prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation à la Direction générale de la Santé, représentant le ministre chargé de la Santé

**Guillaume BOUYT**, sous-directeur de l'industrie nucléaire à la Direction générale de l'Énergie et du climat, représentant le ministre chargé de l'Énergie

**Frédéric RAVEL**, directeur scientifique du secteur énergie, développement durable, chimie et procédés à la Direction générale pour la Recherche et l'Innovation, représentant le ministre chargé de la Recherche

**Bruno BERTHET**, chef du bureau d'analyse et de gestion des risques à la Direction générale de la Sécurité civile et de la Gestion des crises, représentant le ministre chargé de la Sécurité civile

**Anne AUDIC**, adjointe à la sous-directrice "conditions de travail, santé et sécurité", DGT, représentant le ministre chargé du Travail

**Alicia SAOUDI**, cheffe du bureau de l'énergie, des participations, de l'industrie et de l'innovation à la Direction du budget, représentant le ministre chargé du Budget

**François BUGAUT**, délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense

**Bernard DOROSZCZUK**, président de l'Autorité de sûreté nucléaire

### CINQ PERSONNALITÉS QUALIFIÉES

**Patrick DUFOUR**, contrôleur général des Armées en mission extraordinaire, sur proposition du ministre chargé des Armées

**Ginette VASTEL**, docteure d'État en pharmacologie, sur proposition du ministre chargé de l'Environnement

**Marie-France BELLIN**, présidente du conseil d'administration de l'IRSN, professeure des universités, praticien hospitalier dans le service de radiologie diagnostique et interventionnelle des hôpitaux Bicêtre-Paul-Brousse, sur proposition du ministre chargé de la Santé

**Laurent MOCHÉ**, directeur général d'Edenkia, sur proposition du ministre chargé de l'Énergie

**Fanny FARGET**, directrice de recherche scientifique au Centre national de la recherche scientifique (CNRS), sur proposition du ministre chargé de la Recherche

### HUIT REPRÉSENTANTS DU PERSONNEL

**Nicolas BRISSON**, CGT

**Laurence FRANÇOIS**, CFE-CGC

**Léna LEBRETON**, CGT

**Patrick LEJUSTE**, CGT

**Annie CONSTANT**, CFDT

**Thierry FLEURY**, CFDT

**David BOIREL**, CFE-CGC

**Sandrine ROCH-LEFÈVRE**, CFE-CGC

### PERSONNALITÉS PRÉSENTES DE DROIT OU ASSOCIÉES

**Cédric BOURILLET**, directeur général de la prévention des risques et commissaire du Gouvernement

**Jean-Pascal CODINE**, contrôleur budgétaire

**Jean-Christophe NIEL**, directeur général

**Louis-Michel GUILLAUME**, directeur général adjoint, délégué pour les missions relevant de la Défense

**Isabelle FLORY**, agent comptable

**Cédric GOMEZ**, secrétaire du comité social et économique



## COMITÉ D'ORIENTATION AUPRÈS DE LA DIRECTION DE L'EXPERTISE NUCLÉAIRE DE DÉFENSE (CODEND)

AU 1<sup>ER</sup> FÉVRIER 2022

### Missions

Le comité d'orientation examine le programme d'activité de la Direction de l'expertise nucléaire de défense (DEND) de l'Institut, avant qu'il ne soit soumis à son conseil d'administration.

Il est consulté sur tout projet de délibération du conseil d'administration ayant pour objet spécifique l'organisation ou le fonctionnement de cette direction, et formule auprès de celui-ci toute recommandation relative à ses activités.

**François BUGAUT**, président du CODEND, délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense

**Thierry BURKHARD**, général d'armée, Chef d'État-Major des Armées. Représenté par le Général de brigade aérienne Nicolas LEVERRIER

**Joël BARRE**, ingénieur général de l'armement, délégué général pour l'armement. Représenté par l'ingénieur général de l'armement Christian DUGUE

**Isabelle SAURAT**, contrôleur général, secrétaire général pour l'administration du ministère des Armées. Représentée par le colonel Franck MOLLARD

**Marc VERAN**, vice-amiral, inspecteur des armements nucléaires

**Mélanie JODER**, directrice du Budget du ministère de l'Économie et des Finances et de la Relance. Représentée par Alicia SAOUDI

**Philippe BERTOUX**, directeur des affaires stratégiques, de sécurité et du désarmement du ministère de l'Europe et des Affaires étrangères. Représenté par François COTTEL

**Marie-Anne BARBAT LAYANI**, haut fonctionnaire de défense et de sécurité du ministre de l'Économie, des Finances et de la Relance. Représentée par Christian DUFOR

**Émilie PIETTE**, haut fonctionnaire de défense et de sécurité du ministre de la Transition écologique. Représentée par Mario PAIN

**Serge POULARD**, personne qualifiée



## CONSEIL SCIENTIFIQUE AU 1<sup>ER</sup> FÉVRIER 2022

### Missions

Le conseil scientifique examine, pour avis, les programmes d'activité de l'IRSN et s'assure de la qualité et de la pertinence scientifiques de ses programmes de recherche. Il évalue leurs résultats et peut ainsi formuler des recommandations sur l'orientation des activités de l'Institut. Il peut être consulté par le président du conseil d'administration ou par les ministres de tutelle sur toute recherche dans les domaines de compétence de rétablissement.

**Robert BAROUKI**, professeur de biochimie à l'Université de Paris, directeur de l'unité Inserm T3S « Toxicité Environnementale, Cibles Thérapeutiques, Signalisation Cellulaire et Biomarqueurs », chef de service de biochimie métabolomique et protéomique à l'Hôpital Necker Enfants Malades ; Président du Conseil scientifique

**Jean-Christophe AMABILE**, médecin chef des services, professeur agrégé du Val-de-Grâce, directeur du service de protection radiologique des armées

**Christine ARGILLIER**, directrice de recherche et directrice scientifique adjointe du département AQUA de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

**Bernard BONIN**, conseiller scientifique auprès de la Direction des énergies du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

**Alain KAUFMANN**, directeur du Colaboratoire, unité de recherche-action, collaborative et participative de l'Université de Lausanne (Suisse)

**Louis LAURENT**, directeur des études et recherches à l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles

**Elsa MERLE**, professeur des Universités à l'École d'ingénieurs Phelma de l'Institut Polytechnique de Grenoble

**Michèle SEBAG**, directrice de recherche au Centre national de la recherche scientifique, Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique de l'Université Paris Saclay

**Pierre TOULHOAT**, président du pôle environnement et changement climatique de l'Académie des technologies

**Marc VERWERFT**, chef de groupe matériaux combustibles nucléaires au Studiecentrum voor Kernenergie/Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire, Fondation d'utilité publique, SCK CEN (Belgique)

**Denis VEYNANTE**, directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique, laboratoire énergétique moléculaire et macroscopique, combustion de CentraleSupélec, directeur-adjoint de la direction des données ouvertes de la recherche du Centre national de la recherche scientifique







## COMMISSION D'ÉTHIQUE ET DE DÉONTOLOGIE AU 1<sup>ER</sup> FÉVRIER 2022

### Missions

La commission d'éthique et de déontologie est une instance prévue par le décret d'organisation de l'IRSN. Placée auprès du conseil d'administration, elle est chargée de le conseiller pour la rédaction des chartes de déontologie applicables aux différentes activités de l'établissement et de suivre leur application, pour ce qui concerne, notamment, les conditions dans lesquelles est assurée, au sein de l'établissement, la séparation entre les missions d'expertise réalisées au bénéfice des services de l'État et celles réalisées pour le compte des exploitants publics ou privés. Elle a aussi une mission de médiation dans l'éventualité de difficultés d'ordre déontologique.

**Françoise ROURE**, présidente de la commission depuis avril 2018. Inspectrice générale, présidente de la section « Sécurité, sûreté et risques » du Conseil général de l'économie, de l'industrie, de l'énergie et des technologies » et membre du Comité de l'inspection, docteur de troisième cycle et docteur d'État ès Sciences économiques, discipline « Économie internationale »

**Lionel BOURDON**, médecin-chef des services hors classe, professeur agrégé du Val-de-Grâce. Retraité. Dernières fonctions exercées : directeur scientifique de l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA, Brétigny/Orge), directeur de la composante « recherche » du programme de transformation du Service de santé des armées « SSA 2020 », professeur titulaire de la chaire de recherche du Service de Santé des Armées

**Marc CLÉMENT**, président de chambre au tribunal administratif de Lyon, membre de l'Autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable. Membre du comité d'application de la Convention d'Aarhus (Nations unies). Membre de la Commission depuis 2015

**Alexandra LANGLAIS**, chercheuse au CNRS en droit de l'environnement, médaillée de bronze du CNRS – Responsable de l'axe environnement du laboratoire Institut de l'Ouest : Droit et Europe – auteure de travaux de recherche et d'expertise sur le droit des déchets, des sols, de l'eau, etc. Également membre du GDR NoST (réseau de recherche Normes-sciences et techniques)

**Mauricette STEINFELDER**, inspectrice générale, membre du Conseil général de l'environnement et du développement durable et de l'Autorité environnementale, retraitée

**Éric VINDIMIAN**, ingénieur général du génie rural, des eaux et forêts, spécialiste des impacts toxiques sur l'environnement et la santé, et de l'expertise dans les politiques publiques environnementales, membre de l'Autorité environnementale du Conseil général de l'environnement et du développement durable. Membre de la commission depuis 2009

**Raja CHATILA**, professeur émérite de robotique, d'intelligence artificielle et d'éthique à l'Université de la Sorbonne à Paris. Membre du Collège de déontologie du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation ainsi que du Conseil scientifique d'Orange





## COMITÉ D'ORIENTATION DES RECHERCHES EN SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET EN RADIOPROTECTION - (COR) AU 1<sup>ER</sup> FÉVRIER 2022

### Missions

Instance consultative placée auprès du conseil d'administration de l'IRSN, le comité d'orientation des recherches rend des avis sur les objectifs et les priorités de la recherche en sûreté nucléaire et en radioprotection. Il suit une approche globale prenant en compte les besoins de la société et des pouvoirs publics, approche complémentaire de celle du conseil scientifique de l'IRSN, ciblée sur la qualité et la pertinence scientifiques des programmes et des résultats des recherches de l'IRSN.

### POUVOIRS PUBLICS

#### Représentants des ministères de tutelle

En cours de nomination, Direction de la recherche et de l'innovation, représentant le ministère de la Transition écologique

**François-Xavier GOMBEAUD**, inspecteur de l'armement pour la sécurité nucléaire délégué, inspection de l'armement, représentant le ministère des Armées

**Fabrice LEGENDRE**, chargé de mission au bureau politique publique et tutelle, Direction générale de l'énergie et du climat, représentant le ministère de la Transition écologique

#### Représentant de la Direction du travail

**Hervé VISSEAUX**, chef du Pôle prévention des risques physiques, Direction générale du travail

#### Représentant de l'Autorité de sûreté nucléaire

**Vincent CLOITRE**, directeur de cabinet du directeur général de l'ASN

### ENTREPRISES ET ASSOCIATIONS

#### PROFESSIONNELLES

**Manuel CARRASCO**, directeur adjoint à la direction technique - Lyon, EDF

**Bernard LE GUEN**, président de la Société française de radioprotection (SFRP)

**Bertrand MOREL**, directeur recherche et développement, représentant d'ORANO

**Jean-Marc SIMON**, professeur associé des universités, praticien hospitalier, service de radiothérapie-oncologie à l'hôpital Pitié-Salpêtrière

**Sébastien CROMBEZ**, directeur en charge de la sûreté, de l'environnement et de la stratégie filiales (DISEF) de l'Andra

### SALARIÉS DU SECTEUR NUCLÉAIRE

#### Représentants des organisations syndicales nationales représentatives

**Jean-Paul CRESSY**, FCE-CFDT

**Martine DOZOL**, FO

**Patrick BIANCHI**, CFTC

**Jacques DELAY**, CFE-CGC

**Christian HOLBÉ**, CGT

#### ÉLUS

#### Représentants de l'OPECST

**Philippe BOLO**, député de Maine-et-Loire

+ un(e) en attente de nomination

#### Représentant des commissions locales d'information (CLI)

En cours de nomination

#### Représentants de communes accueillant une installation nucléaire, proposés par l'Association des maires de France

**Bertrand RINGOT**, maire de Gravelines

**Alain GALLO**, maire de Pierrelatte

### ASSOCIATIONS

**Jean-Paul LACOTE**, représentant de France Nature Environnement

**Simon SCHRAUB**, administrateur de la Ligue nationale contre le cancer

**Lionel LARQUE**, délégué général de l'Alliance sciences-société (Alliss)

### PERSONNALITÉS QUALIFIÉES

**Jean-Claude DELALONDE**, président de l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (Anccli)

**Christine NOIVILLE**, présidente du Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN)

**Marie-France BELLIN**, présidente du conseil d'administration de l'IRSN, professeur des universités, praticien hospitalier dans le service de radiologie diagnostique et interventionnelle des hôpitaux Bicêtre-Paul-Brousse

### ORGANISMES DE RECHERCHE

**Philippe STOHR**, directeur de l'énergie nucléaire, représentant le CEA

**Cyrille THIEFFRY**, chargé de mission pour la radioprotection et les affaires nucléaires, IN2P3, représentant le CNRS

**Inserm**, en cours de nomination

**Étienne AUGÉ**, professeur de physique, vice-président de Paris-Sud, représentant de la conférence des présidents d'université (CPU)

**Vincent LAFLECHE**, directeur de ParisTech, représentant de ParisTech

### PERSONNALITÉS ÉTRANGÈRES

**Christophe BADIE**, département des évaluations environnementales, Public Health England, Royaume-Uni

**Ted LAZO**, Agence pour l'énergie nucléaire (AEN), OCDE

### PERSONNALITÉS PRÉSENTES DE DROIT

**Patrick LANDAIS**, haut commissaire à l'énergie atomique

**Cédric BOURILLET**, commissaire du gouvernement, représenté par Benoît BETTINELLI, chef de la mission de sûreté nucléaire et de radioprotection, ministère de la Transition écologique

**Robert BAROUKI**, président du Conseil scientifique de l'IRSN

**Jean-Christophe NIEL**, directeur général de l'IRSN



# Organigramme

AU 1<sup>ER</sup> FÉVRIER 2022

## DIRECTION GÉNÉRALE

**Jean-Christophe NIEL**  
Directeur général

**Louis-Michel GUILLAUME**  
Directeur général adjoint,  
délégué pour les missions  
relevant de la Défense

**Hervé BARBELIN**  
Directeur général adjoint,  
responsable du pôle  
Patrimoine et territoires

**Karine HERVIOU**  
Directrice générale  
adjointe, chargée  
de la sûreté nucléaire

**Jean-Christophe GARIEL**  
Directeur général adjoint,  
chargé de la santé  
et de l'environnement

**Philippe DUBIAU**  
Directeur  
délégué à la crise

## PÔLES OPÉRATIONNELS

**Défense Sécurité  
et non-prolifération**  
Louis-Michel GUILLAUME

**Laurent MANDARD**  
Directeur de l'Expertise  
nucléaire de défense

**Santé et Environnement**  
Jean-Christophe GARIEL

**François BESNUS**  
Directeur de l'Environnement

**Jean-Michel BONNET**  
Directeur de la Santé

**Sûreté nucléaire**  
Karine HERVIOU

**Igor LE BARS**  
Directeur de l'Expertise  
de sûreté

**Patrice GIORDANO**  
Directeur de la Recherche  
en sûreté

**Patrimoine et Territoires**  
Hervé BARBELIN

**Jean BATTISTON**  
Directeur Immobilier  
et Sécurité

**Jean BATTISTON**  
Directeur du site de  
Fontenay-aux-Roses

**Hervé BARBELIN**  
Directeur du site de Cadarache

**François VALLETTE**  
Directeur du site du Vésinet

## DIRECTIONS FONCTIONNELLES ET DE SUPPORT

**Cyril PINEL**  
Directeur  
des Affaires  
européennes et  
internationales

**Marie RIET-HUCHELOUP**  
Directrice  
de la Communication

**Michelle AGARANDE**  
Directrice  
des Risques  
et la performance

**Patrice BUESO**  
Directeur  
de la Stratégie

**Michel ENAULT**  
Directeur  
de la Transformation

**Florence BRAVACCINI**  
Secrétaire  
générale

**Isabelle FLORY**  
Agent  
comptable







# Glossaire



## A

**AEN** | Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE

**AIEA** | Agence internationale de l'énergie atomique

**ANCCLI** | Association nationale des comités et commissions locales d'information

**ANR** | Agence nationale de la recherche

**APRP** | Accident de perte du réfrigérant primaire

**ASN** | Autorité de sûreté nucléaire

**ASND** | Autorité de sûreté nucléaire de défense



## C

**CIAC** | Convention sur l'interdiction des armes chimiques

**CIPR** | Commission internationale de protection radiologique

**CLI** | Commission locale d'information

**CNL** | *Canada Nuclear Laboratories*

**CNPE** | Centrale nucléaire de production d'électricité

**CODEND** | Comité d'orientation auprès de la direction de l'expertise nucléaire de défense

**CODIRPA** | Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle

**COR** | Comité d'orientation de la recherche en sûreté nucléaire et en radioprotection de l'IRSN



## D

**DEND** | Direction de l'expertise nucléaire de défense

**DGAL** | Direction Générale de l'alimentation

**DOE** | *Department of Energy* – Ministère de l'Énergie aux États-Unis

**DOSIMÉTRIE** | Détermination, par évaluation ou par mesure, de la dose de rayonnement (radioactivité) absorbée par une substance ou un individu

**DSND** | Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la Défense



## E

**ENSTTI** | *European Nuclear Safety Training and Tutoring Institute* – Institut européen de formation et de tutorat en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection

**EPIC** | Établissement public à caractère industriel et commercial

**EPR** | *Evolutionary Power Reactor* – Réacteur européen à eau sous pression

**ERS** | Études radiologiques de site

**ETSON** | *European Technical Safety Organisation Network* – Réseau européen des organismes techniques de sûreté

**EURATOM** | Communauté européenne de l'énergie atomique



## G

**GIEC** | Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat



## H

**HCÉRES** | Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur

**HCTISN** | Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire

**HFDS** | Haut fonctionnaire de défense et de sécurité



## I

**INMM** | Institut américain de gestion des matières nucléaires



## M

**MTE** | Ministère de la Transition écologique

**MIRCOM** | Microfaisceau d'ions dédiés à la radiobiologie des communications intra et intercellulaires

**MOX** | Mélange d'oxyde de plutonium et d'oxyde d'uranium – Combustible nucléaire

**MWe** | Mégawatt électrique – Unité de mesure de la puissance électrique produite



## N

**NRD** | Niveaux de référence diagnostiques



## O

**OCDE** | Organisation de coopération et de développement économiques

**OIAC** | Organisation pour l'interdiction des armes chimiques



## R

**RADIONUCLÉIDE** | Isotope radioactif d'un élément

**RSE** | Responsabilité sociétale des entreprises

**RSNR** | Recherche en matière de sûreté et radioprotection



## S

**SFRP** | Société française de radioprotection

**SID** | Service d'infrastructure de la défense

**SISERI** | Système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants

**SMR** | *Small Modular Reactors*

**SPE** | Services publics écoresponsables



## T

**TSO** | *Technical Safety Organization* – Organisme technique de sûreté

LE PRÉSENT RAPPORT ANNUEL A ÉTÉ  
APPROUVÉ PAR LE CONSEIL D'ADMINISTRATION  
DU 28 FÉVRIER 2022

#### CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

© Francesco Acerbis, © Philippe Castano,  
© Martial Chevreuil, © Antoine Devouard, © Philippe  
Dureuil, © Marine Nationale, © MEDDE – Arnaud  
Bouisson, © Noak/Le Bar Floréal, © ORANO NPS,  
© Philippe Puiseux/Emapress, © r.baltz@me.com,  
© L. Zylberman/Graphix Images, iStock, © Alain  
Chapel IRSN

**Couverture** : © Florence Brochoire/Signatures/  
Médiathèque IRSN - Gros plan sur la caméra du drone  
nautique servant aux prélèvements en mer, pour  
mesurer la radioactivité. Village des sciences, espace  
René-Lebas, Cherbourg-en-Cotentin, 3 octobre 2020.

N° D'ISSN DU RAPPORT ANNUEL EN FRANÇAIS  
ISSN 2679-6783

CONCEPTION & RÉALISATION  
 AGENCEZEBRA.COM







31, avenue de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
RCS Nanterre B 440 546 018

**COURRIER**

BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

**TÉLÉPHONE**


+33 (0)1 58 35 88 88

**SITE INTERNET**

[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

**E-MAIL**

[contact@irsn.fr](mailto:contact@irsn.fr)

 [@irsnfrance](https://twitter.com/irsnfrance)

Retrouvez  
le rapport annuel  
sur internet :

<http://www.irsn.fr/ra-2021>