



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

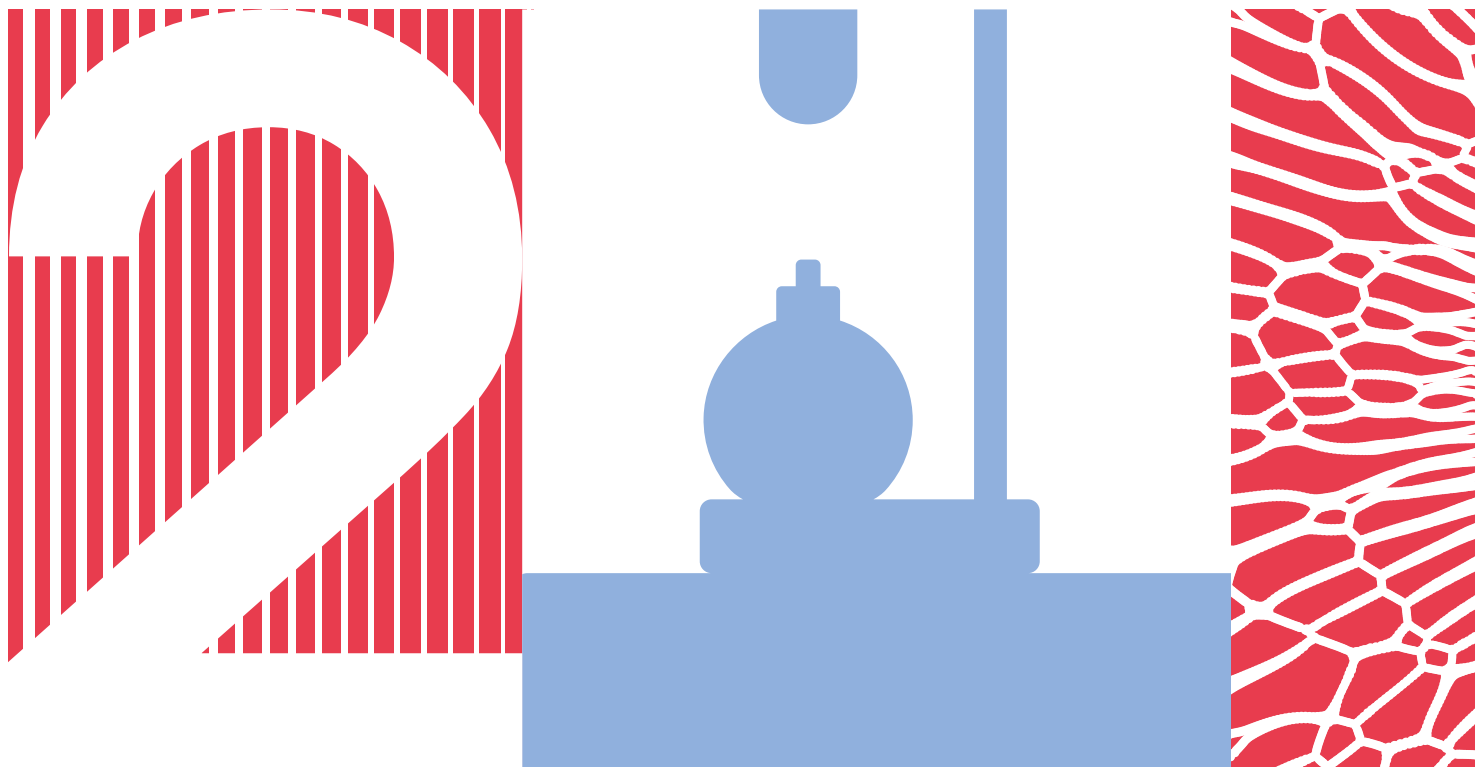
*Liberté
Égalité
Fraternité*

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



RAPPORT ANNUEL 2022



MEMBRE DE

ETSON

05 ÉDITO

08 TEMPS FORTS 2022

10 L'INSTITUT EN CHIFFRES



UN INSTITUT
RESPONSABLE ET CITOYEN



RECHERCHE



EXPERTISE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



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



VISION 360°



RADIOPROTECTION DES PERSONNES
ET DE L'ENVIRONNEMENT



CRISE ET POST-ACCIDENTEL



INTERNATIONAL



UN INSTITUT PERFORMANT
ET INNOVANT

GOUVERNANCE 74

ORGANIGRAMME 77

GLOSSAIRE 78

**L'INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ
NUCLÉAIRE (IRSN) EST L'EXPERT PUBLIC EN MATIÈRE
DE RECHERCHE ET D'EXPERTISE SUR LES RISQUES
NUCLÉAIRES ET RADIOLOGIQUES.**

Établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), l'IRSN est placé sous la tutelle conjointe des ministres en charge de la Transition écologique, des Armées, de la Transition énergétique, de la Recherche et de la Santé.

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 à venir 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, contribuant ainsi à améliorer l'accès à l'information et le dialogue avec les parties prenantes.

Indépendance vis-à-vis des exploitants, anticipation, excellence et partage sont les valeurs essentielles de l'IRSN pour concourir aux politiques publiques de sûreté et sécurité nucléaires, de santé, d'environnement et de gestion de crise.

Pour en savoir plus : www.irsn.fr rubrique L'Institut





ÉDITO

2002-2022, VINGT ANNÉES DE CONTRIBUTION DE L'IRSN À L'ÉVOLUTION DE LA RADIOPROTECTION ET DE LA SÛRETÉ NUCLÉAIRE

L'année 2022 marque le vingtième anniversaire de la publication des décrets de création de l'IRSN et de définition de ses missions. Au cours de ces deux décennies, ses équipes ont inscrit pleinement l'IRSN dans le paysage de la radioprotection et de la sûreté nucléaire, et ont contribué à faire évoluer ce dernier.

LA RECONNAISSANCE DU RÔLE D'EXPERT TECHNIQUE

Depuis sa création, l'IRSN réalise des expertises au profit d'un large spectre d'autorités, de ministères ou d'institutions. Ceux-ci expriment de manière périodique leur satisfaction sur les productions de l'Institut. Au fil de ces années, l'IRSN a renforcé la professionnalisation de son expertise dans un processus d'amélioration continue en étant à l'écoute de ceux à qui ses expertises sont destinées. L'IRSN est ainsi certifié ISO 9001. Il procède aussi à des audits communs avec l'ASN sur les processus réglementaires intégrant à la fois une phase d'expertise et de décision, dans une logique d'efficacité du système dual.

Aux niveaux européen et international, l'Institut a contribué à partager et à faire converger approches, méthodes et techniques mises en œuvre par les organismes techniques de sûreté (TSO), répondant ainsi aux attentes de cohérence et d'efficacité de leurs actions exprimées par les pouvoirs publics au sein de l'Union européenne et au-delà. L'implication de l'IRSN, aux côtés de ses homologues européens, dans la création du Forum Eurosafe et dans celle d'ETSON, le réseau des TSO européens, traduit cette préoccupation. Ceux-ci ont ainsi contribué à la reconnaissance et à l'assise internationales de la fonction d'expert technique de sûreté nucléaire au travers des actions de l'AIEA, en contribuant à la création du Forum des TSO de l'AIEA et de la conférence TSO, dont la première édition s'est tenue en France en 2008.



Marie-France Bellin,
présidente du conseil d'administration



Jean-Christophe Niel,
directeur général de l'IRSN

UNE POLITIQUE DE RECHERCHE PARTENARIALE

En matière de recherche, le chemin parcouru est aussi important. Sachant qu'une expertise robuste et impartiale repose sur un effort permanent de recherche indépendante visant à apporter en temps voulu des connaissances scientifiques et techniques à l'état de l'art, l'IRSN s'est doté d'outils de simulation et de plateformes expérimentales qui lui permettent de couvrir les principaux champs d'investigation de ses experts. Il doit poursuivre cet investissement afin d'être prêt, par exemple, à expertiser les dossiers qui lui seront soumis, dans le cadre tant de la prolongation de la durée d'exploitation des réacteurs actuels que de l'évaluation de nouveaux concepts de réacteurs, comme les petits réacteurs modulaires (SMR) ou des nouvelles méthodes thérapeutiques utilisant des rayonnements ionisants.

Conformément aux recommandations du Hcéres, l'IRSN s'est employé à développer des partenariats de recherche structurants, par exemple avec le CNRS, l'Université Paris-Saclay ou Gustave Roussy.

Il s'est impliqué dans l'élaboration d'agendas stratégiques européens et a répondu de manière constante aux appels à projets de recherche en sûreté nucléaire et en radioprotection de la Commission européenne.

Ainsi, il est aujourd'hui le pilote du partenariat PIANOFORTE, qui organise l'ensemble de la recherche en radioprotection au niveau européen, et qui rassemble 58 organismes dont les plus importants sur ce sujet.

Les nombreux projets collaboratifs que pilote ou auxquels participe l'IRSN, notamment ceux financés par l'ANR, témoignent de la qualité scientifique de la recherche de l'Institut. Le Hcéres, de son côté, a mis en avant dans sa récente évaluation la capacité de l'IRSN à organiser et à développer ce champ d'activité.

L'ANTICIPATION DES SITUATIONS D'URGENCE RADIOLOGIQUE ET NUCLÉAIRE

En matière de gestion de crise, l'Institut s'est doté d'un centre technique dédié et de moyens projetables lui permettant d'apporter aux autorités et aux pouvoirs publics, et à leur demande, un éclairage technique, sanitaire et médical pour toutes les situations impliquant des sources de rayonnements ionisants, qu'elles surviennent sur le territoire national ou à l'étranger, si elles sont susceptibles d'avoir une incidence sur celui-ci.

Dans le cadre de son organisation de crise, l'IRSN a ainsi pu apporter son expertise aux pouvoirs publics et au public lors de l'accident des réacteurs de Fukushima-Daiichi ou par rapport à la situation des centrales nucléaires ukrainiennes à la suite de l'agression russe de février 2022. Il participe en outre régulièrement à des exercices de crise nationaux et internationaux destinés à en tester l'efficacité.

Les méthodes et outils développés par l'IRSN sont partagés au niveau international, par exemple avec l'AIEA ou dans le cadre de relations bilatérales.

Plus globalement, l'existence au sein de l'IRSN de l'ensemble des compétences et des composantes de l'évaluation des risques liés aux rayonnements ionisants favorise les synergies entre celles-ci au bénéfice de l'ensemble de ses activités. C'est notamment le cas dans la préparation à la gestion de crise ou dans la gestion de celle-ci.

LE DIALOGUE AVEC LA SOCIÉTÉ AU CŒUR DE L'ACTION

En matière de dialogue avec la société enfin, les deux décennies écoulées ont vu l'action de l'IRSN passer d'un registre essentiellement fondé sur l'information à une relation de partage de l'expertise de l'IRSN et des questionnements de la société civile. En témoignent par exemple la continuité du dialogue technique mené avec la société, en relation avec l'ASN et l'ANCCLI, dans le cadre

du 4^e réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe et de 1 300 MWe, ou la création du comité d'Ouverture et impulsion du Dialogue avec la Société Civile sur l'Expertise (ODISCÉ), prévu dans son contrat d'objectifs et de performance 2019-2023 et dont le rôle est de conseiller l'Institut quant à la manière d'instaurer de nouvelles formes de dialogue dans le domaine de l'expertise des risques nucléaires et radiologiques.

Au sein de l'Union européenne et à l'international, l'action de l'IRSN a été reconnue, qu'il s'agisse de sa contribution à la mise en œuvre de la Convention d'Aarhus dans le domaine nucléaire, ou dans son implication dans les dialogues mis en place par la CIPR entre les habitants de la préfecture de Fukushima vivant sur un territoire contaminé par la radioactivité et des experts en radioprotection, dialogues qui, mois après mois, ont contribué à faire émerger une culture pratique de la radioprotection au sein de la population concernée. Le lancement de projets de science participative comme OpenRadiation, qui vise à rendre le citoyen acteur de la surveillance radiologique de l'environnement, est un autre exemple d'initiative illustrant l'évolution du dialogue avec la société.

2023, VERS DES ENJEUX CROISSANTS, NOTAMMENT EN SÛRETÉ NUCLÉAIRE

L'IRSN fait face à des enjeux sans précédent dans l'ensemble de ses champs d'intervention.

C'est évidemment dans le domaine de la sûreté nucléaire que les évolutions sont les plus importantes et les plus visibles, dans un contexte de crises climatique et énergétique exacerbées par l'agression de l'Ukraine par la Russie : prolongation d'exploitation des réacteurs d'EDF au-delà de 40 ans, voire 60 ans, mise en service de l'EPR, demande de création de réacteurs EPR2, de CIGEO, de la piscine d'entreposage centralisé, dossier d'options de sûreté du SMR Nuward, des réacteurs SMR de 4^e génération, anticipation des effets du changement climatique...

Dans le domaine de la sécurité nucléaire, avec le développement de nouvelles technologies face au déploiement de nouvelles formes de malveillance, comme la malveillance cyber ou l'usage des drones.

Dans le domaine de la santé, avec le développement de nouvelles techniques diagnostiques ou thérapeutiques utilisant des rayonnements ionisants qui doivent être pleinement maîtrisées pour le bénéfice des patients.

Dans le domaine de l'environnement, avec la préoccupation croissante de nos concitoyens par rapport à cette thématique et le développement d'approches comme l'exposome.

DANS CE CONTEXTE, L'IRSN DOIT SE METTRE EN ORDRE DE BATAILLE

Il doit à la fois s'appuyer sur ses fondamentaux que les débats récents sur l'évolution du système de contrôle de la sûreté et de la radioprotection ont confortés, notamment dans le cadre de l'audition de l'OPECST sur ce sujet :

- la séparation nécessaire entre l'expertise et la décision ;
- l'indispensable articulation entre expertise et recherche ;
- la transparence de ses contributions.

Il doit s'adapter à l'évolution du contexte, comme il l'a toujours fait, que ce soit en matière de ressources humaines et financières comme de méthodes de travail, en lien avec l'ensemble de ses interlocuteurs.

Il doit maintenir et développer des compétences pour répondre avec pertinence et ponctualité aux rendez-vous industriels importants qui viennent, et faire preuve d'une grande réactivité.

L'ensemble des collaboratrices et des collaborateurs de l'IRSN, que nous remercions ici pour leur professionnalisme et leur engagement, notamment ces derniers mois, y est préparé.

ÉDITO

Les équipes de l'IRSN en charge des missions relevant de la défense se sont mobilisées tout au long de l'année 2022 afin de s'acquitter des missions menées en appui aux autorités – délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense, hauts fonctionnaires de défense et de sécurité – en maintenant tout à la fois un degré d'exigence conforme aux attentes de celles-ci, et un niveau d'activité élevé dans les différents domaines relevant de leur compétence.

Ainsi, dans le domaine de l'expertise de sûreté des navires et installations relevant de la défense, 2022 a vu la poursuite de l'examen des dossiers liés à la mise en service du sous-marin nucléaire d'attaque *Duguay-Trouin*, deuxième sous-marin du programme *Barracuda* après le *Suffren*. Dans le même temps, un important travail d'expertise lié à des opérations de jouvence d'installations nucléaires de base secrètes existantes ou de réalisation d'installations nouvelles a été mené dans le cadre des programmes du ministère des Armées sans oublier les développements du programme de porte-avions nucléaires de nouvelle génération ainsi que du sous-marin nucléaire lanceur d'engins de 3^e génération (SNLE 3G).

Dans le domaine de la sécurité des installations nucléaires civiles, l'IRSN a conduit, en appui au ministère de la Transition énergétique, des expertises approfondies menées sur une dizaine de mois dans le cadre des réévaluations de sécurité de différentes installations civiles du CEA. Ce travail est appelé à se poursuivre en 2023 sur les installations d'autres opérateurs.

Parallèlement à ces activités d'expertise, l'Institut a poursuivi en 2022 sa contribution à la mise à jour du corpus réglementaire qui encadre la protection et le contrôle des matières nucléaires, de leurs installations et de leurs transports (PCMNIT) avec la rédaction des arrêtés d'application du décret entré en vigueur au mois

de janvier 2023. Celui-ci modifie les processus d'examen de sécurité des installations et transports concernés afin d'en optimiser la mise en œuvre. Par ailleurs, les inspections ont repris à un rythme comparable à celui d'avant la crise sanitaire.

Sur le plan international, l'IRSN a apporté son appui au Comité technique EURATOM dans le cadre d'une mission de conseil auprès du Bureau pour la réglementation nucléaire (*Office for Nuclear Regulation*), organisme britannique de réglementation de l'industrie nucléaire. Cette mission a facilité la mise en place, à l'issue du Brexit, d'un nouveau système de contrôle des matières nucléaires au Royaume-Uni.

Enfin, dans le domaine de la non-prolifération chimique se profile en 2023 un important travail à mener au sujet de la Convention sur l'interdiction des armes chimiques, en support au Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale, au ministère de l'Europe et des Affaires étrangères et à celui chargé de l'Industrie.

Le traitement de cet ensemble de dossiers s'est traduit, pour les équipes en charge au sein de l'Institut, par un volume d'activité au moins équivalent à celui de la période précédant la Covid.

Dans le souci de continuer à garantir aux pouvoirs publics un appui de qualité, quelle que soit l'évolution de l'organisation de l'expertise et de la recherche en sûreté appelée à être mise en place, il paraît essentiel de veiller en particulier au maintien, d'une part, d'un niveau de compétences et d'un volume de personnel à même de couvrir l'ensemble des champs abordés par l'IRSN dans le cadre des missions relevant de la défense et, d'autre part, d'une stricte séparation des fonctions d'expertise et de décision. C'est sur cette base que l'Institut continuera à faire bénéficier ses commanditaires d'une expertise de qualité, dans le respect des spécificités des activités liées à la défense, à la sécurité ainsi qu'à la non-prolifération nucléaire et chimique.



Louis-Michel Guillaume,
directeur général adjoint délégué
pour les missions relevant de la Défense
et chargé du pôle Défense Sécurité
et non-prolifération



TEMPS FORTS

2022

JANVIER

- Installation et premiers travaux du comité ODISCÉ (Ouverture et impulsion du Dialogue avec la Société Civile sur l'Expertise)
- Début de l'expérimentation VSEAL dans le cadre de l'expertise du projet CIGEO de stockage géologique de déchets radioactifs
- Publication d'un guide d'aide opérationnelle pour les professionnels de la radiothérapie



FÉVRIER

- Début de la mobilisation de l'organisation de crise de l'IRSN dans le contexte de la guerre en Ukraine
- Lancement du développement du logiciel d'Intégration de la Comptabilité EURATOM en Base pour l'Établissement des Rapports sur les Garanties (ICEBERG) dans le cadre du programme « France Relance »

MARS

- Réunion publique de restitution des résultats de l'étude radiologique de l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban Saint-Maurice-l'Exil
- Signature d'un accord-cadre de collaboration scientifique avec l'Université Paris-Saclay
- Clôture du projet de recherche AMORAD sur la dispersion de radio-nucléides dans l'environnement et leur impact sur le milieu marin et les écosystèmes terrestres à la suite d'un accident tel que celui de Fukushima-Daiichi (13 partenaires français en association avec l'université japonaise de Tsukuba)

AVRIL

- Finalisation du projet de recherche européen MEDIRAD (33 partenaires de 14 États membres) : publication de recommandations pour optimiser l'utilisation de rayonnements ionisants dans le domaine médical et améliorer la radioprotection des patients et des professionnels de santé

JUIN

- Lancement du partenariat européen PIANOFORTE coordonné par l'IRSN (58 partenaires représentant 22 pays de l'UE ainsi que le Royaume-Uni et la Norvège)



- Remise au président - directeur général du CNRS et au directeur général de l'IRSN d'une feuille de route scientifique commune

JUILLET

- Journée des thèses sur le combustible nucléaire

AOÛT

- Intensification de la mobilisation de l'IRSN au service des pouvoirs publics et des citoyens dans le contexte de la guerre en Ukraine

SEPTEMBRE

- 66^e Conférence Générale de l'AIEA : nombreux échanges bilatéraux et organisation par l'IRSN d'un *side event* concernant les installations de recherche dédiées à la sûreté et à la radioprotection



MAI

- Organisation et accueil des rencontres internationales lycéennes de la radioprotection (80 élèves de différentes régions françaises, du Japon et de Moldavie)
- Publication de l'avis relatif à l'impact des scénarios de mix énergétique sur le cycle du combustible nucléaire



OCTOBRE

- Fête de la science : l'IRSN ouvre les portes de plusieurs de ses sites
- Remise de deux rapports d'expertise à la Commission nationale du débat public dans le cadre du débat public « Nouveaux réacteurs nucléaires et projet Penly »
- Lancement du programme de recherche en thermohydraulique PASTIS dédié à l'étude des performances en sûreté des systèmes passifs
- Clôture du projet international de recherche PRISME 3 sur les incendies et leurs vecteurs de propagation dans une installation nucléaire (12 partenaires issus de 8 pays)

NOVEMBRE

- Première édition des rencontres « Intégration Recherche Expertise » en matière de sûreté nucléaire
- Lancement du projet de recherche européen « Intelligence artificielle pour la simulation des accidents graves » (ASSAS) coordonné par l'IRSN (13 partenaires)

DÉCEMBRE

- Mise en service de la plateforme logicielle de modélisation du comportement du combustible nucléaire FUEL+ développée par l'IRSN



L'INSTITUT EN CHIFFRES

FEUILLE DE ROUTE RSE
LE BILAN DES INDICATEURS EST CONSULTABLE SUR LE SITE INTERNET DE L'IRSN



€
BUDGET
39,3 %
DU BUDGET CONSACRÉS À LA RECHERCHE (HORS PROJETS FEURS, NORIA ET BÂTIMENT 625)

278 M€
de recettes
285 M€
de dépenses, dont
21,9 M€
d'investissements en équipements

APPUI TECHNIQUE
AUX POUVOIRS PUBLICS ET AUC AUTORITÉS

51
avis et rapports techniques au HFDS du MTES

52,3 %
DU BUDGET CONSACRÉS À L'APPUI TECHNIQUE ET AUX MISSIONS D'INTÉRÊT PUBLIC (HORS PROJETS FEURS, NORIA ET BÂTIMENT 625)

65
avis et rapports techniques au CTE et au HFDS des MEF

75
avis et rapports techniques à l'Autorité de sûreté nucléaire de défense

489
avis et rapports techniques à l'Autorité de sûreté nucléaire



CAPITAL HUMAIN

44,61

ans pour les femmes

46

ans pour les hommes

78,9 %

cadres

21,1 %

non cadres



PROFIL

1744

PERSONNES
(EFFECTIFS AU 31/12)

1590

CDI

154

CDD



34

mises à disposition

24

détachements

57

docteurs d'État ou personnes
habilitées à diriger des recherches

99

doctorants

17

post-doctorants



ACTIVITÉ DE L'INSTITUT À L'INTERNATIONAL

324

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

44

pays concernés par ces accords

70

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

11

projets dont l'IRSN
est coordonnateur



ACTIVITÉ DE L'INSTITUT EN RECHERCHE

256

publications répertoriées
dans les journaux
du *Journal Citation Reports*

372

contributions scientifiques
dans des congrès

25

thèses soutenues

88 %

d'articles IRSN déposés
en *open access* avec texte
intégral sur HAL-IRSN
(source : HAL au 20/01/2023)



SÛRETÉ NUCLÉAIRE DE DÉFENSE, SÉCURITÉ NUCLÉAIRE, NON-PROLIFÉRATION

31

inspections pilotées chez les
détenteurs de matières nucléaires

35

inspections en cours de transport

124

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

51

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

9

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

58

contrôles techniques des moyens
agréés pour le transport
de matières nucléaires



CRISE

GUERRE EN UKRAINE

+7

gréements réels du centre
technique de crise

7

exercices nationaux de crise nucléaire
hors activités intéressant la Défense

2

exercices nationaux de crise
nucléaire concernant les installations
intéressant la Défense

20

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



PERSONNES ET ENVIRONNEMENT

800

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

544

balises

139

points de mesure du débit
de dose ambiant

597

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

5742

échantillons de l'environnement
prélevés pour des mesures
radiologiques



FORMATIONS

1312

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

767

heures d'enseignement dispensées
au cours des 22 sessions
de formation en radioprotection

536

heures d'enseignement dispensées
au cours des 19 sessions
de formation en sûreté nucléaire



UN INSTITUT RESPONSABLE ET CITOYEN

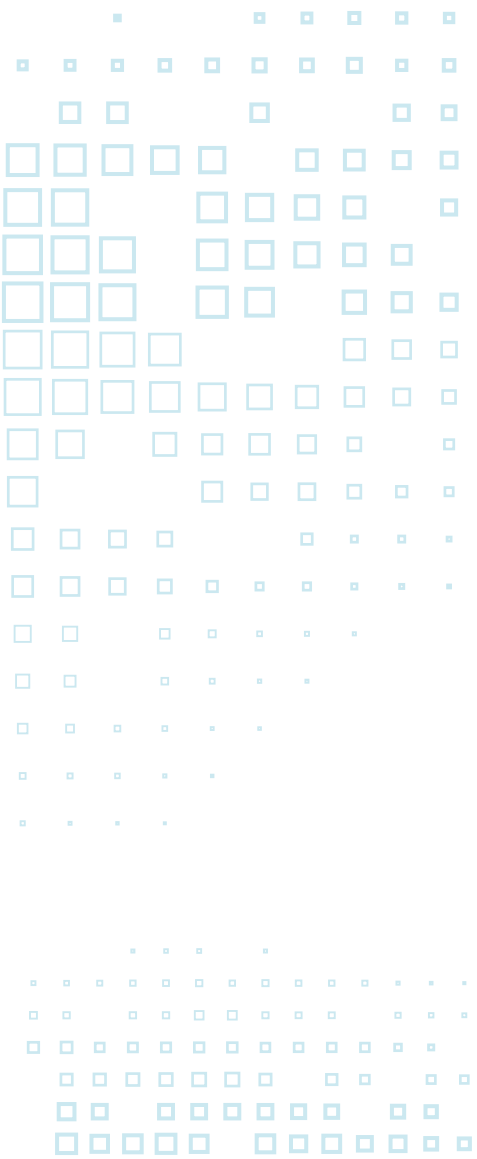
Acteur engagé dans la sûreté nucléaire et la radioprotection, l'IRSN s'attache, en tant qu'établissement public, à apporter dans ces domaines des réponses aux enjeux d'aujourd'hui et de demain qui font écho à des attentes sociétales. À ce titre, il prend une part active aux débats et questionnements de ses interlocuteurs.

Ainsi, sa politique en matière de responsabilité sociétale de l'entreprise (RSE) se déploie progressivement d'année en année : un engagement social et environnemental dont l'objectif est notamment de réduire et de maîtriser l'impact de ses activités sur l'environnement.

En matière d'ouverture à la société, l'IRSN a pris le parti d'un travail partenarial avec les parties prenantes de la société civile, lui permettant à la fois d'accompagner la montée en compétences de ces acteurs mais aussi d'être à l'écoute de leurs questionnements et leurs attentes, pour mieux les prendre en compte dans son activité de recherche et d'expertise.

L'action de l'Institut concerne également l'information du public afin d'accompagner ce dernier dans la compréhension des enjeux liés aux risques nucléaires et radiologiques. Ainsi, l'IRSN va à la rencontre du grand public pour le sensibiliser à ces questions et lui expliquer l'importance de ses missions et dans quelles conditions il les réalise.

Enfin, en matière de management des ressources humaines, l'Institut vise, d'une part, à améliorer les conditions de travail de ses salariés et d'autre part, à accueillir des jeunes en formation (stages, alternances, programme doctoral) pour constituer le vivier de ses futurs collaborateurs.



RESPONSABILITÉ SOCIÉTALE ET ENVIRONNEMENTALE

Conformément aux engagements déclinés dans sa feuille de route RSE 2021-2023, la dynamique portée par la politique RSE se déploie à travers une gouvernance dédiée qui a trouvé son rythme et la participation renforcée à la gouvernance de l'IRSN avec la participation de la déléguée RSE au comité des directeurs par exemple. Dans le même temps, les circuits d'information et d'échanges se sont consolidés notamment avec la dynamique de la communauté de pratiques RSE et la publication d'un fil d'actualité tous les deux mois, ou au travers de rendez-vous annuels tels que la Semaine européenne du développement durable. L'Institut s'inscrit également dans les initiatives gouvernementales en matière de transition écologique telles que *Services publics écoresponsables*.

DES ÉVÉNEMENTS AU SERVICE DE L'ENGAGEMENT

Parmi les vecteurs d'animation de la politique RSE de l'Institut, de nombreux événements ont été organisés tout au long de l'année pour sensibiliser, informer, mobiliser ou encore échanger les bonnes pratiques dans les quatre axes majeurs d'engagement inscrits dans la feuille de route RSE de l'IRSN :

- un institut engagé pour la protection de tous ;
- une mission et des actions en faveur de l'environnement ;
- une exigence d'excellence et de responsabilité ;
- une implication active dans les évolutions de la société.

Dans le domaine de la responsabilité sociale, la semaine dédiée au volet social de la RSE intitulée « Vous avez dit responsabilité sociale ? » a proposé du 20 au 23 juin des tables rondes accessibles par tous sur différentes thématiques : « voyages solidaires », « actions solidaires », « une conciergerie engagée » ou encore « télétravail et qualité de vie au travail ». Autant de rendez-vous qui ont permis de faire connaître à un grand nombre de collaborateurs les actions menées par l'Institut mais aussi de valoriser des initiatives de collaborateurs.

Pour la troisième édition de la Semaine du développement durable qui s'est déroulée du 18 septembre au 6 octobre, la mobilité, la biodiversité, la sobriété numérique, l'impact carbone ou encore le climat ont par ailleurs été abordés lors d'ateliers ou de tables rondes organisés sur les sites de l'Institut et visibles à distance. Un défi CHIP (*Challenge IRSN pour la planète*) a été initié afin de partager des tranches de vies, des conseils et des gestes éco-responsables. Des missions individuelles et collectives étaient proposées et agrémentées de publications donnant des conseils santé, environnement ou encore mobilité durable.

En octobre, l'IRSN a reçu le Club du développement durable des entreprises et établissements publics (CDDEP) piloté par le Commissariat général au développement durable (ministère chargé de la Transition écologique), qui doit contribuer à accélérer la transformation des organismes publics vers un modèle de développement durable. À cette occasion, une Fresque du climat^[1], une formation des animateurs de la Fresque et une première découverte de la Fresque du numérique ont été organisées, suivies d'une visite du centre technique de crise de l'Institut.

MESURER L'EMPREINTE CARBONE

L'IRSN a publié en 2022 le bilan des émissions de gaz à effet de serre liées à ses activités, sur la base des données 2019. Ce BEGES permet à l'IRSN de compléter les données relatives aux émissions directes et indirectes. Une mise à jour à partir des données de 2021 est prévue afin de compléter, d'identifier des pistes d'actions et de poursuivre l'inscription de l'Institut dans une trajectoire bas carbone.

BRÈVES

MOBILITÉS DURABLES

Formalisé fin 2021, le plan de mobilité de l'IRSN a été mis en œuvre en 2022 et concerne les déplacements professionnels mais aussi entre le domicile et le travail. Il comprend différentes actions visant à réduire l'usage de la voiture individuelle thermique, à favoriser les modes de transport partagés ou actifs, et à rationaliser les déplacements en favorisant le recours à l'usage de la visioconférence. Par ailleurs, un forfait mobilité durable a été mis en place afin de valoriser les modes de déplacements alternatifs au véhicule individuel thermique, en proposant une contribution aux frais des salariés qui effectuent leurs trajets domicile-travail à vélo ou en covoiturage.

UNE DÉMARCHE DE SOBRIÉTÉ NUMÉRIQUE

Parmi les sujets majeurs d'engagement de l'Institut en matière de RSE, l'articulation de la transition écologique et de la transition numérique fait l'objet d'une feuille de route « Numérique responsable » qui a pour principaux objectifs de réduire l'empreinte environnementale liée aux activités numériques en tenant compte des enjeux économiques (impact de la consommation démultipliée du numérique), écologiques (impact carbone) et sociaux (accès au numérique et conditions de travail). Structurée autour de cinq axes, elle prévoit des actions concernant l'accompagnement des personnes et des métiers en matière de formation, par exemple les achats et le cycle de vie des équipements, et porte également sur les modalités de déploiement de l'environnement numérique de travail des salariés et sur la gestion des données et les infrastructures.

FRESQUE DU CLIMAT

Afin de sensibiliser les salariés de l'Institut à la nécessité de la transition écologique notamment liée aux enjeux du changement climatique, l'IRSN s'est engagé dans la démarche des fresques du climat proposées sur ses sites. Cette démarche permet aux collaborateurs, à partir des données du GIEC^[2], de mieux appréhender les liens entre les activités humaines et les évolutions du climat. En 2022, ces ateliers ont mobilisé plus de 200 participants, une formation à l'animation de ces fresques a permis la constitution d'un vivier d'animateurs.

[1] Outil pédagogique développé par Cédric Ringenbach. Pour en savoir plus : fresqueduclimat.org.

[2] Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, organisme intergouvernemental créé sous l'égide de l'Organisation météorologique mondiale et du Programme des Nations unies pour l'environnement.

BRÈVES

SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE

L'IRSN a renforcé en 2022 sa démarche de sobriété énergétique avec, par exemple, la limitation de la température pour les locaux tertiaires, la limitation des débits de renouvellement d'air et des températures des installations expérimentales, ou encore la programmation des climatisations réversibles et des systèmes de chauffages électriques. Une campagne d'information a été lancée afin de promouvoir les bonnes pratiques et la participation des salariés a été sollicitée via des boîtes à idées et des échanges au sein de la communauté de pratiques RSE.

PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE

Dans le cadre du plan France Relance pour la rénovation énergétique des bâtiments publics, l'IRSN a engagé la construction d'un nouveau bâtiment tertiaire sur le site de Cadarache (Bouches-du-Rhône). Il permettra, fin 2024, de regrouper 14 entités aujourd'hui dispersées sur le site. Ce projet vise une certification HQE Bâtiment durable niveau excellent, sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment (construction et exploitation). Il se caractérise par une conception bioclimatique qui diminuera de plus de 50 % les consommations énergétiques et une co-conception de l'aménagement interne avec les utilisateurs. Par ailleurs, des travaux dits à « gains rapides » ont été menés sur différents bâtiments de l'IRSN : centralisation du pilotage des équipements de chauffage, ventilation, climatisation et éclairage du bâtiment 05 Henri Jammet à Fontenay-aux-Roses qui abrite majoritairement des laboratoires de recherche très énergivores ; isolation thermique des façades du bâtiment C4 au Vésinet. Ces actions permettent à l'IRSN de s'engager dans une trajectoire bas carbone en conformité avec les objectifs du plan de sobriété énergétique du gouvernement.



20
INTERVENTIONS DE L'IRSN
DANS LES COMMISSIONS
LOCALES D'INFORMATION

111

SOLLICITATIONS ADRESSÉES
À L'IRSN PAR LES COMMISSIONS
LOCALES D'INFORMATION



OUVERTURE À LA SOCIÉTÉ

En développant depuis plus de 20 ans sa démarche d'ouverture à la société, l'IRSN vise un double objectif : assurer d'une part le partage de ses connaissances techniques pour accompagner les parties prenantes dans leur montée en compétences et leur permettre de réaliser leur propre expertise, prendre en compte d'autre part les questionnements et attentes de la société dans les travaux de recherche et d'expertise de l'Institut de manière à porter sur ces sujets un regard plus riche. Un second axe qui n'a cessé de se renforcer avec le temps.

BAROMÈTRE IRSN 2022 : QUELLES TENDANCES ?

L'IRSN a publié, en juillet 2022, les résultats de son Baromètre annuel sur la perception des risques et de la sécurité par les Français. L'enquête a été réalisée sur Internet du 15 au 22 novembre 2021, avant le conflit en Ukraine, auprès de 2 000 personnes environ. Ce Baromètre, réalisé depuis plus de 30 ans, vise à établir une photographie annuelle du positionnement des Français sur un large spectre de risques ainsi que sur la confiance qu'ils accordent à leurs gestionnaires.

Parmi les tendances notables de cette édition, la confiance des Français dans les institutions scientifiques s'améliore (64 %) et le dérèglement climatique devient leur préoccupation principale, à égalité avec la santé (22 % des réponses). En ce qui concerne les enjeux nucléaires, 87 % des Français exigent un haut niveau de sûreté nucléaire et 91 % estiment « qu'il faut mettre à la portée de tous une information compréhensible sur les risques des installations ».

Parmi les activités industrielles ou technologiques, selon les Français, l'exploitation des centrales nucléaires reste l'activité qui risque le plus de provoquer un accident grave en France (27 % des réponses), suivie par les stockages de déchets radioactifs (20 %) et les installations chimiques (18 %). L'opinion des Français sur la construction de centrales nucléaires est sensiblement plus favorable que l'an dernier, qu'il s'agisse de constructions passées (60 % d'opinions favorables, en progression de 7 points) ou futures (44 % d'opinions favorables, en progression de 15 points). L'image des experts scientifiques s'améliore, avec 4 points de plus qu'en novembre 2020, alors qu'elle avait été écornée par la crise sanitaire (54 % d'opinion favorable). Parmi les acteurs du nucléaire, le CNRS, l'ASN et l'IRSN sont perçus comme les plus compétents et les plus crédibles, comme lors des éditions précédentes.

NOUVEAUX RÉACTEURS NUCLÉAIRES DE TYPE « EPR2 » : L'IRSN SOLLICITÉ PAR LA CNDP

Dans le cadre du débat public « Nouveaux réacteurs nucléaires et projet Penly » organisé par la Commission nationale du débat public (CNDP), Chantal Jouanno, sa présidente, a sollicité l'IRSN pour apporter au public une information accessible en lien avec le projet d'EDF de construire six nouveaux réacteurs nucléaires de type « EPR2 ». Pour la CNDP, un tel débat doit permettre au public de s'informer et de s'exprimer sur l'opportunité de construire ces nouveaux réacteurs nucléaires et sur les alternatives possibles. Une dizaine de réunions publiques, en Normandie et dans d'autres régions, ont été organisées fin 2022 qui se sont poursuivies début 2023.

La CNDP a structuré le débat public autour de 10 questions principales concernant la proposition de programme industriel d'EDF. On peut citer par exemple : l'opportunité de lancer un nouveau programme nucléaire ; la conception technique ; les conditions et conséquences de toute nature, y compris face aux incertitudes climatiques et géostratégiques, et aux évolutions de la société.

L'expertise de l'IRSN a été sollicitée pour la production de deux rapports remis à la CNDP le 18 octobre 2022 portant, d'une part sur le retour d'expérience acquis lors de la conception, la fabrication, la construction et l'exploitation des réacteurs à eau sous pression de type EPR, d'autre part sur les alternatives aux réacteurs de type EPR2, en accordant une attention aux « *Small Modular Reactors* ». Ces rapports ont été présentés par l'IRSN lors de deux réunions du débat public, la première le 22 novembre sur la comparaison de l'EPR et de l'EPR2 et ses alternatives, l'autre le 1^{er} décembre sur le retour d'expérience de l'EPR de Flamanville.

Par ailleurs, l'Institut a participé à une démarche pluraliste de clarification des controverses, organisée en amont du débat par ses organisateurs, et à des ateliers tels que des « rencontres » avec des citoyens organisées par l'association ATD Quart Monde.

QUATRIÈME RÉEXAMEN PÉRIODIQUE DE SÛRETÉ DES RÉACTEURS DE 900 MWe

L'IRSN a publié un rapport dans lequel il précise dans quelle mesure et comment il a tenu compte des nombreux échanges liés au dialogue technique engagé depuis 2014 avec la société civile dans le cadre du quatrième réexamen périodique de sûreté des réacteurs de 900 MWe. Un groupe de travail, un séminaire, des réunions de dialogue et une concertation publique volontaire ont permis à la fois de favoriser le partage de connaissances et de compétences avec les citoyens et de recueillir leurs attentes et préoccupations sur les sujets débattus. Ces différents temps ont permis à l'Institut d'échanger pendant la réalisation de ses expertises techniques, en amont des décisions, mais surtout d'enrichir le regard porté par l'IRSN sur le dossier de réexamen par l'apport de points de vue externes.

Le rapport reprend les questions posées pour chaque thématique, comme sur la conformité (thème prioritaire du public lors de la consultation électronique pendant la concertation en 2018) ou sur les améliorations à apporter pour faire face à un accident avec fusion du cœur. Il précise également les avis de l'IRSN et les supports pédagogiques qui y répondent, ainsi que les raisons pour lesquelles certaines d'entre elles n'ont pas pu être traitées. Il a été présenté au HCTISN le 12 décembre 2022. Pour aller plus loin sur ce réexamen, l'Institut a intégré et mentionné explicitement dans dix de ses avis, publiés depuis 2019, les réponses à des questions recueillies lors des échanges et dialogues techniques avec la société civile.

UNE INSTANCE DE DIALOGUE

La création du comité ODISCÉ (pour Ouverture et impulsion du Dialogue avec la Société Civile sur l'Expertise) constitue une nouvelle étape dans la démarche d'ouverture à la société. Ce comité vise à dynamiser les interactions sciences-société autour de l'expertise des risques nucléaires et radiologiques. Composée d'une vingtaine de membres aux profils variés (experts de la participation, experts issus d'associations, non-institutionnels, référents d'exploitants et représentants d'instituts signataires de la charte d'Ouverture à la société, etc.), cette instance a été installée en janvier 2022. Elle a pour mission de conseiller l'Institut sur les actions de dialogue à engager afin de renforcer la pertinence de l'évaluation des risques réalisée par l'Institut en enrichissant les questionnements qui sous-tendent l'expertise du questionnement de la société civile. Sa création répond à un engagement pris dans le contrat d'objectifs et de performance de l'IRSN signé en 2019 avec l'État. Avec ODISCÉ, l'Institut affirme le caractère structurant et pérenne de son action d'ouverture à la société. ODISCÉ, par ses travaux, contribuera à l'instauration d'un dialogue régulier et approfondi sur des sujets techniques portant sur les risques nucléaires et radiologiques ainsi que sur les méthodes et évaluations associées. Le premier sujet de réflexion du comité a concerné l'implication de la société dans la surveillance de l'état radiologique de l'environnement effectuée par l'Institut : son premier avis, remis à l'IRSN le 28 novembre 2022 comporte 28 recommandations en matière de méthodologie, de façon d'intéresser le public, d'actions concrètes et de suivi des actions.

BRÈVES

PARTENARIAT AVEC L'ANCCLI

Jean-Christophe Niel, directeur général de l'IRSN, est intervenu lors de l'assemblée générale de l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (ANCCLI) le 28 juin 2022. À cette occasion, il est revenu sur les nombreuses actions communes mises en œuvre dans les domaines de la sûreté nucléaire, des déchets radioactifs, de la santé, de l'environnement et de la gestion de crise. Il a également évoqué les perspectives liées aux futures expertises caractérisées par des enjeux de sûreté et de radioprotection importants comme le quatrième réexamen de sûreté des réacteurs de 1 300 MWe et la demande d'autorisation de création de CIGÉO.

DÉCHETS NUCLÉAIRES

Les échanges techniques organisés par l'ANCCLI, le Clis de Bure et l'IRSN sur les déchets de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL), se sont poursuivis en 2022. Ils ont porté sur la gestion globale des déchets HA-MAVL en utilisant un outil de dialogue de type « jeu sérieux » et sur les alternatives au stockage géologique profond.



Jean-Christophe Niel,
directeur général de l'IRSN

Après 10 ans de mise en œuvre de la charte d'Ouverture à la société de l'IRSN, nous nous sommes interrogés sur la manière de renforcer encore les interactions entre l'IRSN et la société, en imaginant de nouvelles modalités et en élargissant les parties prenantes impliquées. C'est l'objectif de cette nouvelle instance. Je souhaite que ce comité ODISCÉ formule des recommandations qui nous aident à intégrer de nouveaux questionnements ou de nouvelles données dans nos pratiques. Il s'agit pour l'IRSN d'être encore plus un institut scientifique et citoyen contribuant à la démocratie sanitaire et environnementale.



Michel Badré,
président du comité ODISCÉ

Il n'y a pas de science ou de technique utile, ni de décision démocratique solide dans les domaines techniques complexes, si les experts et la société ne dialoguent pas en profondeur. C'est le meilleur et parfois le seul moyen de renforcer la confiance entre les experts et les citoyens, voire simplement de la faire exister. L'interaction entre les experts et la société est une pratique qui se développe et qui doit permettre à chacun le plein exercice de ses droits et de ses responsabilités.

COMMUNICATION

Contribuer à l'information du public en matière de sûreté nucléaire et de radioprotection constitue l'une des missions de l'IRSN. C'est dans ce but que l'Institut s'attache à sensibiliser le public, notamment les jeunes, aux principaux enjeux liés aux risques radiologiques et nucléaires, et au rôle de l'IRSN en matière de recherche, d'expertise et de surveillance. Il veille à mettre à la portée de chaque public une information adaptée et objective.

20 ANS DE SCIENCES

La participation à la Fête de la science, du 7 au 17 octobre 2022, a été l'occasion pour l'IRSN de mettre en valeur les recherches qu'il mène depuis sa création, à travers une opération intitulée « 20 ans de sciences ». Dans ce cadre, les experts et chercheurs de l'Institut se sont impliqués dans différents événements sur tout le territoire. Il s'agissait d'expliquer au public les risques radiologiques et nucléaires, et le travail mené pour mieux comprendre et évaluer ces risques. Visites de laboratoires, expositions, ateliers ludiques, échanges avec le public : les sites de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) et du Vésinet (Yvelines) ont ouvert leurs portes au public, pour présenter les missions de l'Institut en matière de surveillance, de radioprotection, de gestion de crise et de recherche. Plus précisément, les travaux présentés se sont focalisés sur le déroulement de l'accident de criticité, le rôle de l'IRSN dans la lutte contre le cancer et la gestion de crise, ou encore l'analyse et la métrologie de la radioactivité dans l'environnement. Enfin, l'exposition pédagogique « RADIOACTIVITÉ – Découvrir & comprendre » a été présentée pour la première fois dans sa nouvelle version (lire ci-contre).

Les chercheurs de l'Institut ont aussi participé aux Villages des sciences organisés à Aix-en-Provence (Bouches-du-Rhône), Cherbourg-en-Cotentin (Manche), Nantes (Loire-Atlantique), Vinon-sur-Verdon (Var) et Gap (Hautes-Alpes) où ils ont animé différents ateliers pour aborder de manière ludique les questions liées à l'iode radioactif, au comportement d'un incendie, au combustible des centrales nucléaires à eau pressurisée, au transfert de la radioactivité dans l'air ou dans l'eau...

Au total, ce sont près de 170 collaborateurs qui se sont investis dans neuf événements pour accueillir plus de 1 200 visiteurs en Île-de-France ainsi que 250 élèves dans le cadre d'ateliers pédagogiques.

L'Institut a participé dans le même temps à *Science en direct*, une émission enregistrée en public dans la Grande galerie de l'évolution (MNHN) et diffusée en direct sur la chaîne YouTube *L'Esprit sorcier* qui laisse une large place à l'interactivité avec le public. Animée par Fred Courant et accessible à tous, cette émission a notamment mis à l'honneur plusieurs thématiques étudiées à l'IRSN, comme les aléas naturels et la protection des installations nucléaires face au risque d'inondation ou encore les recherches menées sur les effets transgénérationnels de la radioactivité.

Enfin, toujours dans le cadre de la Fête de la science, l'Institut a participé à l'opération *Science dans les classes*, où des chercheurs vont à la rencontre des écoliers, collégiens et lycéens de la région PACA et interviennent dans les classes pour présenter leur métier de chercheur et expliquer les projets sur lesquels ils travaillent.

LES RENCONTRES INTERNATIONALES LYCÉENNES DE LA RADIOPROTECTION REVIENNENT

Après deux années entre parenthèses du fait de la crise sanitaire, les Rencontres internationales lycéennes de la radioprotection se sont déroulées à Fontenay-aux-Roses les 23 et 24 mai 2022. Ces rendez-vous organisés depuis bientôt 15 ans, par l'IRSN, en partenariat avec le Centre d'étude sur l'Évaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN), l'Autorité de sûreté nucléaire, l'Institut national des sciences et techniques nucléaires (INSTN), le Pavillon des Sciences de Bourgogne-Franche-Comté et la Société française de radioprotection (SFRP), permettent à des lycéens provenant d'établissements français et étrangers de se retrouver pour partager leurs travaux scientifiques sur les risques liés à la radioactivité menés durant l'année scolaire avec le soutien de leurs professeurs, accompagnés d'experts et de chercheurs.

Les travaux de l'année 2022 présentés par les 80 élèves issus de différentes régions françaises, du Japon et de Moldavie sont pluridisciplinaires et reposent sur la base du volontariat. Ils sont l'occasion de sensibiliser ces jeunes aux risques liés à la radioactivité et à différents aspects d'une culture pratique de la radioprotection. À distance, les lycéens japonais ont présenté leurs travaux sur les leçons tirées de l'accident de Fukushima ; ceux de Moldavie, qui ont fait le déplacement à Fontenay-aux-Roses, ont évoqué la présence du radon dans les puits de villages moldaves. Quant aux lycéens français, ils ont travaillé sur divers thèmes comme la radioécologie, la radioprotection en milieu médical, en milieu vétérinaire ou encore la gestion des déchets radioactifs de haute activité dans le monde. Lors de ces Rencontres, les lycéens ont également visité des installations de recherche de l'IRSN à Fontenay-aux-Roses et échangé avec les experts et chercheurs en sûreté nucléaire et en radioprotection.

L'EXPOSITION SUR LA RADIOACTIVITÉ SE RENOUVELLE

L'IRSN a entièrement renouvelé en 2022 le contenu de l'exposition « RADIOACTIVITÉ - Découvrir & comprendre » élaborée conjointement avec l'ASN. Cette exposition propose une information objective et pédagogique sur la radioactivité, ses usages, les risques qu'elle peut présenter, ses effets sur la santé et l'environnement.

Composée de plus de 80 panneaux répartis en 11 thématiques, l'exposition « RADIOACTIVITÉ - Découvrir & comprendre » s'adresse à tous ceux qui souhaitent s'informer sur les enjeux liés à la radioactivité, grâce à des explications claires, illustrées par des infographies. Elle est, depuis de nombreuses années, mise à la disposition des établissements scolaires, des établissements de santé, des collectivités locales ou encore des commissions locales d'information...

Cette nouvelle version de l'exposition a été présentée pour la première fois sur les sites de l'IRSN en Île-de-France qui ont ouvert leurs portes à l'occasion de la Fête de la science.

BRÈVE

DES VIDÉOS PÉDAGOGIQUES

En réponse à la préoccupation des Français concernant la gestion des déchets radioactifs perçue comme source de risques importante (édition 2021 du Baromètre IRSN), l'IRSN a réalisé une série de vidéos de chercheurs et d'experts. À travers ces outils pédagogiques, ils répondent aux questions que chacun peut se poser sur les déchets nucléaires. Ces vidéos sont disponibles sur le site Internet de l'IRSN www.irsn.fr/risques-gestion-dechets.

CAPITAL HUMAIN

Veiller à la qualité des conditions de travail pour répondre aux attentes des collaborateurs et maintenir une position attractive sur le marché, anticiper les besoins en matière de renouvellement des compétences et accueillir les jeunes talents, ou encore progresser dans le domaine de l'égalité professionnelle sont autant de priorités que l'IRSN décline dans sa politique de gestion des ressources humaines.

ACCUEILLIR LES JEUNES

Dans le cadre de sa politique « jeunes » destinée à répondre aux engagements pris en matière de renouvellement et de transmission des compétences, l'IRSN accueille chaque année des étudiants en alternance. Du technicien à l'ingénieur, du gestionnaire au chargé de projets, l'alternance couvre une grande diversité de profils pour une durée d'un à trois ans. Sous forme de contrats en apprentissage ou de professionnalisation, ce dispositif permet la formation des jeunes mais également la réinsertion de personnes en recherche d'emploi ou en situation de handicap. En 2022, 27 nouveaux alternants ont été accueillis, ce qui porte à 47 le nombre d'alternants présents à l'Institut : 20 femmes, 27 hommes.

En parallèle, 117 stagiaires (68 hommes, 49 femmes) ont également été accueillis : 27 préparaient un diplôme de niveau bac +2 ou 3 et 90 un diplôme de niveau bac +4 ou 5.

Plus globalement, l'IRSN déploie un plan d'action pour dynamiser le recrutement des jeunes, décliné en trois axes :

- orienter le recrutement des alternants pour compenser en les anticipant les départs en retraite, renforcer les compétences de l'IRSN sur les métiers émergents et constituer un vivier de candidats pour le recrutement en CDI ;
- développer des partenariats et renforcer les relations avec les écoles et universités, en particulier avec les écoles doctorales et celles proposant des cursus en alternance ;
- mettre en place des actions de *sourcing* ciblées avec des cabinets de recrutement spécialisés afin de développer la visibilité de l'IRSN sur le marché de l'emploi et d'attirer de nouveaux talents. En 2022, le déploiement d'une marque employeur a pour objectif d'optimiser le recrutement des jeunes sur le marché de l'emploi.

FACILITER LA MOBILITÉ VERS L'ASN

L'IRSN a signé le 13 septembre 2022 avec l'ASN une convention relative à la mobilité des salariés de l'Institut, en leur permettant d'effectuer un parcours professionnel ou de réaliser un projet professionnel personnel à travers une mobilité vers l'ASN. Cette convention met à jour la convention précédente qui datait de 2011 et réaffirme la nécessité de continuité de l'action entre l'expertise et le contrôle. Elle prend également en compte des évolutions institutionnelles et organisationnelles de l'ASN et de l'IRSN ainsi que l'accroissement des besoins de compétences en sûreté nucléaire et en radioprotection.

Le dispositif prévoit deux formes de mobilité possibles, un accompagnement spécifique des salariés ainsi qu'une valorisation de l'expérience acquise à l'ASN, lors de la réintégration à l'IRSN.

L'INDEX DE L'ÉGALITÉ ENTRE LES FEMMES ET LES HOMMES À L'IRSN ÉVOLUE

L'IRSN a publié en février 2022 sa note en matière d'égalité professionnelle, bâtie autour de cinq indicateurs qui mesurent, depuis 2019, différentes données : écarts de rémunération entre les femmes et les hommes, écarts des taux d'augmentations individuelles entre les femmes et les hommes, écarts du taux de promotions entre les femmes et les hommes, pourcentage de salariées ayant bénéficié d'une augmentation au retour de congé de maternité, nombre de salariés du sexe sous-représenté parmi les dix plus hautes rémunérations de l'entreprise. Pour l'année 2021, la note globale est de 93 points/100 : elle est supérieure à celle de 88/100 obtenue lors des trois exercices précédents. Cette progression marque l'accélération de la politique d'égalité professionnelle et de diversité menée par l'Institut dans le cadre de sa politique sociale et de responsabilité sociétale. Elle résulte notamment de l'accord relatif à l'égalité professionnelle entre les femmes et les hommes conclu le 9 juin 2021 qui fixe des objectifs de progression dans les domaines de la promotion professionnelle, de l'articulation vie privée - vie professionnelle, des conditions de travail et de la réduction des écarts de rémunération entre les femmes et les hommes.

Retrouvez l'index de l'égalité entre les femmes et les hommes en flashant ce QR code



36,5 %
DE FEMMES DANS LA LIGNE
MANAGÉRIALE EN 2021
(CONTRE 33,3 % EN 2020),
EN HAUSSE DE 3,2 POINTS

NOTE GLOBALE DE
93/100
EN 2021 (CONTRE 88/100
EN 2020, 2019 ET 2018),
SOIT UNE HAUSSE DE 5 POINTS

BRÈVE

CONDITIONS DE TRAVAIL

En 2022, l'IRSN a poursuivi sa politique d'amélioration des conditions de travail avec notamment un accord Qualité de vie et des conditions de travail ambitieux pour améliorer la qualité de vie au travail, incluant notamment des assouplissements en matière de conciliation vie professionnelle - vie personnelle. Cet accord fait suite au corpus conventionnel largement revu en 2021 pour répondre aux enjeux d'attractivité notamment sur les plans de la qualité de vie et des conditions de travail : gestion prévisionnelle des emplois et des compétences (GPEC), formation, égalité professionnelle, politique handicap, télétravail...



RECHERCHE

La recherche constitue une activité essentielle pour l'IRSN qui y consacre environ 40 % de ses ressources. Cet effort, maintenu en 2022, poursuit deux objectifs principaux. Il s'agit, d'une part, d'apporter aux équipes de l'Institut en charge de l'évaluation des dossiers liés à la sûreté nucléaire, à la radioprotection de l'environnement, du public, des patients et des travailleurs, à la surveillance radiologique de l'environnement ou à la santé, des connaissances nouvelles issues d'une recherche finalisée leur permettant de remplir, en toute indépendance, leur mission d'expert public des risques radiologiques et nucléaires, en appui aux pouvoirs publics dans ces domaines. Il s'agit, d'autre part, d'éclairer un avenir plus lointain, dans une démarche de recherche anticipative, voire exploratoire, visant à acquérir des connaissances et des compétences dans de nouvelles voies ou de nouveaux concepts, en matière non seulement de technologie, mais aussi d'organisation.

Quelles que soient leur nature et leur portée – nationale, européenne ou internationale –, les programmes de recherche menés par l'IRSN sont conçus, pour la plupart d'entre eux, dans une approche partenariale, avec des universités, des laboratoires, des organismes techniques de sûreté nucléaire, etc. Ils s'inscrivent également dans le cadre de dispositifs tels que le programme *Recherche en matière de sûreté nucléaire et radioprotection* (RSNR), financé par le programme d'investissements d'avenir et opéré par l'Agence nationale de la recherche ou le programme-cadre pour la recherche et l'innovation *Horizon Europe* de la Commission européenne. Enfin, pour la définition de sa politique de recherche et l'orientation de ses programmes, l'Institut s'appuie sur deux instances complémentaires – le Conseil scientifique et le comité d'orientation des recherches.

PARTAGE ET DIFFUSION DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES

REPRISE DES SÉMINAIRES EN PRÉSENTIEL

Élément incontournable d'une recherche efficiente, le partage des connaissances entre scientifiques fait l'objet de réunions régulières qui ont pu reprendre en 2022 en présentiel après deux années d'interruption.

Ainsi, les doctorants de l'Institut se sont retrouvés, dans le cadre des Journées des thèses 2022, du 28 au 31 mars, pour présenter l'avancement de leurs projets. Ces journées ont rassemblé 95 doctorants, leurs encadrants, ainsi que des représentants d'organismes partenaires. Outre les échanges qu'elles permettent sur la diversité des thématiques étudiées au sein de l'Institut, ces journées font partie intégrante du cursus des doctorants, leur permettant de travailler à la présentation de leurs travaux, sous forme de posters pour les doctorants de première année et à l'oral pour les autres.

Relevant de la même démarche, des Journées des thèses thématiques sur le combustible nucléaire sont organisées dans le cadre d'un partenariat quadripartite entre l'IRSN, EDF, Framatome et le CEA. Elles permettent là encore aux doctorants ou post-doctorants de présenter leurs travaux. La dixième édition de cette Journée a eu lieu en juillet 2022 à Pertuis. Elle a permis à neuf doctorants de l'IRSN de partager avec plus de 30 spécialistes du domaine l'avancée de leurs travaux, aussi bien expérimentaux que théoriques. Parmi ces travaux figurent des pistes novatrices permettant de chauffer le combustible par des lasers.

L'année 2022 a également renoué avec l'organisation de la Journée de recherche en sûreté, le 9 juin, à Cadarache. Outre les équipes de recherche, cette journée a accueilli des collaborateurs de l'IRSN dans le domaine de l'expertise et de la Direction de la stratégie. Consacrée à l'excellence scientifique et à l'innovation, cette journée a permis, au travers d'interventions plénières et d'échanges autour d'une trentaine de posters, d'illustrer les principales activités de la recherche que sont la modélisation, l'expérimentation et le développement de logiciels de simulation scientifiques. Elle a en outre fortement contribué à reconstruire un collectif mis à mal par la crise sanitaire et permis aux scientifiques et aux experts techniques de partager entre eux, sur la diversité de leurs recherches visant le même objectif : faire progresser la sûreté.

Dans le domaine plus précis des sciences des données, le deuxième séminaire SCIDONI (Science des données à l'IRSN) a réuni, les 12 et 13 mai, près d'une centaine de collaborateurs de l'IRSN, membres de la communauté de pratiques dédiée à la gestion et la valorisation des données autour de trois temps forts : session pédagogique, sessions techniques et tables rondes sur l'intégration des sciences des données et sur le développement d'une intelligence artificielle. Ce séminaire a contribué à renforcer l'acculturation de l'IRSN sur les sciences des données et à favoriser la transversalité dans ce domaine.

Enfin, dans le cadre de l'expertise technique liée au projet de stockage de déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL) en couche géologique profonde (le projet CIGÉO), l'IRSN a organisé en septembre un séminaire sur les « fractures naturelles en formation argileuse » qui a rassemblé 80 experts internationaux. Ce séminaire avait pour objectifs de dresser un état de l'art sur les caractéristiques des fractures en milieux argileux et d'identifier les connaissances à approfondir le cas échéant pour la modélisation des éventuels écoulements d'eau associés.



ÉVALUATION PÉRIODIQUE DE LA RECHERCHE À L'IRSN PAR LE HCÉRES

Prévue tous les cinq ans pour les établissements publics menant des activités de recherche, l'évaluation, comme le prévoit le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Hcéres), comporte deux parties : l'évaluation des unités de recherche et celle de l'établissement dans son ensemble. Pour l'évaluation des unités de recherche, l'Institut avait proposé et obtenu la validation de sa propre instance externe d'évaluation. Elle a donc été mise en œuvre dès 2018 et s'est étendue sur un plan quinquennal prévoyant l'évaluation successive des 15 groupes thématiques de recherche (GTR) issus de la déclinaison de la stratégie scientifique de l'IRSN. Elle a abouti en 2022, avec l'évaluation, et la remise du rapport d'évaluation par chacune des commissions d'évaluation dédiées, des six derniers GTR : dosimétrie, confinement, radiobiologie radiopathologie et actions thérapeutiques, risques naturels, activités en SHS et vieillissement des installations et des systèmes.

L'établissement a été évalué en 2022. À cette fin, l'IRSN a établi son rapport d'autoévaluation, et remis celui-ci au Hcéres le 30 juin 2022. L'évaluation de l'établissement s'est poursuivie par l'accueil du comité d'évaluation à Fontenay-aux-Roses du 8 au 10 novembre 2022, 3 jours pendant lesquels ont eu lieu une quarantaine d'entretiens individuels ou collectifs de représentants IRSN et de ses partenaires. Le processus d'évaluation se conclura en mars 2023 avec la remise du rapport définitif du Hcéres.



BRÈVE

RENFORCER LA COMPLÉMENTARITÉ ENTRE RECHERCHE ET EXPERTISE DANS LE DOMAINE DE LA SÛRETÉ

L'IRSN a organisé pour la première fois, du 21 au 23 novembre 2022, des rencontres expertise - recherche en matière de sûreté nucléaire, dans le cadre de la semaine IRE (Intégration recherche expertise) : trois demi-journées ont été consacrées aux travaux de recherche menés au sein de l'IRSN pour conforter, accompagner, guider ou anticiper les besoins de l'expertise. Les sujets évoqués ont notamment abordé le comportement des peaux d'étanchéité des REP en condition d'accident grave, les études des chemins de propagation d'un incendie ou encore l'évaluation des débits de fuite au travers des parois de béton fissurées...

Les exposés ont nourri de nombreux échanges entre experts et chercheurs. Ils ont permis de souligner la collaboration très forte entre les équipes pour permettre aux uns d'améliorer leurs connaissances collectives et de mieux comprendre le contexte de leurs travaux, aux autres d'argumenter avec pertinence les conclusions de leurs expertises.

Ces rencontres ont rassemblé à chaque fois plus d'une centaine de collaborateurs de l'Institut, en présentiel ou à distance.

FORMATION PAR LA RECHERCHE

Dans tout organisme de recherche, la formation à et par la recherche répond à une mission fondamentale de transfert des connaissances et des compétences acquises au sein de ses laboratoires. Pour l'IRSN, elle est aussi un levier privilégié pour piloter ses programmes de recherche et leur évolution ; elle fait à ce titre l'objet d'une attention particulière.

Le dispositif de formation à et par la recherche de l'IRSN représente une centaine de doctorants et post-doctorants, soit près d'un quart des moyens humains consacrés aux activités de recherche de l'Institut. En 2022, ce sont 36 nouvelles thèses qui ont démarré et 25 qui ont été soutenues.

Les sujets couvrent une large palette de disciplines scientifiques, physique, biologie ou sciences sociales et les travaux contribuent directement à la maîtrise des risques nucléaires et à la protection de la population et de l'environnement contre les risques radiologiques. Les campagnes de thèses successives sont ainsi mises à profit pour investir de nouveaux domaines, explorer de nouveaux concepts ou outils scientifiques, ou développer de nouveaux partenariats.

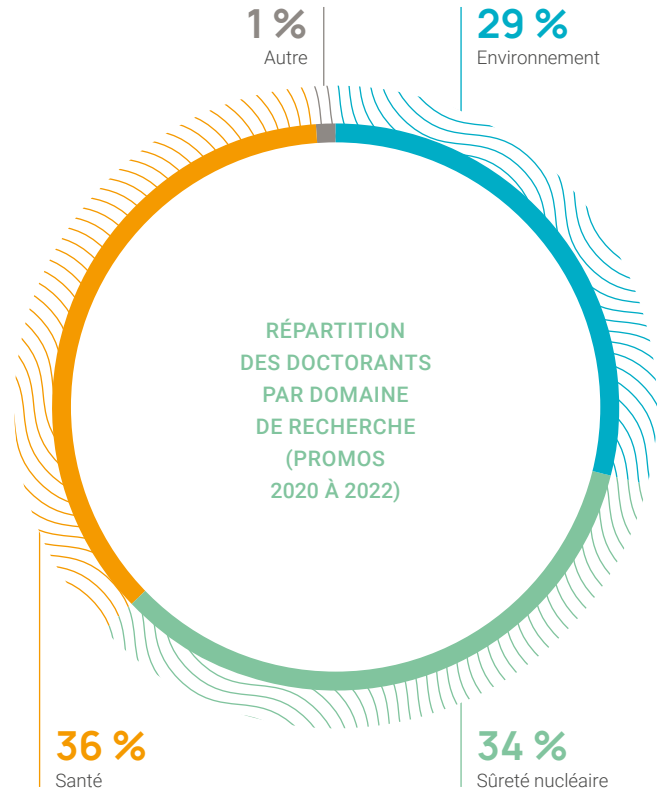
En complément de son programme doctoral, l'IRSN accueille chaque année plusieurs jeunes chercheurs dans le cadre de contrats post-doctoraux. Recrutés pour une durée moyenne de 18 mois, ils contribuent souvent à des projets de recherche ambitieux sur le plan scientifique. En 2022, ils étaient neuf à rejoindre les équipes de chercheurs de l'Institut, six en lien avec des projets lauréats des appels *Horizon Europe* ou ANR, un dans le cadre d'un partenariat avec l'Agence spatiale européenne (ESA) et deux pour mener des travaux soutenus par l'IRSN au titre de son programme de recherche exploratoire.

Compte tenu de la place particulière que jouent ses doctorants dans son activité scientifique, l'IRSN est attentif à bien les accompagner. Ils bénéficient ainsi d'un cursus de formation adapté, destiné à faciliter leur apprentissage de l'activité de recherche et plus largement à préparer leur futur parcours professionnel. L'accompagnement proposé prend par exemple la forme d'ateliers de rédaction d'articles scientifiques, de conseils sur la constitution d'un réseau professionnel ou de modules de formation sur la mise en œuvre des politiques d'*open access* et d'ouverture à la société, ou des exigences en matière d'intégrité scientifique.

Le développement des aptitudes en matière de communication et de vulgarisation est également encouragé. Fin mars 2022, neuf doctorants ont ainsi participé au concours d'éloquence « 3 minutes pour une thèse » organisé par l'Institut et diffusé en direct sur sa chaîne YouTube dans le cadre des Journées des thèses IRSN. Pour les accompagner dans cet exercice, les candidats ont auparavant bénéficié d'une formation à la prise de parole en public.

2022 a par ailleurs vu l'Institut procéder à une revalorisation importante de la rémunération de ses doctorants. Reprenant à son compte les objectifs fixés par la loi de programmation de la recherche, l'IRSN a décidé de faire passer cette rémunération à 2 300 € brut par mois dès le mois de septembre 2022 ce qui représente une augmentation de plus de 200 €.

Parallèlement aux actions précédentes, l'IRSN continue à renforcer sa capacité à encadrer des doctorants en encourageant ses chercheurs à passer une habilitation à diriger des recherches (HDR). Cinq HDR ont été soutenues avec succès en 2022, portant à 69 le nombre de HDR dans les rangs de l'Institut.



Marie Frèrejacques,
doctorante lauréate du concours IRSN
« 3 minutes pour une thèse » 2022 avec
Un crime toxique presque parfait

« 3 minutes pour une thèse » est un exercice que je recommande à tous les doctorants ! Cela permet à la fois de prendre du recul sur son travail et de le vulgariser pour pouvoir l'expliquer à nos proches, et d'apprendre à parler en public. Une compétence qui est bien utile, y compris lors des congrès scientifiques où il est important de contextualiser son propos pour les participants qui viennent de domaines plus ou moins éloignés du nôtre. Cela permet de dynamiser son intervention.



Raphaël Gavart,
doctorant

Ce n'est pas simple de résumer en trois minutes un travail de trois ans ! Il faut trouver le bon niveau de vulgarisation, trouver un compromis entre la simplification et le développement de notions complexes. Mais cela permet d'apprendre à gérer son stress et à avoir une bonne posture pour parler en public. Nous avons bénéficié d'une formation qui nous a permis de travailler sur la simplification du contenu mais aussi sur la prise de parole en public. C'est très formateur.

PARTENARIATS SCIENTIFIQUES



RENFORCEMENT DES PARTENARIATS ACADÉMIQUES

Afin de conforter sa position dans le paysage scientifique français et d'accroître la prise en charge de ses sujets d'intérêt, l'IRSN travaille depuis quelques années au renforcement de ses liens avec le monde académique. En complément des relations qu'il entretient de longue date avec les acteurs du nucléaire et en particulier le CEA, il a dans ce cadre choisi de recentrer sa stratégie partenariale autour d'une relation privilégiée avec le CNRS, l'Université Paris-Saclay et Aix-Marseille Université.

Avec le CNRS, une feuille de route commune a été établie en 2022, dans la continuité de l'accord-cadre renouvelé fin 2020 entre les deux organismes. Celle-ci précise six thématiques où la collaboration se renforce : l'altération des matériaux, des composants et des structures ; les séismes et les interactions sol-structure ; les recherches transverses *in situ* dans le domaine de l'environnement ; les nouvelles techniques nucléaires pour la santé ; les capteurs et la métrologie ; les plateformes logicielles et la simulation. Deux domaines transverses sont également concernés : les capteurs, les mesures et leur traitement ; les codes et les plateformes de modélisation scientifique. Pour contribuer au bon déroulement de cette collaboration, un dispositif d'animation spécifique a été mis en place. Il vise à combiner le potentiel de recherche fondamentale du CNRS et les capacités de recherche appliquée de l'IRSN pour renforcer l'évaluation des risques nucléaires et radiologiques et contribuer à relever les défis énergétiques et de santé.

S'agissant ensuite de l'Université Paris-Saclay, un accord-cadre a été signé en mars. Il couvre plus spécifiquement les domaines de recherche portés par les équipes de l'Institut localisées en Île-de-France : la santé, les géosciences et certains aspects de la sûreté nucléaire (neutronique, physique des aérosols, comportement des matériaux). En matière de formation, l'accord-cadre permet d'optimiser l'intervention des chercheurs de l'IRSN dans les programmes d'enseignement de l'Université Paris-Saclay et de mieux faire connaître l'Institut auprès des étudiants. Enfin, l'accord-cadre prévoit une approche mutualisée des infrastructures de recherche entre les deux entités, y compris pour de futurs équipements.

En ce qui concerne, pour finir, les relations avec Aix-Marseille Université, l'implication étroite des équipes de recherche de Cadarache dans trois des instituts de l'Université (ISFIN, ITEM et Institut Sciences de l'Océan) a été complétée par des contacts à un niveau institutionnel en vue d'étudier la mise en place en 2023 d'un cadre général de collaboration.

HORIZON EUROPE : L'IRSN RETENU POUR DE NOMBREUX PROJETS

Les projets de recherche EURATOM menés au titre du programme *Horizon Europe* constituent pour l'IRSN un cadre essentiel de collaboration avec différents partenaires européens. Dans le domaine de la protection du public, des travailleurs et des patients ainsi que de l'environnement contre les rayonnements ionisants par exemple, le programme conjoint européen CONCERT mené au titre du huitième programme-cadre H2020 a permis d'obtenir des résultats sur lesquels s'appuie aujourd'hui le partenariat PIANOFORTE. Retenu début 2022 par la Commission européenne, ce dernier constitue un projet d'envergure qui réunit, sous la coordination de l'IRSN, 58 partenaires issus de 25 États membres de l'Union européenne autour d'un objectif commun : franchir une nouvelle étape dans la construction d'une Europe de la radioprotection. Dans cet esprit, le consortium porteur du projet propose un ambitieux programme de recherche dans de multiples domaines tels que les effets secondaires des traitements utilisant des rayonnements ionisants, les différences de radiosensibilité des individus ou encore la résilience en situation de crise et post-accidentelle.

PIANOFORTE constitue l'un des deux partenariats d'envergure pilotés par l'Institut, aux côtés d'ASSAS, projet destiné à démontrer, dans le domaine de la sûreté nucléaire, la faisabilité d'un simulateur d'accidents graves utilisant le code intégral ASTEC, développé et utilisé par l'IRSN pour ses études et expertises, et qui s'est imposé en tant que code européen de référence dans ce domaine.

Ces deux projets phares font partie des 15 propositions élaborées avec la participation de l'IRSN et soumises à la Commission européenne qui en a retenu 11, ce qui constitue un résultat satisfaisant et représente pour l'Institut un budget alloué de 4,2 M€.



RECHERCHE EN SÛRETÉ

La recherche en sûreté menée par l'IRSN en 2022 était largement consacrée à la thématique des accidents graves, avec le lancement de projets tels qu'ASSAS dans le domaine de la simulation, la poursuite de projets comme PERFROI dans celui de la perte accidentelle de refroidissement, ou encore la clôture de programmes comme MITHYÈNE et SAMYCHO dans le domaine du risque hydrogène. La conduite de ces projets repose, pour la plupart d'entre eux, sur l'utilisation de différentes plateformes expérimentales de l'IRSN situées à Cadarache (Bouches-du-Rhône).

La recherche dédiée à la sûreté des concepts innovants, comme les systèmes de sûreté passifs, et les études en sciences humaines et sociales, au sujet par exemple de la conduite de projets complexes et de la résilience, ont également constitué des éléments saillants de l'année.

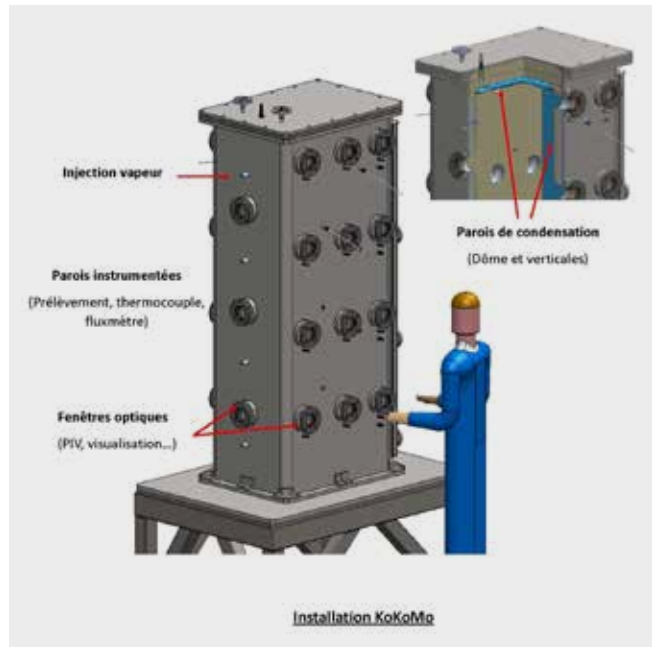
SIMULATION DES ACCIDENTS GRAVES : L'IRSN COORDINATEUR DU PROJET ASSAS

Lancé en novembre 2022 dans le cadre du programme de recherche *Horizon Europe*, le projet intitulé « Intelligence artificielle pour la simulation des accidents graves » (ASSAS) s'inscrit dans la logique du développement par l'IRSN du code ASTEC d'évaluation du terme source de l'accident, devenu le code intégral européen de référence dans le domaine de la modélisation des accidents graves.

Avec ASSAS, l'IRSN et ses partenaires entendent aller plus loin en démontrant la faisabilité d'une extension des simulateurs nucléaires au domaine des accidents graves, en s'appuyant sur le code ASTEC. Le prototype développé dans le cadre du projet pourra notamment contribuer à la formation des étudiants, experts et non-experts de l'énergie nucléaire. Pour cela, il proposera un modèle générique simplifié de réacteur à eau sous pression (REP) du type de ceux en service aux États-Unis et en Europe de l'Ouest. Il comportera également une interface graphique permettant de contrôler la simulation – en temps réel, voire plus rapidement pour certaines phases de l'accident – et de visualiser les principaux phénomènes à l'œuvre dans un scénario accidentel grave donné, aussi bien lors des phases en cuve et hors cuve.

S'appuyant sur l'expérience acquise par les 13 partenaires du projet en matière de modélisation des accidents graves, de simulation du comportement de réacteurs nucléaires et de sciences des données, ASSAS mobilisera des techniques de programmation efficace et de parallélisation ainsi que l'intelligence artificielle pour améliorer les performances d'ASTEC. La base d'apprentissage, constituée de séquences d'accidents graves et utilisée pour l'entraînement automatique des algorithmes d'intelligence artificielle (*machine learning*), sera partagée dans un cadre *open source*.

Le prototype de simulateur constituera la première étape pour le développement de simulateurs analytiques ou pleine échelle étendus aux accidents graves. Ceux-ci pourront être employés dans le futur pour développer des guides d'intervention en accident grave, évaluer la performance de nouveaux systèmes de sûreté et former les opérateurs à leur utilisation.



RECHERCHE DÉDIÉE AUX SYSTÈMES DE SÛRETÉ PASSIFS : L'IRSN LANCE LE PROJET PASTIS

L'accident de la centrale japonaise de Fukushima-Daiichi au mois de mars 2011 a montré, dans certaines situations extrêmes, la vulnérabilité des systèmes de sûreté dont le fonctionnement nécessite une source d'énergie extérieure ou une intervention humaine (notamment dans le domaine du refroidissement du cœur d'un réacteur). Pour faire face à cette vulnérabilité, des concepteurs de réacteurs nucléaires proposent la mise en œuvre de systèmes de sûreté dits « passifs », pilotés par des phénomènes naturels générés par les événements survenant dans un réacteur, notamment dans des situations anormales.

L'utilisation de ces systèmes étant envisagée dans la plupart des nouveaux concepts de petits réacteurs modulaires dits SMR (pour *Small Modular Reactors*) afin de gérer des situations potentiellement accidentelles et d'empêcher leur évolution vers des accidents plus graves, l'IRSN a décidé en 2022 de lancer un programme de recherche en thermohydraulique des systèmes de sûreté passifs dénommé PASTIS (pour *PAssive Systems Thermalhydraulic Investigations for Safety*) afin de pouvoir, le moment venu, évaluer la performance de ces systèmes au regard des exigences de sûreté.

En effet, si les réacteurs à eau sous pression font déjà appel à certains systèmes passifs de sûreté tels que les barres de contrôle de la fission nucléaire, les recombinés d'hydrogène ou les accumulateurs du système d'injection de sécurité, certains concepts de SMR en font la base de leurs fonctions de sûreté. Aussi leur performance et leur fiabilité ainsi que les phénomènes physiques sur lesquels ils reposent doivent être confortés et investigués à la lumière des situations accidentelles susceptibles d'être rencontrées.

Dans cet esprit, le projet de recherche conçu par l'IRSN et bénéficiant d'une aide de l'État gérée par l'Agence nationale de la recherche au titre de France 2030 comprend, dans une première phase qui s'étend de 2022 à 2025, le développement d'une plateforme expérimentale composée de deux installations : une boucle thermohydraulique dénommée ALCINA (pour *Analyse de la Circulation Naturelle*), simulant le principe d'un *safety condenser*, dédiée à l'analyse des paramètres d'influence sur la circulation naturelle diphasique et une enceinte refroidie par une paroi de condensation dénommée KoKoMo (pour *COndensation in a COntainment MOdel facility*), simulant le principe d'un *cold wall condenser*, dédiée à l'étude des mouvements convectifs et des effets couplés condensation - stratification dans une enceinte de confinement immergée dans une piscine en situation d'accident. La seconde phase du projet, à partir de 2026, sera dédiée, dans le cadre de projets de recherche internationaux, à la conduite sur cette plateforme de campagnes d'expérimentation ainsi qu'au développement de modèles thermohydrauliques et à la validation de codes, utilisés ensuite par les experts dans l'évaluation des risques.

SUCCÈS DE LA NOUVELLE CAMPAGNE D'ESSAIS PERFROI/COAL

Dans le cadre du projet PERFROI, 2022 a vu la réalisation d'une troisième campagne d'essais COAL relative à la tenue des crayons de combustible pressurisés et déformés par échauffement à la suite d'un accident de perte du réfrigérant primaire (APRP) et à la capacité du cœur du réacteur à être refroidi. Menée à l'aide d'un dispositif expérimental développé par l'IRSN et implanté dans une boucle thermohydraulique mise à disposition par STERN Laboratories au Canada, cette troisième campagne viendra enrichir la base de données expérimentales utilisée pour valider et améliorer le logiciel DRACCAR, développé par l'IRSN pour simuler le comportement du combustible nucléaire lors d'un APRP et utilisé en appui de ses expertises.

La réalisation d'essais à haute température était l'un des défis technologiques du programme COAL. Pour cela, une conception originale de crayons chauffants a permis de réussir un total de huit expériences au-dessus de 1 000 °C sans aucun dommage sur les crayons et peu de pertes de thermocouples : un exploit technique à souligner.

RECHERCHE EN INCENDIE : CLÔTURE DU PROJET PRISME 3

Troisième phase du programme international de recherche PRISME dédié, depuis 2006, à l'étude des incendies et de leurs vecteurs de propagation dans les locaux confinés et ventilés typiques d'une installation nucléaire, le projet PRISME 3 a fait appel aux installations de la plateforme expérimentale GALAXIE, mise en œuvre par l'IRSN à Cadarache (Bouches-du-Rhône), dans l'objectif d'approfondir les connaissances acquises dans trois domaines : la propagation des fumées lors d'un incendie dans une installation multi-compartiments, la propagation d'un feu d'armoire électrique vers des armoires électriques voisines et enfin la propagation d'un feu sur des chemins de câbles.

Le séminaire de clôture de ce projet engagé en 2017 sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économiques (AEN/OCDE) a réuni fin octobre à Cadarache 12 partenaires issus de huit pays. Les échanges autour du rapport de synthèse du projet PRISME 3 ont montré que si certains résultats – comme l'identification des différents chemins de propagation du feu entre une armoire électrique et d'autres armoires – étaient directement valorisables pour les évaluations de sûreté, d'autres mettaient en évidence les limites actuelles des outils de simulation et le besoin d'accroître significativement l'étendue de leurs domaines de validation. C'est le rôle assigné au projet *Fire risk Assesment through Innovative Research* (FAIR) piloté par l'IRSN dont le lancement est programmé pour 2023, toujours sous l'égide de l'AEN.



MISE EN SERVICE DE LA PLATEFORME LOGICIELLE FUEL+

L'objectif de la plateforme logicielle FUEL+ est de modéliser le comportement du combustible nucléaire en fonctionnement normal, incidentel et accidentel dans les réacteurs ainsi que lors de son entreposage en piscine de désactivation et de son transport pour retraitement. Conçue sur un principe de mutualisation et de couplage de différents logiciels développés par l'IRSN, tels que SCANAIR et DRACCAR, la plateforme FUEL+ permet de modéliser l'ensemble des phénomènes thermomécaniques, thermo-chimiques et thermohydrauliques intervenant dans et autour du combustible nucléaire et de sa gaine à l'échelle du crayon combustible, de l'assemblage ou du cœur du réacteur.



CLÔTURE DES PROGRAMMES MITHYGÈNE ET SAMHYCO-NET

L'année 2022 a vu l'achèvement de deux projets de recherche de l'IRSN liés au risque hydrogène. Financé par l'État dans le cadre du programme Recherche en matière de sûreté nucléaire et radioprotection (RSNR), le premier, dénommé MITHYGÈNE, a permis de développer et de qualifier aux conditions « accidents graves » un prototype de mesure des concentrations des gaz composant l'atmosphère de l'enceinte de confinement en phases en cuve et hors cuve lors d'un accident grave dans un réacteur. Il a également porté sur la réalisation et l'analyse d'essais menés sur l'impact de l'emplacement de recombinaisons autocatalytiques passifs, de la combustion de l'hydrogène et l'interaction flamme-structure. Les résultats ainsi obtenus ont permis de conforter les règles adoptées par l'exploitant EDF pour l'emplacement des recombinaisons dans l'enceinte de confinement, d'améliorer les outils utilisés pour évaluer le risque hydrogène et d'établir des recommandations pour l'amélioration des actions de gestion de l'aspersion lors d'un accident grave.

Le second, dénommé SAMHYCO-NET, est un projet international coordonné par l'IRSN, soutenu par la plateforme européenne NUGENIA. Il a permis d'améliorer la connaissance relative au comportement des recombinaisons soumis à des atmosphères représentatives des phases tardives d'un accident grave.

RECHERCHE EN CRITICITÉ : TROIS AVANCÉES MAJEURES POUR LE PROJET PRINCESS

Mené dans le cadre de partenariats internationaux, le projet PRINCESS vise à acquérir des données expérimentales en neutronique et en criticité. À ce titre, trois expériences majeures ont été menées aux États-Unis en 2022. La première porte sur des mesures de bruits neutroniques utilisant pour la première fois la chaîne de détection de l'IRSN. La deuxième consiste en un exercice de dosimétrie qui permet de s'entraîner à l'évaluation des doses reçues par les travailleurs en cas d'accident de criticité. La dernière est une expérience de criticité réalisée spécifiquement pour les besoins de l'IRSN dans la continuité du programme MIRTE, programme réalisé en France de 2008 à 2013, destiné à faire progresser la connaissance relative aux caractéristiques neutroniques de certains nucléides présents dans les matériaux de structure utilisés dans le cycle du combustible nucléaire.



Céline Poret,
chercheuse en sciences
humaines et sociales



Alexandre Largier,
chercheur en sciences
humaines et sociales

RECHERCHE EN SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES : LA CONDUITE DE PROJET COMPLEXE ET LA RÉSILIENCE EN QUESTION

Des évolutions intervenues dans l'environnement industriel conduisent l'IRSN à s'intéresser, dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, aux problématiques de conduite de projets complexes et de résilience sous l'angle des facteurs organisationnels et humains. Chercheurs en sciences humaines et sociales au sein de l'Institut, Céline Poret et Alexandre Largier en expliquent les raisons.

Quelles questions soulèvent selon vous l'incidence des transformations constatées dans l'environnement industriel du point de vue de la conduite de projets dans le secteur nucléaire ?

Céline Poret Pour faire face à ces évolutions, qui nécessitent notamment des organisations actuelles qu'elles soient réactives et flexibles, les différents secteurs industriels se sont structurés par processus, mettant en place une gestion par projets, des coopérations dans le cadre de supply chains qui intègrent des fournisseurs, des sous-traitants... Ces configurations organisationnelles « transversales » remettent en cause la structure hiérarchico-fonctionnelle des organisations traditionnelles et soulèvent des questions en sciences humaines et sociales. L'une d'entre elles est de comprendre comment les différentes dimensions de la performance – dont la sûreté, la sécurité des patients et la radioprotection – se construisent et se maintiennent dans des organisations qui se caractérisent par une multidistribution des activités, à la fois spatiale, temporelle, multi-entreprises, etc.

Comment l'IRSN aborde-t-il cette complexité nouvelle ?

CP Nous cherchons à appréhender au travers de notre programme de recherche « Gestion des coopérations complexes » les mécanismes qui font que les articulations entre différents acteurs et la performance finale obtenue ne se résument pas à une simple somme de contributions. Pour cela, nous menons des projets qui s'intéressent à la fois à des configurations organisationnelles et à des dimensions de la performance différentes. Certaines configurations organisationnelles se caractérisent ainsi par des activités qui se chevauchent

de manière distribuée dans l'espace et le temps, comme la fabrication de grandes pièces forgées et moulées ou la préparation des traitements en radiothérapie, tandis que d'autres se caractérisent par des activités qui se chevauchent dans un même espace, comme le prolongement nord de la ligne 14 de la RATP ou le projet CIGÉO de stockage géologique de déchets nucléaires. Aussi, dans certains projets nous cherchons à comprendre comment la sûreté nucléaire est construite et maintenue dans ces organisations, alors que dans d'autres il s'agit de regarder la radioprotection et/ou la sécurité des patients.

Que faut-il entendre par « résilience » dans le nucléaire ?

Alexandre Largier La notion de résilience, quoique relativement récente dans le domaine de la maîtrise des risques, est de plus en plus présente dans le quotidien des entreprises et, plus largement, dans celui de la société. Les activités menées dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection n'y font pas exception. La résilience, qui s'impose désormais comme un concept important en matière de maîtrise des risques, implique un changement de paradigme destiné à dépasser des démarches de prévention des risques. Afin d'en tirer la plus forte contribution possible à la maîtrise de ces derniers, nous cherchons à cerner les conditions dans lesquelles un tel concept doit être mobilisé et comment il s'articule avec des notions telles que la robustesse et l'anticipation, ou d'autres concepts développés en sciences humaines et sociales comme l'ajustement ou l'adaptation. Au mois de juillet 2022, l'IRSN a participé au 56^e congrès de la Société d'ergonomie de langue française, consacré aux vulnérabilités et aux risques émergents, et a présenté une analyse dont la principale conclusion était que le spectre de la résilience devait être réduit afin d'en avoir un usage pertinent. Dans le domaine de la sûreté nucléaire, la résilience pourrait être définie comme la capacité d'un système sociotechnique à s'adapter à un éventail de situations anormales, dégradées et critiques, en développant des capacités d'anticipation, de réponse et de récupération à différents niveaux d'organisation, afin de faire face à des événements inattendus.

RECHERCHE EN SANTÉ

L'année 2022 a notamment été marquée par des étapes importantes à l'échelle européenne en matière de radioprotection, avec le démarrage du projet de partenariat PIANOFORTE et la publication, dans le cadre du projet MEDIRAD, de recommandations visant à renforcer la radioprotection des patients et du personnel médical. À noter également la poursuite du déploiement des nouvelles modalités d'administration d'iode stable pour mieux protéger la population en cas de rejets d'iode radioactif.

PIANOFORTE, UNE VISION PARTAGÉE DE L'AVENIR DE LA RADIOPROTECTION

Sélectionné par la Commission européenne et coordonné par l'IRSN, le projet de recherche PIANOFORTE est une nouvelle étape dans la construction d'une Europe de la radioprotection. Regroupant 58 partenaires représentant 22 pays de l'Union européenne, le Royaume-Uni et la Norvège, et coordonné par l'IRSN, il est co-financé par le programme EURATOM et les États membres.

Ce projet concrétise une vision partagée de l'avenir de la radioprotection dans le cadre d'*Horizon Europe*, programme-cadre de recherche et d'innovation de l'UE pour la période 2021-2027. PIANOFORTE succède au programme européen CONCERT de recherche en radioprotection et traduit en termes programmatiques la vision commune d'organismes et de plateformes de radioprotection.

PIANOFORTE contribuera aux politiques européennes prioritaires que sont la lutte contre le cancer, la protection de la santé vis-à-vis des risques environnementaux et l'amélioration de l'anticipation et de la résilience en situation de catastrophe. Dans ce but, les recherches multidisciplinaires seront favorisées et les projets de recherche, axés sur des priorités clairement identifiées, seront sélectionnés par le biais d'appels d'offres.

Ainsi, entre 2023 et 2025 seront notamment organisés trois appels d'offres, ouverts à l'ensemble de la communauté européenne de la recherche pour la radioprotection et centrés sur quatre thèmes :

- l'amélioration de la radioprotection des patients en lien avec l'utilisation des rayonnements ionisants dans le domaine médical ;
- la meilleure compréhension de la variabilité de la réponse individuelle à une exposition aux rayonnements ionisants ;
- l'étude des mécanismes mis en jeu lors d'une exposition chronique aux faibles doses de rayonnements ionisants ;
- l'amélioration des capacités d'anticipation et de résilience en situations de crise d'origine nucléaire ou radiologique et de gestion post-accidentelle.

Une attention particulière sera portée à l'implication des parties prenantes (autorités, société civile, praticiens de la radioprotection, experts...) dans la définition des thématiques scientifiques qui feront l'objet des appels d'offres. Ce partenariat vise aussi à établir des ponts avec les activités de recherche menées au niveau européen dans le domaine « hors-EURATOM » notamment celles conduites dans le domaine de la santé.

La réunion de lancement de PIANOFORTE s'est tenue les 14 et 15 juin 2022. Elle a rassemblé une centaine de participants : une large participation traduisant l'ambition de ce programme. Cette rencontre a permis aux partenaires de commencer à travailler sur la méthodologie en vue de hiérarchiser par priorité les thèmes de recherche qui donneront lieu aux appels à projets, dont le premier doit être publié en avril 2023.

MEDIRAD : DES RECOMMANDATIONS POUR UNE MEILLEURE RADIOPROTECTION

Lancé en 2017 et pour cinq ans, le projet européen MEDIRAD a abouti à l'élaboration de recommandations, afin d'optimiser l'utilisation de rayonnements ionisants dans le domaine médical et d'améliorer la radioprotection des patients et des professionnels de santé.

Financé dans le cadre du programme de recherche H2020 EURATOM et coordonné par ISC Global (Espagne) et l'Université Paris Descartes, le projet MEDIRAD a réuni 33 partenaires de 14 États membres européens.

Il avait vocation à rapprocher les communautés scientifiques et médicales dans le domaine de la recherche pour la radioprotection médicale et visait à optimiser l'utilisation des rayonnements ionisants en radiothérapie, médecine nucléaire, imagerie médicale et radiologie interventionnelle. Ce projet avait également pour ambition de promouvoir les liens entre science, médecine et société, pour une meilleure qualité de vie des patients et une meilleure protection des professionnels de santé.

Contributeur majeur dans ce projet, l'IRSN a participé aux travaux de MEDIRAD dans trois secteurs d'application des rayonnements ionisants en médecine :

- en radiothérapie, où les travaux se sont focalisés sur l'évaluation des risques de toxicité cardiaque associés aux radiothérapies des cancers du sein et à l'optimisation des pratiques ;
- en radiologie interventionnelle, et plus particulièrement la radioprotection des professionnels de santé et l'optimisation des pratiques ;
- en imagerie médicale, avec l'évaluation du risque de cancer associé à la scanographie pédiatrique.

Sur la base des résultats scientifiques produits, l'IRSN a coordonné l'élaboration de recommandations en matière de radioprotection avec l'appui des parties prenantes : associations de patients, associations de professionnels de santé, autorités compétentes en radioprotection et industriels dans le secteur médical. Ces recommandations sont regroupées en quatre axes : la consolidation des bases de données « patient » au niveau européen ; l'optimisation des protocoles à visée diagnostique ou thérapeutique mettant en jeu l'irradiation ; l'optimisation pour la radioprotection des patients et du personnel médical ; les pistes de recherche européenne pour la radioprotection médicale.



BRÈVE

PROPHYLAXIE DE L'IODE STABLE ET PROTECTION DE LA POPULATION

Dans le cadre du projet de recherche PRIODAC, initialement soutenu dans le cadre du programme RSNR et destiné à déterminer de nouvelles modalités d'administration d'iode stable (KI-65 mg) pour mieux protéger la population en cas de rejets répétés d'iode radioactif, une demande d'extension de l'autorisation de mise sur le marché (AMM) pour une prise répétée chez la catégorie des femmes enceintes a été déposée en octobre 2022 par la Pharmacie centrale des armées. Piloté par l'IRSN, ce projet a déjà abouti à une première modification de l'AMM pour une prise répétée jusqu'à 7 jours consécutifs pour les personnes de plus de 12 ans.

RECHERCHE EN ENVIRONNEMENT

En 2022, les projets relatifs à l'impact sur le milieu marin et les écosystèmes terrestres d'une contamination de l'environnement à la suite d'un accident nucléaire, à l'écotoxicologie des radionucléides et à la gestion des déchets radioactifs étaient au cœur de la recherche menée par l'IRSN dans le domaine de l'environnement.

STOCKAGE GÉOLOGIQUE DE DÉCHETS : L'IRSN LANCE L'EXPÉRIMENTATION VSEAL

Dans le cadre de l'expertise qu'il mène au titre de ses missions sur le projet CIGÉO de stockage géologique de déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue (HA-MAVL), l'IRSN conduit des activités de recherche notamment en matière de tenue dans le temps des scellements. L'objectif de ces recherches est de permettre aux équipes de l'IRSN d'évaluer, dans le cadre de l'expertise des dossiers de sûreté établis par l'Andra, l'aptitude des techniques de scellement retenues à assurer une fonction majeure de confinement de ce type de déchets sur une très longue durée.

En 2022, l'Institut a engagé le projet VSEAL, mené dans son laboratoire de recherche souterrain de Tournemire (Aveyron). Celui-ci vise à observer, sur une quinzaine d'années, les effets de l'eau de ruissellement et de l'hydrogène qui serait produit par les déchets stockés sur le maintien, dans le temps, de l'étanchéité d'un scellement. Celui-ci utilise une variété d'argile qui possède d'importantes propriétés de gonflement, la bentonite, matériau retenu pour sceller l'installation CIGÉO à l'issue de sa période d'exploitation.

VSEAL illustre la capacité de l'IRSN à traduire des questionnements scientifiques et techniques, en programme de recherche intégrant des essais technologiques, dans la perspective des futures expertises à mener.



CLÔTURE DU PROJET AMORAD : LES PRINCIPAUX ACQUIS

Améliorer les modèles permettant d'évaluer la dispersion de radionucléides dans l'environnement et leur impact sur le milieu marin et les écosystèmes terrestres à la suite d'un accident tel que celui de Fukushima-Daiichi, tel était l'objectif du projet AMORAD, lancé en France en 2013 dans le cadre du programme de Recherche en sûreté nucléaire et en radioprotection (PIA RSNR). Outre plusieurs partenaires nationaux (Andra, BRGM, CNRS, EDF, Ifremer, LSCE, universités de Bordeaux, Pau, Toulon, Toulouse et Versailles), le projet associait l'université japonaise de Tsukuba.

Deux axes de recherche ont été retenus au titre du projet. Le premier s'intéressait à la dispersion marine et côtière des particules sédimentaires et des radionucléides dissous, à leur transfert aux chaînes trophiques ainsi qu'au développement d'approches permettant d'évaluer une vulnérabilité environnementale et économique des zones côtières face à un rejet. Le deuxième a porté sur le devenir de la contamination dans les milieux terrestres, avec une attention particulière portée au système sol-arbre-forêt et au transfert des radionucléides depuis les sols d'un bassin-versant jusqu'à la mer.

Une extension du projet, dénommée AMORAD II, a été engagée en 2019 avec deux objectifs. Il s'agissait tout d'abord d'acquérir des données complémentaires à Fukushima et sur des forêts françaises afin de progresser sur un modèle de transfert sol-arbre. Le second objectif était de développer une approche multi-modèles d'évaluation des coûts associés à la perte de ressources économiques à la suite d'un accident nucléaire. Le séminaire de clôture qui a réuni en 2022 les 13 partenaires a permis d'en dresser un bilan et de dégager quelques grands acquis.

Concernant la simulation de la dispersion des radionucléides dans l'environnement terrestre et marin ainsi que de l'évaluation des concentrations associées, AMORAD a permis d'affiner les modèles existants ou d'en créer de nouveaux. Pour ne citer que quelques exemples : simulation plus réaliste des dépôts en delta ou estuaire, intégration de l'effet des processus de dépôt et remise en suspension sur le moyen terme dans les modèles de transport sédimentaire en zone côtière, création d'un système expert permettant de remonter à l'origine possible d'un rejet en cas d'observations d'activités en radionucléides anormales dans une zone, développement d'un modèle d'évaluation des flux de radionucléides pouvant être lessivés depuis un bassin-versant vers une rivière après des retombées atmosphériques, etc.

Concernant l'évaluation des coûts d'un accident, autre grand volet du projet, AMORAD a permis par exemple de créer deux modules d'évaluation, en cas de rejets et/ou de retombées post-accidentels, des pertes économiques engendrées sur les filières du bois et de la pêche en mer. Les résultats obtenus mettent en lumière pour la première fois l'ampleur des préjudices économiques qui pourraient être associés notamment aux pertes des services écosystémiques (chasse, cueillette, eau potable) en cas d'accident, et qu'il s'agira désormais de mieux apprécier.

Certains résultats d'AMORAD seront utilisables pour des recommandations aux pouvoirs publics en matière de doctrine de gestion post-accidentelle d'un accident nucléaire.



CONTAMINATION RADIOACTIVE DE L'ENVIRONNEMENT : QUELS EFFETS À LONG TERME SUR LA BIODIVERSITÉ ?

La contamination de l'environnement par des substances radioactives et les risques associés pour la biodiversité font l'objet d'un vaste débat sociétal et scientifique. De nombreuses inconnues contribuent à des controverses sur les effets écologiques de ce type de contamination, freinant par ailleurs la mise en place de critères de protection de l'environnement. Dans ce contexte, une des missions de l'IRSN, en sa qualité d'expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques, est d'apporter des éléments scientifiques étayés à ce débat. C'est pourquoi, en juin et juillet 2022, le Laboratoire de recherche sur les effets des radionucléides sur les écosystèmes (LECO) a conduit, dans la préfecture de Fukushima, des travaux de recherche sur le terrain et en laboratoire, en partenariat avec l'Institut de la radioactivité environnementale (*Institute of environmental radioactivity*, IER) de l'université de Fukushima.

Un premier projet porté par l'IRSN, intitulé KERO, a pour objectif de comprendre et de mesurer les conséquences à long terme de la contamination radioactive de l'environnement sur la faune, à travers une espèce sentinelle, la rainette *Dryophytes japonicus*. Ce projet, financé par l'IRSN et également au travers d'autres programmes de financement (NEEDS, ECCOREV, EC2CO, ERAN Japon, etc.), réunit plusieurs instituts et universités (Aix-Marseille, Fukushima, Hiroshima, Lyon 1, Paris-Saclay). Ce projet aborde plusieurs questions : quels sont les impacts de la radio-contamination sur ces grenouilles (physiologie, comportement, etc.) ? Comment ces effets individuels peuvent-ils entraîner des répercussions à l'échelle des populations ? Comment ces populations évoluent-elles dans ces régions ? Peuvent-elles s'adapter ? De telles questions évolutives sont encore peu traitées par la communauté scientifique en dépit d'attentes fortes de la part des experts dans le domaine de la réglementation environnementale comme du grand public. En effet, plusieurs années après les accidents nucléaires de Tchernobyl et de Fukushima, une question revient souvent : comment « se porte » la faune ? Comment évoluent les espèces dans ces territoires radio-contaminés ?

Un deuxième projet, nommé BEERAD, s'intéresse, lui, à l'abeille domestique, *Apis mellifera*, et regroupe plusieurs enjeux scientifiques, qu'ils soient écologiques, économiques ou sociétaux, étant donné les services rendus à l'espèce humaine et aux écosystèmes, notamment au travers de son rôle dans la pollinisation des plantes à fleurs. Projet financé par l'ANR ainsi que par d'autres programmes (ECCOREV, ERAN), BEERAD réunit, autour de l'IRSN qui le pilote, le centre INRAE d'Avignon ainsi que l'IER. L'objectif de ce projet est, par une approche pluridisciplinaire, d'approfondir la connaissance des effets et des mécanismes d'action des rayonnements ionisants sur la physiologie et les populations d'abeilles domestiques dans le cadre d'une exposition chronique (exposition d'une durée significative par rapport à la durée de vie des organismes exposés) à de faibles débits de dose. Des expériences sont réalisées d'une part, en laboratoire, en utilisant les plateformes d'irradiation Micado-Lab et MIRE de l'IRSN, et d'autre part sur le terrain, par l'installation de ruches dans la préfecture de Fukushima qui seront suivies pendant deux saisons apicoles.

KERO et BEERAD sont deux projets de recherche originaux et novateurs. Ils permettront d'acquérir de nouvelles connaissances contribuant à réduire les incertitudes actuelles en matière d'évaluation des risques écologiques et à évaluer la robustesse des critères de radioprotection de l'environnement pour garantir le bon état écologique des écosystèmes.



Elisabeth Salat,
adjointe de la cheffe du service
des déchets radioactifs et des transferts
dans la géosphère (SEDRE)

GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS : L'IRSN, HÔTE DE LA RÉUNION ANNUELLE DU PROGRAMME EUROPÉEN EURAD

La gestion des déchets radioactifs est un des domaines dans lesquels l'IRSN poursuit des coopérations sur le plan international, notamment dans le cadre du programme de recherche commun européen EURAD. Elisabeth Salat, adjointe de la cheffe du service des déchets radioactifs et des transferts dans la géosphère (SEDRE) de l'Institut, revient sur les objectifs du programme et les temps forts de la réunion annuelle, accueillie par l'IRSN du 28 au 30 mars 2022 à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine).

En quoi consiste le programme européen EURAD ?

C'est un programme de recherche commun, d'environ 60 M€, lancé en 2019 par la Commission européenne pour une durée de cinq ans et financé par celle-ci à hauteur de 50 %. Ce programme a pour bénéficiaires 51 organismes – dont l'IRSN et l'Andra, coordinateur du projet – issus de 23 pays d'Europe, désireux d'approfondir leur coopération en matière de recherche relative à la gestion, et en particulier au stockage, des déchets radioactifs. EURAD repose pour cela sur la mise en œuvre d'un programme durable de recherche et développement ainsi que de capitalisation et de transfert des connaissances déjà acquises. Il vise également à favoriser la compréhension mutuelle et la confiance entre, d'une part, les partenaires scientifiques et techniques, et d'autre part, les acteurs de la société civile.

Qui en sont les principaux partenaires ?

On peut les regrouper en trois grandes catégories : tout d'abord les organismes gestionnaires des déchets radioactifs, comme l'Andra en France, chargés de mettre en œuvre des solutions pour le stockage des déchets radioactifs. Il y a ensuite les organismes d'expertise technique, comme l'IRSN, qui mènent des activités de recherche en vue de renforcer le socle scientifique et technique de leurs missions d'expertise en appui aux décisions prises par les pouvoirs publics. Et puis il y a les organismes de recherche et des universités travaillant à des degrés divers sur les défis de la gestion des déchets radioactifs.

Quelles sont les principales conclusions de la réunion annuelle qui s'est tenue à l'IRSN ?

Je voudrais souligner que cette réunion, organisée en collaboration avec l'Andra, aura été la première occasion pour l'ensemble des partenaires du programme de se retrouver dans un même lieu, après la crise sanitaire. La thématique principale de cet événement était la gestion des connaissances : comment capitaliser les connaissances dans le domaine de la gestion des déchets radioactifs, les partager et identifier les domaines dans lesquels il conviendrait de les approfondir ? Des thématiques telles que l'utilisation de « jumeaux numériques » qui centraliseraient les résultats de différents projets de recherche ont notamment émergé des discussions. Ce sujet sera d'ailleurs approfondi en vue d'être intégré dans de futurs programmes de recherche.



EXPERTISE DE **SÛRETÉ** NUCLÉAIRE

Expert public du risque nucléaire et radiologique, l'IRSN évalue la sûreté des installations nucléaires – réacteurs, usines du cycle du combustible, laboratoires, installations de recherche ou de stockage des déchets radioactifs – à chaque étape de leur cycle de vie, de leur conception à leur démantèlement. Les résultats de ses programmes de recherche et de ses études, l'analyse du retour d'expérience des événements qui se produisent dans les installations et les transports ainsi que les enseignements tirés des évaluations de sûreté précédentes alimentent ses travaux d'expertise.

En 2022, quelques grands dossiers d'expertise ont mobilisé l'IRSN, comme l'identification des principaux enjeux de l'expertise de sûreté nucléaire à 10 ans, le réacteur EPR de Flamanville, les suites du réexamen périodique générique pour les réacteurs de 900 MWe, le projet EPR2, les installations du cycle et en démantèlement, l'emballage de transport R 85, ou encore le retour d'expérience en matière de comportement du combustible en réacteur sur la décennie qui vient de s'écouler. Mais les plus importants d'entre eux restent, d'une part, le réexamen périodique de sûreté du parc électronucléaire – au stade du réexamen générique pour les réacteurs 1 300 MWe (RP4-1300) et de la visite décennale des réacteurs pour ceux du palier de 900 MWe (VD4-900) – et, d'autre part, les travaux liés à l'analyse de l'endommagement par corrosion sous contrainte de tuyauteries connectées au circuit primaire principal de plusieurs réacteurs d'EDF, phénomène qui a conduit à l'arrêt prolongé d'une douzaine d'entre eux.

SÛRETÉ NUCLÉAIRE : L'IRSN IDENTIFIE LES PRINCIPAUX ENJEUX DE L'EXPERTISE À 10 ANS

En 2022, l'IRSN a publié sa stratégie d'expertise de sûreté pour les 10 ans à venir. L'Institut a récemment traité plusieurs grands dossiers de sûreté relatifs aux réacteurs nucléaires (4^e réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe, dossier de mise en service de l'EPR de Flamanville 3), aux installations du cycle du combustible (future piscine d'entreposage centralisé d'EDF), aux laboratoires de recherche ou au transport de matières nucléaires. Dans un contexte très évolutif, l'IRSN fait désormais face à de nouveaux défis : vieillissement des installations, relance du nucléaire, dérèglement climatique... À ce moment charnière, il importait de réviser la stratégie d'expertise en sûreté précédente, de prioriser les enjeux. Cette nouvelle stratégie, applicable à toutes les installations nucléaires civiles, se décline suivant quatre axes principaux.

Le premier axe a pour objectif de renforcer la sûreté en exploitation, qu'il s'agisse par exemple de la bonne appropriation des dispositions de sûreté par les opérateurs de terrain ou de la fiabilisation des interventions. Cela passe notamment par des analyses approfondies de la maîtrise des référentiels d'exploitation et du retour d'expérience d'exploitation.

Le deuxième axe vise à poursuivre l'amélioration de la sûreté de conception des installations existantes, basée sur une vision globale de la sûreté. Il s'agit de stabiliser les référentiels de sûreté pour les installations existantes et de s'assurer de leur déclinaison sur le terrain, tout en veillant à la prise en compte des conséquences des évolutions climatiques, et en analysant les conditions de maintien en exploitation des installations anciennes. Inciter les exploitants à la reprise des déchets anciens et à un démantèlement rapide des installations arrêtées fait aussi partie de cet axe.

Le troisième axe concerne les installations futures. Il s'agit notamment de se positionner sur les objectifs et les exigences de sûreté à retenir en tenant compte des meilleures pratiques et doctrines au niveau international, et du retour d'expérience acquis sur les projets les plus récents, selon une approche proportionnée aux enjeux. En plus de l'EPR2, l'IRSN se prépare à expertiser de nouveaux concepts de réacteurs comme les petits réacteurs modulaires (SMR) mettant en œuvre des technologies innovantes.

Enfin le dernier axe, plus général, consiste à savoir s'adapter et à anticiper. Face à la digitalisation en cours chez les exploitants, aux possibilités offertes par les technologies d'intelligence artificielle, à des méthodes d'études innovantes, mais aussi devant un besoin d'approches plus globales de la sûreté, incluant une vision d'ensemble du système sociotechnique et des organisations, le métier de l'expertise en sûreté changera d'ici 2030. L'IRSN s'y prépare.



489

AVIS ET RAPPORTS
TECHNIQUES
À L'AUTORITÉ DE SÛRETÉ
NUCLÉAIRE EN 2022

VD4-900 : L'IRSN REND DES AVIS SUR LA PROLONGATION DE FONCTIONNEMENT DES RÉACTEURS BUGEY 2 ET TRICASTIN 2

Après le réexamen générique de l'ensemble des réacteurs du palier de 900 MWe (RP4-900), la visite décennale de chacun de ces réacteurs (VD4-900) donne lieu à un rapport de conclusion du réexamen périodique (RCR) établi par EDF. Dans ce document, l'exploitant statue sur la conformité de l'installation à son référentiel de sûreté et dresse, dans ce cadre, le bilan des modifications réalisées ou planifiées sur l'installation en vue de remédier aux écarts constatés ou d'améliorer la sûreté de celle-ci.

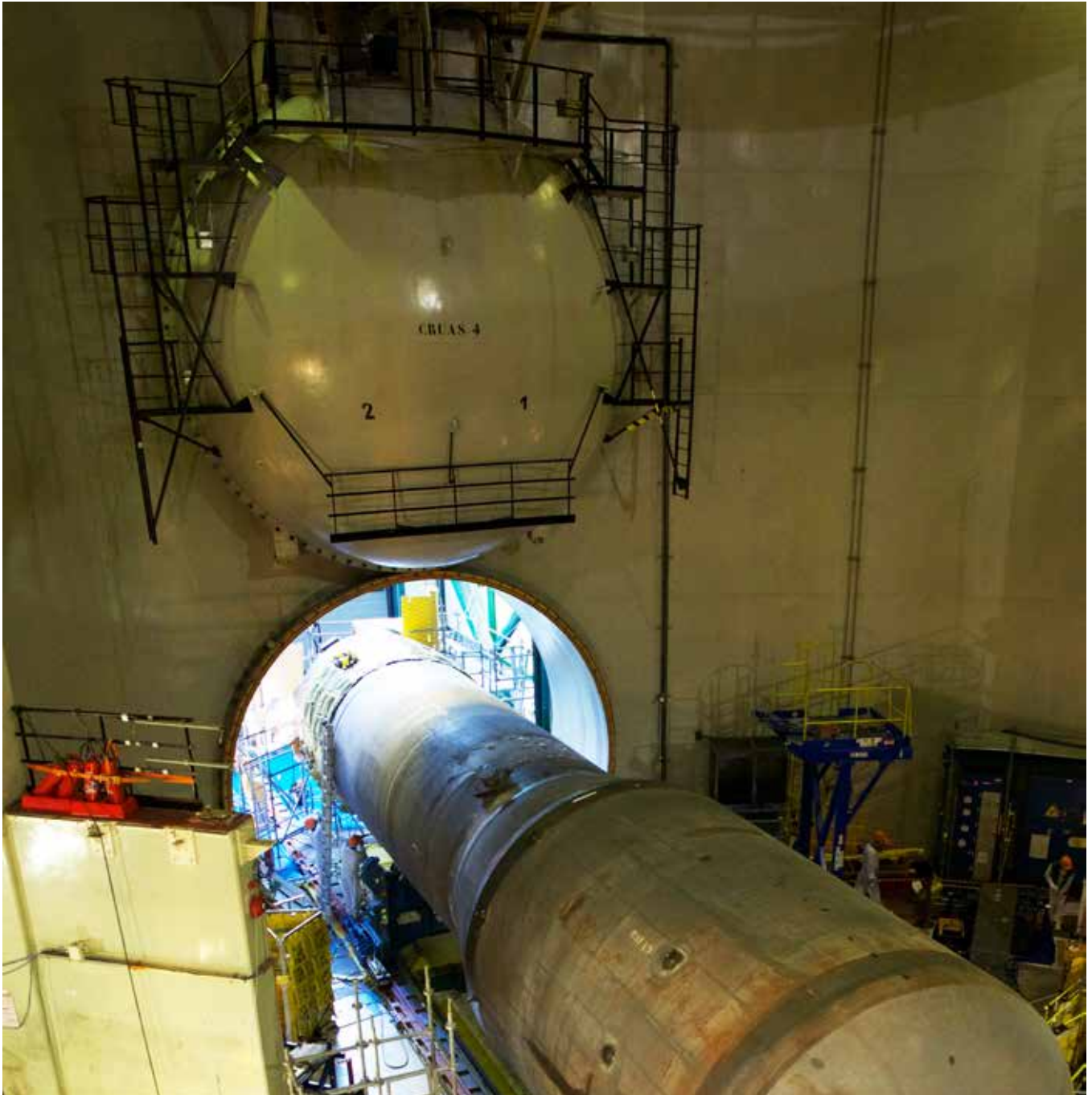
À la demande de l'ASN, l'IRSN a examiné les différentes thématiques de ce RCR, comme la conformité de l'installation, son aptitude à poursuivre son fonctionnement au-delà de 40 ans, la maîtrise des conséquences potentielles liées à son vieillissement, la protection à l'égard des effets des agressions externes, le génie civil, l'état de la cuve, la qualification des matériels aux conditions accidentelles ou encore l'avancement du déploiement des mesures « post-Fukushima ». Pour chaque rapport, près d'un millier de pages sont ainsi analysées afin d'établir l'avis technique remis par l'Institut à l'ASN. En 2022, l'Institut a publié les avis relatifs aux RCR des réacteurs n° 2 du Bugey et n° 2 du Tricastin.

POURSUITE DE L'EXPERTISE DU 4^E RÉEXAMEN PÉRIODIQUE DES RÉACTEURS DE 1 300 MWe

Après avoir mené à bien le 4^e réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP4-900), l'IRSN a poursuivi en 2022 celui des 20 réacteurs de 1 300 MWe (RP4-1 300) mis en service par EDF à partir du milieu des années 1980. Ce chantier considérable, qui a commencé en 2019 par l'examen des dossiers d'orientations de sûreté préfigurant les sujets d'intérêt à instruire lors de la phase générique du RP4-1 300, se poursuit depuis 2021 par l'examen des premiers dossiers de sûreté transmis par EDF. Cette phase générique s'achèvera d'ici fin 2024 avec la publication par l'Institut d'un avis technique à destination de l'ASN, en vue d'une prise de position sur l'aptitude des réacteurs de 1 300 MWe à poursuivre leur exploitation au-delà de 40 ans.

Les experts de l'IRSN se sont appuyés sur les conclusions des expertises menées dans le cadre du RP4-900, remises à l'ASN début 2021, pour hiérarchiser en matière d'enjeux de sûreté, les sujets à examiner, en tenant compte des principales différences de conception entre les réacteurs de 900 MWe et de 1 300 MWe. L'une d'entre elles concerne la double enveloppe qui constitue l'enceinte de confinement des réacteurs de 1 300 MWe, pour laquelle l'Institut a lancé un programme de recherche portant sur le comportement des peaux d'étanchéité à l'intrados du bâtiment réacteur en cas d'accident grave. L'IRSN examinera en outre les études complémentaires de sûreté relatives au chargement de six de ces réacteurs en combustible à base d'oxydes mixtes uranium-plutonium (MOX), ce qui constitue une évolution majeure par rapport à leur référentiel de conception.

Enfin, le RP4-1 300 sera également l'occasion de mettre l'accent sur des sujets hautement complexes comme la prise en compte des agressions internes et externes (incendie, explosion, canicule, inondation interne...) et sur le déploiement des derniers équipements constituant le « noyau dur » qui intègre les enseignements des évaluations complémentaires de sûreté effectuées sur les installations nucléaires à la suite de l'accident de Fukushima-Daiichi.



AVIS DE L'IRSN SUR LE COMPORTEMENT DES JOINTS DES TAMPONS DES TRAVERSÉES D'ACCÈS DES MATÉRIELS DES RÉACTEURS

Comme leur nom l'indique, les traversées d'accès des matériels permettent le passage de différents matériels à travers l'enceinte de confinement du bâtiment du réacteur. Les tampons, dont sont équipées ces traversées, visent à assurer le confinement des radionucléides dans le bâtiment du réacteur, notamment en condition d'accident grave, en comprimant des joints d'étanchéité lors de leur fermeture. L'IRSN a étudié le comportement de ces joints sous l'action conjuguée de l'irradiation, de la température, de la pression et de la vapeur d'eau. Dans l'avis technique qu'il a rendu sur cette base en 2022, l'Institut invite EDF à compléter sa démonstration d'étanchéité en condition d'accident grave, qui n'est à ce jour acquise pour aucun des tampons des traversées d'accès des matériels équipant les réacteurs du parc en exploitation.

L'IRSN S'IMPLIQUE DANS LES ANALYSES DE SÛRETÉ DES PETITS RÉACTEURS MODULAIRES INNOVANTS

Jimmy est un projet de microréacteur calogène à haute température développé par la société Jimmy SAS. À la demande de l'ASN, l'IRSN a évalué en 2022 le caractère suffisant des éléments reçus pour engager une expertise des options de sûreté. Il ressort de cette analyse que les principales options de sûreté (cœur, barrières, principaux accidents, etc.) sont abordées dans le dossier, mais que leur évaluation nécessiterait des éléments complémentaires de la part du concepteur. L'analyse de l'IRSN s'est donc limitée aux sujets techniques structurants du concept Jimmy – comme le cœur et les circuits primaires du réacteur – en vue d'une première évaluation de la maturité et du caractère suffisant des options actuellement proposées.

L'ENDOMMAGEMENT PAR CORROSION SOUS CONTRAINTE DE TUYAUTERIES CONNECTÉES AU CIRCUIT PRIMAIRE PRINCIPAL DE RÉACTEURS D'EDF : UN PHÉNOMÈNE COMPLEXE

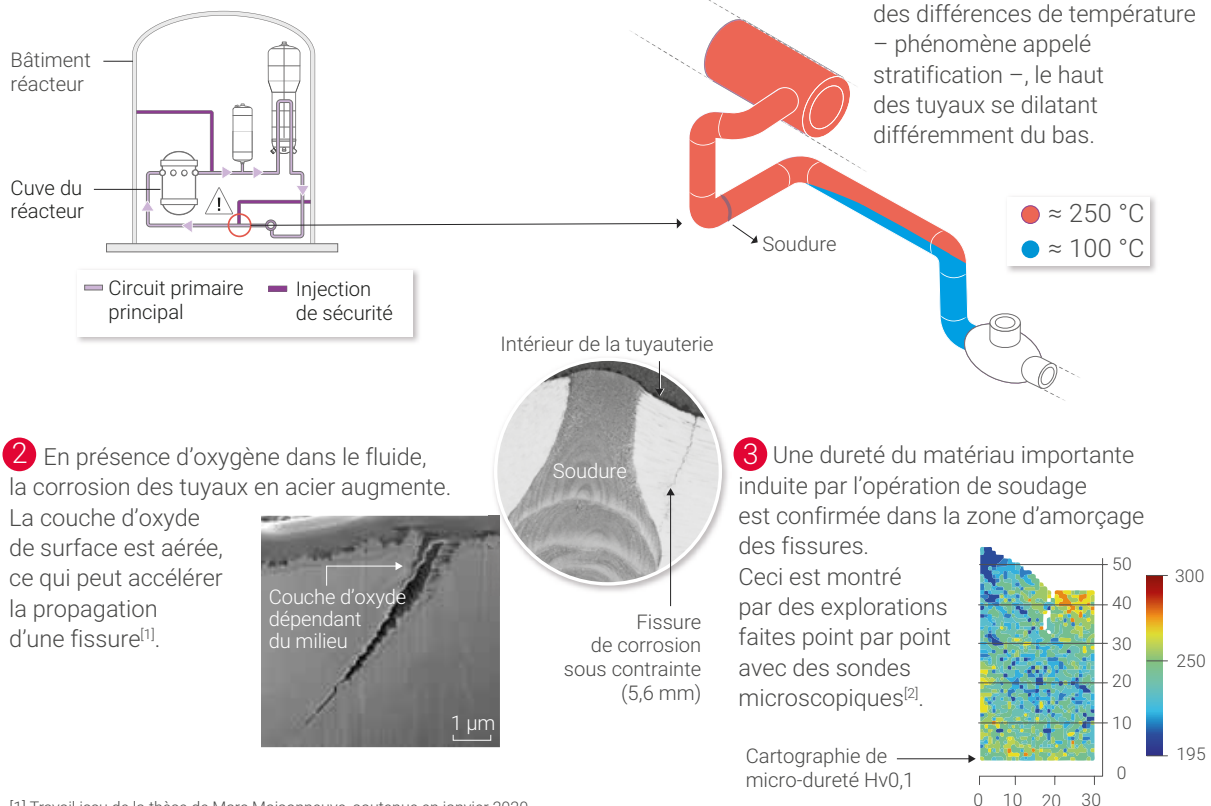
À la fin de l'année 2021, un phénomène de corrosion sous contrainte (CSC) affectant les circuits connectés au circuit primaire de plusieurs réacteurs nucléaires du parc EDF a été constaté, conduisant en 2022 à l'arrêt prolongé d'une douzaine d'entre eux. Il s'agit d'un mode de corrosion assez répandu dans l'industrie conventionnelle mais plus rare dans le nucléaire, et qui résulte généralement, pour un matériau sensible, de l'action conjuguée d'une contrainte mécanique et d'un milieu agressif. Cette dégradation conduit à l'amorçage d'une ou plusieurs fissures, puis à leur propagation au sein du matériau considéré. « Dans les réacteurs, les circuits principaux de refroidissement et les circuits connectés sont en acier inoxydable – alliages de fer, de chrome et de nickel. Le mécanisme élémentaire de la corrosion constatée est lié à une oxydation thermiquement activée du métal, souligne Olivier Dubois, directeur adjoint de l'expertise de sûreté de l'IRSN. Pour un chargement mécanique et un environnement chimique donnés, plus la température est élevée, plus les fissures se propagent rapidement. » Les défauts résultant de la CSC dans les tuyauteries en acier inoxydable sont particulièrement difficiles à détecter par des examens non destructifs (ultrasons ou radiographies). « De plus, il s'agit d'un phénomène pernicieux, dans la mesure où les contrôles réalisés régulièrement sur les tuyauteries ne permettent de l'identifier qu'une fois un défaut assez profond présent. Enfin, la vitesse de propagation

des fissures observées n'est pour le moment pas précisément caractérisée », poursuit Olivier Dubois.

En parallèle des actions mises en œuvre par EDF, l'IRSN a utilisé en 2022 ses outils de simulation pour évaluer les conséquences potentielles qu'aurait la rupture des tuyauteries concernées, et ainsi bien peser les enjeux de sûreté, partagés avec EDF. Alors que les chantiers de remplacement des tronçons concernés menés par EDF se poursuivent et que l'IRSN analyse les différents volets des dossiers d'EDF, les causes profondes des anomalies restent à établir : contraintes mécaniques excessives dues à des phénomènes de stratification thermique, anomalies de soudure, effets chimiques dans lesquels l'oxygène présent dans l'eau pourrait jouer un rôle prépondérant...?

Dans le cadre de ses recherches, l'Institut a également poursuivi en 2022, en collaboration avec des partenaires internationaux tels que la Commission de réglementation nucléaire des États-Unis (US NRC), des travaux visant à mieux comprendre la propagation des ondes ultrasonores dans les aciers inoxydables. Les résultats obtenus permettront à l'IRSN de se positionner au sujet des performances des examens non destructifs mis en œuvre aujourd'hui et en cours de développement.

Corrosion sous contrainte des tuyauteries du système d'injection de sécurité en branche froide



[1] Travail issu de la thèse de Marc Maisonneuve, soutenue en janvier 2020, financée par l'IRSN.

[2] Source : présentation EDF.

RÉEXAMEN PÉRIODIQUE DE LA SÛRETÉ DE L'USINE UP2-800 (INB N° 117) DE LA HAGUE

Dans le cadre de l'expertise de ce réexamen périodique, l'IRSN a présenté en 2022 au Groupe permanent d'experts pour les laboratoires et usines (GPU) placé auprès de l'ASN, les conclusions de son expertise des compléments relatifs à l'atelier NPH, concernant notamment les études de comportement de cet atelier en cas d'aléas naturels (séisme, vent...). L'Institut a souligné l'ampleur des travaux de renforcement et de déconstruction que l'exploitant s'est engagé à réaliser, considéré que les dispositions compensatoires déjà prises par Orano dans le cadre du réexamen périodique de l'usine UP2-800 devaient être maintenues tant que les travaux n'auront pas été menés à leur terme, et souligné que ces travaux devraient permettre le respect des exigences de sûreté actuellement définies pour cette INB.



L'IRSN EXAMINE LA SÛRETÉ DU DÉMANTÈLEMENT DE FESSENHEIM

Le démantèlement d'une installation nucléaire est une opération complexe, qui soulève des questions aux multiples enjeux de sûreté, de radioprotection ou de gestion des déchets. Dans le cadre de ses missions d'expertise, l'IRSN évalue, à la demande de l'ASN, les dispositions de sûreté proposées par l'exploitant dans le dossier joint à la demande de décret de démantèlement. En 2022, l'Institut a engagé l'expertise du dossier de démantèlement de la centrale de Fessenheim (Haut-Rhin) dont les deux réacteurs ont été mis à l'arrêt en 2020. D'une puissance unitaire de 900 MWe, ils seront les 2^e et 3^e réacteurs de la filière à eau sous pression à être démantelés en France, après celui de Chooz A (Ardennes).

Inscrit dans la loi de 2015 sur la transition énergétique pour la croissance verte (TECV), le principe de démantèlement immédiat vise à ne pas faire porter sur les générations futures le poids des opérations afférentes ; il implique de disposer le moment venu des provisions nécessaires, de solutions techniques fiables et de filières industrielles de gestion des déchets radioactifs. Sur le plan de la sûreté, un tel principe présente de nombreux avantages comme une évacuation rapide des substances les plus radioactives, une meilleure connaissance de l'état de l'installation à démanteler, une disponibilité en interne de moyens humains et de compétences, et moins d'effets du vieillissement. Plus généralement, cette approche conduit à diminuer au plus tôt les risques pour le public et l'environnement.

Étalée sur plusieurs années, la gestion d'un projet de démantèlement nécessite d'abord de caractériser l'état initial de l'installation concernée et de définir précisément l'état final visé. Dans ce contexte, le chantier de démantèlement des réacteurs s'organise en quatre grandes étapes : l'évacuation des matières et déchets présents notamment dans le bâtiment du réacteur, le démontage des équipements présents (cuve, générateurs de vapeur, circuits primaire et secondaire...), l'assainissement des locaux (suivi de leur réhabilitation ou de leur déconstruction complète) et pour finir l'assainissement des sols. À ce jour, en France, plusieurs installations nucléaires – usines du cycle du combustible, laboratoires, réacteurs de recherche... – sont en cours de démantèlement. Elles apportent à cet égard un retour d'expérience utile pour ce qui concerne la sûreté de ces opérations qui exigent une planification et des analyses de sûreté spécifiques, considérant notamment les risques de dispersion de substances radioactives, liés à des agressions internes comme l'incendie, ou à la coactivité, en prenant en compte les facteurs organisationnels et humains.

Dans le cas de la centrale de Fessenheim, l'IRSN s'est déjà positionné sur les opérations de retrait des équipements qui ne sont plus nécessaires à la sûreté de l'installation du fait de l'évacuation du combustible. Des opérations préalables au démarrage du démantèlement à proprement parler (prévu en 2025) – telles que la décontamination du circuit primaire ou l'évacuation des différentes parties des anciens générateurs de vapeur entreposés sur site – sont en cours, programmées ou déjà réalisées.

En marge de ces opérations, la centrale de Fessenheim est une opportunité pour des études *in vivo* des effets de phénomènes de vieillissement, notamment sur des équipements ou matériels non accessibles en exploitation ou dont les contrôles sont limités. Pour l'IRSN, des prélèvements de matériaux et composants devraient ainsi être planifiés, à des fins de conservation pour de futurs programmes de recherche et développement, avant que les opérations de démantèlement ne viennent les altérer.

RÉÉVALUATION DE L'ALÉA SISMIQUE POUR LES RÉACTEURS DE 1 300 MWe

L'Institut a examiné en 2022 les mouvements sismiques définis par EDF pour les réacteurs du palier de réacteurs de 1 300 MWe à partir des séismes historiques. Dans son avis issu de cet examen, l'Institut estime satisfaisant l'aléa sismique considéré pour tous les sites, à l'exception de ceux de Cattenom et de Saint-Alban. De plus, il estime que la nouvelle méthode proposée par EDF pour la détermination des couples magnitude/profondeur des séismes historiques présente plusieurs évolutions positives. Néanmoins, il est nécessaire pour l'IRSN de disposer d'éléments complémentaires pour vérifier le bien-fondé de certains choix et hypothèses retenus par EDF dans les phases de calibration et d'application de cette méthode.

DES AVANCÉES MAJEURES DE L'EXPERTISE DE L'IRSN EN VUE DE LA MISE EN SERVICE DE L'EPR DE FLAMANVILLE 3

En 2022, l'IRSN a produit une vingtaine d'avis en vue de la mise en service de l'EPR de Flamanville 3. Plusieurs concernent le traitement par EDF des anomalies affectant des soudures de tuyauteries. Globalement, les éléments correspondants ont été considérés comme acceptables par l'IRSN. En ce qui concerne les systèmes du réacteur importants pour la sûreté, l'expertise menée sur les soupapes du pressuriseur a mis en évidence, nonobstant les modifications favorables apportées, un besoin de surveillance renforcée en exploitation. L'expertise relative à la « recirculation », c'est-à-dire la possibilité de refroidir le cœur à long terme à la suite d'un accident, reste un sujet d'attention ; des essais de démonstration sont toujours en cours. Enfin, lors du fonctionnement des premiers EPR mis en service dans le monde, des fluctuations localisées de puissance du cœur et des défaillances du combustible ont été observées. Pour y remédier, EDF a prévu des solutions qui sont, selon l'IRSN, acceptables dans leurs principes. L'année 2023 devrait permettre de clôturer ces expertises et de poursuivre l'analyse des essais de démarrage du réacteur.

ANALYSE PAR L'IRSN DU DOSSIER EDF RELATIF À L'IMPACT DES SCÉNARIOS DE MIX ÉNERGÉTIQUE SUR LE CYCLE DU COMBUSTIBLE NUCLÉAIRE

À la demande de l'ASN, l'IRSN expertise les études de la cohérence globale du fonctionnement du cycle du combustible réalisées de manière périodique par EDF. Dans ce cadre, l'Institut a publié en 2022 un avis relatif à l'impact des scénarios de mix énergétique sur le cycle du combustible nucléaire. « Si ces scénarios s'appliquent en premier lieu aux réacteurs électronucléaires, leur impact s'étend à l'ensemble des installations du cycle du combustible nucléaire, qui doivent être adaptées aux évolutions de fonctionnement des réacteurs, rappelle Igor Le Bars, directeur de l'Expertise de sûreté à l'IRSN. Aussi l'Institut a-t-il examiné notamment les difficultés ou contraintes d'exploitation susceptibles d'impacter les capacités des installations de traitement des assemblages combustibles usés et de fabrication d'assemblages combustibles à base d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX), la gestion des rebuts MOX, les transports ou encore le fonctionnement global du cycle du combustible » ajoute Jean Lombard, chargé du suivi du fonctionnement du cycle à l'IRSN.

Dans son avis, l'IRSN a émis des recommandations relatives tout d'abord au suivi des projets en cours afin de prévenir la saturation des entreposages de plutonium (liée aux difficultés de production de l'usine MELOX de fabrication d'assemblages combustibles MOX) et d'assemblages combustibles (liée à la baisse de la capacité de traitement des assemblages combustibles usés de l'établissement Orano Recyclage de La Hague). « L'Institut a également recommandé la mise en place d'un dispositif de suivi régulier du fonctionnement du cycle du combustible permettant de mieux prévenir ou traiter les aléas susceptibles de survenir sur une installation en exploitation ou en cours de réalisation, précise Igor Le Bars. L'IRSN a enfin recommandé que soit effectuée une mise à jour de l'analyse prospective à long terme – réalisée en 2020 – des effets de la programmation pluriannuelle de l'énergie sur la cohérence du cycle. »

Parallèlement à la publication de son rapport d'expertise, disponible sur son site web à la demande du HCTISN, l'IRSN a décidé de réaliser une déclinaison illustrée et commentée de son avis à destination du public et des parties prenantes de la société civile (Commissions locales d'information notamment), document également disponible sur son site web.



L'IRSN EXAMINE LE RETOUR D'EXPÉRIENCE D'EDF EN MATIÈRE DE COMPORTEMENT DU COMBUSTIBLE EN RÉACTEURS SUR LA PÉRIODE 2010-2019

L'IRSN a présenté au groupe permanent d'experts pour les réacteurs placé auprès de l'ASN, son évaluation du retour d'expérience acquis par EDF sur la fabrication et l'exploitation, dans ses réacteurs, des assemblages combustibles et des grappes de commande, sur la période 2010-2019. Sur cette période, l'exploitant a utilisé, dans les 58 réacteurs à eau sous pression (répartis en trois paliers standardisés de 900, 1 300 et 1 450 MWe) qui constituent actuellement son parc nucléaire, différents types d'assemblages combustibles et de grappes fournis par Framatome et Westinghouse. Au fil du temps, ces produits ont fait l'objet de modifications de conception et de fabrication motivées par la volonté d'améliorer la sûreté, la fiabilité et les performances du combustible en exploitation. Ceux-ci ont pris en compte des évolutions du référentiel de sûreté, la cohérence du cycle du combustible – qui intègre actuellement en France le recyclage du combustible usé pour fabriquer des combustibles à base d'oxydes mixtes uranium-plutonium (MOX) et à uranium de retraitement enrichi –, la sécurité d'approvisionnement ainsi que les enseignements tirés de leur fabrication.

Dans son analyse du retour d'expérience sur cette période, l'IRSN relève les efforts d'EDF et de ses fournisseurs en vue d'améliorer les moyens d'identification et de traitement des défaillances du combustible (comme les pertes d'étanchéité de la gaine des crayons de combustible), et de déployer de nouvelles conceptions de produits. L'avis de l'IRSN conclut que, si le retour d'expérience est globalement satisfaisant, EDF doit rester vigilant sur le comportement du combustible et davantage s'appuyer sur le retour d'expérience acquis à l'international, ce à quoi s'est engagé l'exploitant.

L'IRSN ET LES TSO ALLEMAND ET TCHÈQUE REMETTENT UN RAPPORT CONJOINT À LA CLEARINGHOUSE

Le Centre européen d'échange d'informations sur la sûreté nucléaire (*European Nuclear Safety Clearinghouse*) – mis en place en 2010 au bénéfice des autorités et organismes techniques de sûreté nucléaire des États membres de l'UE, ainsi que des organisations internationales et de la communauté nucléaire au sens large – centralise au sein d'une base de données les enseignements tirés de l'expérience d'exploitation des centrales nucléaires afin d'en améliorer la sûreté. Il permet par exemple aux pays disposant de peu de réacteurs nucléaires de bénéficier du retour d'expérience de pays exploitant des parcs importants, comme la France.

La *Clearinghouse* remplit plusieurs fonctions. Il s'agit notamment de collecter des données de retour d'expérience d'exploitation auprès d'un certain nombre de sources internationales et nationales ; d'évaluer les principaux événements survenant en matière de sûreté nucléaire et d'alerter les organismes réglementaires nationaux concernés ; de fournir des rapports sommaires d'événements présentant des caractéristiques ou des causes similaires ; de mener des études sur les événements précurseurs dans toutes les installations nucléaires concernées ; et de diffuser des informations sur les mesures correctives prises dans certaines installations en réponse aux enseignements tirés.

En 2022, un consortium d'experts des TSO allemand (GRS), français (IRSN) et tchèque (SÚRO) a émis de nouvelles recommandations relatives à la protection des centrales nucléaires contre les effets des agressions externes d'origine naturelle ou humaine (hors actes de malveillance) dans un rapport conjoint intitulé *TOER External Hazard-Related Events II*. À partir de l'analyse d'événements significatifs survenus entre 2010 et 2020, et consignés dans des bases de données nationales en France, en Allemagne et en République tchèque, ainsi que dans la base de données internationale IRS (*International Reporting System for Operating Experience*), ce rapport fournit notamment des recommandations aux autorités de sûreté nucléaire des pays membres de la *Clearinghouse* en vue de limiter les conséquences sur les installations de phénomènes tels que les tremblements de terre, la foudre, la canicule, le gel, les explosions, etc.

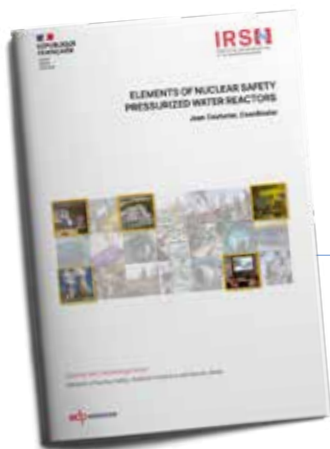


COVID-19 : L'IRSN A PARTICIPÉ À UN SÉMINAIRE DE RETOUR D'EXPÉRIENCE

Organisé le 1^{er} juin 2022 par l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN/OCDE) avec la contribution de l'IRSN, cet échange a réuni un groupe d'experts afin de réfléchir, sur la base du retour d'expérience dans trois domaines d'activité (aviation civile, milieu hospitalier et industrie nucléaire), aux moyens de renforcer la résilience du secteur nucléaire. L'objectif consistait en particulier à revenir sur l'expérience des organisations et l'identification de bonnes pratiques afin de mieux se préparer en vue de futures crises.

L'OUVRAGE INTITULÉ « ÉLÉMENTS DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE - LES RÉACTEURS À EAU SOUS PRESSION » DISPONIBLE EN ANGLAIS

La version anglaise de cet ouvrage de référence paru en 2020, qui concrétise sept années d'effort de capitalisation de connaissances en matière de sûreté nucléaire, a été supervisée par Jean Couturier. Cet ouvrage pédagogique, sans équivalent sur le plan international, est désormais disponible en téléchargement gratuit sur le site web anglais de l'IRSN, dans la *Collection sciences et technique*.



Pour télécharger l'ouvrage, flashez le QR code



DE NOUVELLES PRESTATIONS D'EXPERTISE EN EUROPE

L'IRSN a été retenu en 2022, dans le cadre de deux appels d'offres européens lancés par les autorités de sûreté néerlandaise ANVS (*Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming*) et norvégienne DSA (*Direktoratet for strålevern og atomtryggleik*), ces entités étant à la recherche d'un partenaire ou d'un consortium apte à assurer les fonctions de TSO.

S'agissant d'ANVS, l'IRSN s'est associé avec le TSO belge BelV et Bureau Veritas pour répondre aux trois lots de l'appel : expertises, inspections, conseils pour de futurs développements. Le contrat d'une durée de cinq ans est renouvelable jusqu'à une durée totale de 10 ans.

Pour le second appel d'offres, lancé par DSA, l'IRSN s'est associé à BelV, à l'autorité de sûreté australienne (ARPANSA) et à une université norvégienne (NMBU). Les prestations porteront notamment sur le futur démantèlement de réacteurs nucléaires et d'installations de stockage de combustible.

Ces deux contrats vont permettre de renforcer le positionnement européen de l'Institut en matière d'expertise de sûreté et de consolider la relation privilégiée qu'il a établie avec BelV.





RISQUE D'INONDATION CÔTIÈRE : L'IRSN CONTRIBUE À UNE NOUVELLE MÉTHODOLOGIE D'ESTIMATION

La situation de nombreuses installations nucléaires sur le littoral les rend sensibles au risque d'inondation côtière, d'où l'intérêt de disposer des meilleures estimations des niveaux extrêmes de la mer. Au sein d'une équipe de recherche franco-québécoise associant l'Institut national de la recherche scientifique (INRS) et l'Université Gustave Eiffel, l'IRSN a participé au développement d'une méthodologie améliorant la prise en compte de données historiques, qui présente un intérêt pour de nombreux sites nucléaires partout dans le monde ainsi que pour d'autres types d'infrastructures côtières telles que les ports ou les ponts.

SÛRETÉ DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS : UNE ANNÉE CHARGÉE POUR L'IRSN

Les experts de l'IRSN ont été sollicités en 2022 pour apporter différentes contributions à une gestion sûre des matières et déchets radioactifs, dans un cadre tant national qu'international. Qu'il s'agisse d'éclairer les choix politiques dans ce domaine, d'étayer sur le plan technique les décisions de l'Autorité de sûreté nucléaire ou encore de faire évoluer les conventions internationales pour répondre aux enjeux présents et futurs, l'Institut a mobilisé son expertise tout au long de l'année, comme en témoignent les trois actions suivantes.

Dans le cadre de son appui aux pouvoirs publics, conformément aux dispositions réglementaires, l'IRSN a remis à la ministre chargée de l'Énergie une proposition de méthodologie d'analyse multi-acteurs et multicritères des options de gestion possibles d'une certaine typologie de matières et déchets radioactifs, dans le cadre du Plan national dédié à leur gestion (PNGMDR). L'objectif de ce guide méthodologique est de faciliter l'aide à la décision publique en identifiant les critères retenus par une variété d'acteurs concernés pour mettre en lumière les avantages et inconvénients de chaque option de gestion des déchets, au regard des enjeux environnementaux et sanitaires, de sûreté, socio-économiques et territoriaux. Il permettra ainsi aux autorités de co-construire ce type d'analyse de façon ouverte et transparente, en amont de leurs décisions.

L'IRSN a analysé les dossiers relatifs au réexamen de sûreté du Centre de stockage de la Manche (CSM), installation de stockage de déchets de faible et moyenne activités à vie courte (FMA-VC) située sur le territoire de la commune de La Hague. Présentées devant le groupe permanent d'experts pour les déchets placé auprès de l'ASN, les conclusions de l'Institut montrent que le niveau de sûreté du CSM, qui a accueilli jusqu'en 1994 des déchets FMA-VC, est actuellement satisfaisant et maîtrisé pour la phase de surveillance de quelques centaines d'années. Il souligne néanmoins que la solution envisagée par l'Andra pour améliorer la longévité de la couverture du site laisse subsister des risques en cas d'intrusion dans le stockage au-delà de cette phase de surveillance, d'où l'importance de transmettre la mémoire de ces risques et d'évaluer l'opportunité de retirer certains déchets.

Enfin, dans le cadre de sa contribution aux activités de l'AIEA, l'IRSN a participé du 27 juin au 8 juillet 2022, à Vienne, à la 7^e réunion de la commission d'examen de la convention commune de l'AIEA relative à la sûreté de la gestion du combustible usé et des déchets radioactifs. À la demande de l'ASN, représentant la France à cette convention, l'Institut a analysé une cinquantaine de rapports de pays contractants. Il a également présidé un groupe de revue des programmes nationaux de 11 pays signataires de la convention et participé aux présentations réalisées lors de la réunion d'examen.





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

L'IRSN intervient, par le biais de son pôle sûreté nucléaire de défense, sécurité nucléaire, non-prolifération nucléaire et chimique, en appui aux autorités – délégué à la sûreté nucléaire pour les installations et les activités intéressant la défense (DSND), haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du ministère de la Transition énergétique notamment – en charge de la définition et de la mise en œuvre des politiques de défense et de sécurité, en particulier la sécurité des installations nucléaires et des transports du domaine civil.

Dans ce cadre, les experts de l'Institut se mobilisent pour mener à bien un ensemble de missions telles que l'examen des dossiers de sûreté des installations nucléaires intéressant la défense, l'analyse des études de sécurité des matières nucléaires, des installations et des transports ou encore l'accompagnement des inspections menées au titre des engagements internationaux de la France dans le domaine de la non-prolifération nucléaire et chimique. Toujours au titre de leur appui aux autorités, ils contribuent à la révision des textes réglementaires qui encadrent la sécurité nucléaire et la non-prolifération des matières nucléaires.

L'année 2022 a vu la poursuite de l'examen des dossiers de sûreté relatifs à la nouvelle génération de sous-marins nucléaires d'attaque *Barracuda* avec, en particulier, ceux du *Duguay-Trouin*, l'expertise des études de sécurité réalisées par le CEA pour ses principaux sites nucléaires civils ainsi que la participation de l'IRSN à différents exercices nationaux de sécurité nucléaire. À l'international, l'Institut a apporté son appui à l'*Office for Nuclear Regulation* britannique pour l'évaluation du système de contrôle des matières nucléaires au Royaume-Uni.

CONTRIBUTION DE L'IRSN À L'ÉVOLUTION DU CORPUS RÉGLEMENTAIRE

Dans le cadre de son appui aux autorités, l'IRSN a participé en 2022 aux travaux de révision des textes réglementaires dans différents domaines liés à la sécurité nucléaire et à la non-prolifération des matières nucléaires.

S'agissant de la protection et du contrôle des matières nucléaires, des installations et des transports tout d'abord, l'Institut a contribué, au sein des groupes de travail mis en place par les ministères en charge respectivement de la Transition énergétique et des Armées, à l'élaboration des arrêtés d'application du décret n° 2021-713. Ces derniers concernent notamment la procédure d'autorisation et la démonstration de sécurité, la protection physique, le suivi physique et la comptabilité des matières nucléaires, le management de la sécurité nucléaire et la sécurité des systèmes d'information. Des mesures transitoires prévoient une mise en application échelonnée de ces textes jusqu'en 2027.

L'IRSN a également participé, en tant qu'appui technique du comité technique EURATOM (CTE), aux négociations de révision de l'introduction des arrangements subsidiaires de l'accord de garanties français, menées avec la Commission européenne et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA). Celles-ci pourraient conduire, à terme, à une évolution de la liste des installations éligibles aux inspections de l'Agence et à la révision des formats de transmission des informations qui lui sont adressées.

Dans le cadre de la mise en œuvre des accords EURATOM-États tiers, l'IRSN a analysé pour le compte du CTE la mise à jour des « *Lignes directrices pour l'application des accords EURATOM-États tiers ; révision 2022* », document destiné à guider les opérateurs et les autorités des États membres dans l'application de ces accords, en particulier pour ce qui concerne les actions requises pour les transferts et les inventaires des articles nucléaires.



65

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

EXPERTISE DES DOSSIERS DE SÛRETÉ RELATIFS AU CHARGEMENT ET À LA DIVERGENCE DU CŒUR DU SOUS-MARIN NUCLÉAIRE D'ATTAQUE *DUGUAY-TROUIN*

Dans le cadre du programme *Barracuda* de renouvellement des six sous-marins nucléaires d'attaque de la Marine nationale et après l'entrée en service à l'été 2022 du *Suffren*, les essais d'ensemble du *Duguay-Trouin* se sont poursuivis avec le chargement et la divergence du réacteur le 30 septembre 2022. Au titre de son appui technique à l'Autorité de sûreté nucléaire défense (ASND), l'IRSN a examiné les dossiers de sûreté relatifs à ces étapes. Les travaux d'expertise de l'Institut se poursuivront en 2023 pendant la phase d'essais à la mer du *Duguay-Trouin*.





BILAN DES INSTRUCTIONS TECHNIQUES APPROFONDIES DES INSTALLATIONS DU CEA AU PLAN SÉCURITAIRE

L'IRSN a été saisi par le service du haut fonctionnaire de défense et de sécurité (SHFDS) du ministère de la Transition énergétique pour réaliser une expertise des études de sécurité (protection et contrôle des matières nucléaires et des activités associées contre les actes de malveillance et les détournements) du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, pour ses principaux sites nucléaires. Après avoir finalisé en 2021 celle des études concernant le centre CEA de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) et transmis ses conclusions au SHFDS, l'Institut s'est vu confier par le SHFDS en 2022 l'expertise des études pour les sites CEA de Saclay (Essonne), Marcoule (Gard) et Cadarache (Bouches-du-Rhône). Ces travaux ont abouti pour chacun des sites à la production d'un avis et d'un rapport d'expertise, transmis au SHFDS, le dernier en septembre 2022.

Durant la phase d'expertise, l'IRSN conduit des échanges techniques avec l'opérateur. Cette expertise des études de malveillance nécessite de maîtriser la configuration des sites et leurs dispositifs de protection afin d'évaluer leur vulnérabilité aux actes malveillants.

APPUI DE L'IRSN À L'OFFICE FOR NUCLEAR REGULATION BRITANNIQUE POUR L'ÉVALUATION DU SYSTÈME DE CONTRÔLE DES MATIÈRES NUCLÉAIRES

Depuis sa sortie de l'Union européenne en 2020, le Royaume-Uni ne peut plus s'appuyer sur la Commission européenne pour la mise en œuvre de ses obligations dans le domaine des garanties nucléaires vis-à-vis de l'AIEA et des pays avec lesquels il a passé des accords de coopération nucléaire. Dans ce contexte, l'autorité britannique compétente a sollicité début 2022, pour une « revue par les pairs » de la nouvelle organisation du système national britannique de garanties nucléaires, deux représentants du Comité technique EURATOM et un de l'IRSN. « L'Office for Nuclear Regulation (ONR) nous a sollicités pour évaluer le système de garanties mis en place par les autorités britanniques compétentes dans le cadre du contrôle des matières nucléaires, explique Romuald Bon Nguyen, du service non-prolifération et comptabilité. Afin de mener à bien cette revue par les pairs, nous avons tenu des discussions avec des représentants de l'ONR et avec des industriels concernés par la réglementation sur les matières nucléaires, à l'occasion notamment de deux missions menées au Royaume-Uni, l'une en mai et l'autre en juillet. Nous avons également participé en tant qu'observateurs à une inspection menée par l'ONR, ce qui nous a fourni un panorama des méthodes mises en place. »

Le rapport établi à la suite de cette évaluation met en évidence les bonnes pratiques en vigueur au Royaume-Uni en matière de garanties et souligne le degré de maturité du système mis en place à l'égard des obligations internationales. Le rapport propose par ailleurs des pistes de réflexion à l'ONR et, plus largement, aux autorités britanniques compétentes.

GUERRE EN UKRAINE :
LA MOBILISATION DE L'INSTITUT
AU SERVICE DES POUVOIRS PUBLICS
ET DES CITOYENS



« Face à une situation inédite dans les plans de gestion de crise, l'IRSN a trouvé des réponses hors cadre lui permettant d'être efficace, constant et de construire sa résilience. La force de l'Institut, c'est sa capacité à adapter l'effort aux enjeux en s'appuyant sur un atout formidable dans le domaine de la crise : la pluridisciplinarité de ses équipes. Nous connaissons les installations, les sujets de surveillance de l'environnement, les problèmes de dispersion de la radioactivité, les risques de santé, l'international, la communication... Grâce à la synergie de toutes ces compétences, décuplée par cette crise, nous réussissons à rester en tension dans la durée sur la situation ukrainienne, en couvrant un champ très large, sans entraver la réactivité du CTC sur ses missions quotidiennes. »



Jean-Christophe Niel,
directeur général de l'IRSN

Le 24 février 2022, les troupes russes envahissent l'Ukraine sur quatre fronts. Elles prennent le contrôle du site de Tchernobyl où sont entreposés notamment 20 000 assemblages de combustible usé. Dès le lendemain, l'IRSN mobilise son organisation de crise. Il active son Centre technique de crise (CTC) à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) afin d'assurer ses missions d'appui technique et scientifique auprès des services de l'État et des instances internationales : suivre au quotidien les niveaux de radioactivité sur le territoire ukrainien et européen, évaluer la sûreté des installations nucléaires ukrainiennes, anticiper les situations accidentelles possibles et leurs conséquences potentielles pour les populations et l'environnement, en Ukraine, en Europe et en France. L'IRSN se mobilise également pour répondre aux sollicitations et questionnements des médias et de la société civile. Ses équipes produisent des notes d'information et des documents pédagogiques sur la situation des installations nucléaires en Ukraine afin de contribuer à une compréhension des risques.

Mais la guerre se prolonge. À diverses périodes, des installations nucléaires ukrainiennes sont la cible de tirs d'artillerie. La situation suscite des inquiétudes. Jamais jusqu'alors un pays nucléarisé n'avait été le théâtre d'un conflit armé de cette ampleur^[1]. Jamais des centrales nucléaires n'avaient été utilisées comme des cibles militaires, alors qu'elles n'ont pas été conçues pour résister à un acte de guerre. Jamais un risque d'accident radiologique grave n'avait menacé l'Europe dans la durée.

Face à cette situation inédite, évolutive et souvent préoccupante, les équipiers de crise de l'IRSN, appuyés par différents services experts de l'Institut, restent mobilisés. Pendant 10 mois ils adaptent leur organisation, leur mobilisation et leur implication en fonction de l'évolution des événements, des sollicitations et des enjeux. Cette gestion de crise, différente de celle de Fukushima-Daiichi au Japon en 2011, conduit l'Institut à ajuster les méthodes de travail de son centre de crise. En interne, elle implique de nombreux collaborateurs, développe le travail collaboratif et les synergies des équipes pluridisciplinaires. En externe, elle conforte l'importance du rôle de l'IRSN en tant qu'expert technique et appui aux pouvoirs publics dans l'écosystème d'une gestion de crise internationale.

Au 31 décembre 2022, aucune des attaques dirigées contre les installations nucléaires ukrainiennes ou des infrastructures électriques n'a provoqué de dommages sur des zones critiques, ni d'épisode de rejet radioactif. Aucune élévation anormale de la radioactivité n'a été détectée par les réseaux de surveillance, ni en Ukraine, ni dans les pays limitrophes. Néanmoins des risques majeurs persistent. Aussi, l'Institut reste mobilisé en veille active. Il continuera à soutenir les démarches engagées pour préserver la sûreté nucléaire par les organismes de sûreté, au niveau européen et international, au premier rang desquels l'AIEA et son directeur général Rafael Grossi.



L'UKRAINE, UN PAYS FORTEMENT NUCLÉARISÉ

7^e producteur mondial d'électricité nucléaire, l'Ukraine compte, sur un territoire un peu plus vaste que la France, quinze réacteurs VVER à eau sous pression de conception russe, répartis sur quatre sites de production en activité le 24 février. S'ajoutent à ces centrales de production :

- deux réacteurs de recherche ;
- six sites d'entreposage et de stockage de sources radioactives et de déchets ;
- quatre réacteurs RBMK du site de Tchernobyl, à l'arrêt depuis l'année 2 000 : trois en démantèlement, un sous sarcophage (réacteur accidenté) ;
- diverses installations nécessaires à la gestion du site accidenté de Tchernobyl, notamment une piscine d'entreposage de 20 000 assemblages de combustible usé et un parc d'entreposage à sec de 2 000 assemblages usés.

DES CENTRALES ROBUSTES ET RÉSILIENTES

De conception différente de ceux de Tchernobyl, les réacteurs des quatre centrales de production ukrainiennes répondent aux standards internationaux de sûreté nucléaire. Chacun a été équipé dès l'origine :

- d'une enceinte de confinement en béton précontraint (sauf pour deux réacteurs de Rivne^[2]) qui abrite également la piscine de désactivation du combustible usé ;
- de trois groupes électrogènes de secours indépendants, disposant d'une autonomie de carburant de sept jours. Un seul groupe électrogène associé à un ensemble de systèmes de sûreté est capable d'assurer le refroidissement des combustibles d'un réacteur et de sa piscine.

En outre, l'Ukraine a renforcé la sûreté de ses centrales à la suite de tests de résistance (stress tests) européens réalisés après l'accident de la centrale de Fukushima-Daiichi. Chaque centrale dispose notamment d'équipements mobiles de secours, permettant de faire face à la défaillance totale des alimentations électriques internes et externes (pompes thermiques mobiles d'injection d'eau, groupes électrogènes mobiles, avec une autonomie de carburant de trois jours).

Le pays a également initié le déploiement d'un dispositif d'éventage-filtration sur ses réacteurs, qui limite, en cas d'accident grave, le rejet des éléments radioactifs en suspension dans l'enceinte de confinement. D'autres dispositions, telles que des recombineurs d'hydrogène, ont été installées pour limiter le risque de perte d'intégrité de l'enceinte de confinement.



[1] La guerre d'indépendance de la Slovénie avait conduit, par précaution, à l'arrêt temporaire de la centrale de Krško en 1991.

[2] La centrale de Rivne comprend deux réacteurs de 440 MWe, plus anciens que les autres réacteurs VVER implantés sur le territoire ukrainien.

UNE LONGUE TRADITION DE COOPÉRATIONS ENTRE L'IRSN ET L'UKRAINE

La sûreté des centrales nucléaires ukrainiennes, toutes exploitées par la compagnie nationale de production d'énergie nucléaire d'Ukraine Energoatom, est contrôlée par l'autorité de sûreté nucléaire SNRIU (*State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine*).

Après l'accident de Tchernobyl, l'IRSN a noué des relations de coopération avec SNRIU, dans le cadre du programme européen ICSN (Instrument pour la Coopération en Sûreté Nucléaire) au travers de contrats d'assistance et de transfert de compétences dans le domaine de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. Ces coopérations, notamment dans le cadre de la réalisation des stress-tests post-Fukushima et dans celui du projet européen FASNET, piloté par l'IRSN, de préparation et de réponse rapide aux urgences nucléaires au niveau international, ont permis à l'Institut d'acquérir des connaissances et des données sur les réacteurs VVER est-européens. Par ailleurs, l'Institut intègre dans ses effectifs des experts de nationalité ukrainienne.

SSTC, l'organisme technique de sûreté (TSO) de SNRIU est depuis 2010 membre associé du réseau ETSO des TSO européens créé à l'initiative de l'IRSN pour contribuer à la construction européenne en matière de sûreté.

BRÈVE

LA SÛRETÉ DES RÉACTEURS EN SITUATION ACCIDENTELLE

Trois conditions sont indispensables pour maintenir la sûreté d'un réacteur en fonctionnement ou à l'arrêt :

- la fourniture d'eau pour alimenter les circuits de refroidissement ;
- la fourniture d'électricité pour alimenter les équipements de sûreté et faire tourner les pompes d'injection d'eau dans le cœur ou la piscine de désactivation du combustible usé et celles des circuits de refroidissement ;
- des personnels d'exploitation et de maintenance formés, opérationnels, libres de leurs décisions et mouvements.

DIX MOIS D'AGRESSIONS CONTRE LES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES UKRAINIENNES

PHASE 1 (FÉVRIER-MARS)

DES AGRESSIONS DIVERSIFIÉES

- **25 février** : intrusion dans la zone d'exclusion de Tchernobyl. Prise de contrôle du site occupé durant 35 jours. Les médias relayent une augmentation de la radioactivité dans la zone d'exclusion.
- **Nuit du 26 au 27 février** : agression contre un dépôt de déchets à Kiev sans rejet radioactif.
- **Nuit du 3 au 4 mars** : agression et prise de contrôle de la centrale de Zaporizhzhya, la plus grande d'Europe.
- **6 et 11 mars** : bombardements sur le centre de recherche de l'Institut de physique de Kharkiv.
- **9 mars** : perte des alimentations électriques externes de toutes les installations de la centrale de Tchernobyl.
- **11-21 mars** : feux de forêt dans des parties de la zone d'exclusion de Tchernobyl entraînant une hausse de la radioactivité mesurée.

PHASE 2 (AVRIL-JUILLET)

UN ENLÈVEMENT DU CONFLIT

26 avril : arrivée d'une mission de l'AIEA sur le site de Tchernobyl après le retrait des troupes russes.

PHASE 3 (AOÛT-MI-OCTOBRE)

DES OFFENSIVES RÉPÉTÉES À PROXIMITÉ ET CONTRE LES CENTRALES NUCLÉAIRES

- **Août à novembre** : plus de douze agressions successives (tirs d'artillerie) sur le site de Zaporizhzhya suscitant de fortes inquiétudes sur les conséquences possibles.
- **Fin août** : arrivée d'une délégation d'inspecteurs de l'AIEA à Zaporizhzhya.
- **11 septembre** : mise à l'arrêt total du dernier réacteur encore en fonctionnement de la centrale de Zaporizhzhya.

PHASE 4 (MI-OCTOBRE-DÉCEMBRE)

UNE STRATÉGIE DE PILLONNAGE DES INFRASTRUCTURES DE PRODUCTION ET DISTRIBUTION D'ÉNERGIE, D'ÉLECTRICITÉ, D'EAU

- **15 novembre** : perte d'une des alimentations électriques de la centrale de Rivne. Arrêt d'un réacteur. Réduction de puissance des trois autres réacteurs. Arrêt des deux réacteurs de la centrale de Khmelnytskyi.
- **23 novembre** : perte du réseau électrique national. Arrêt automatique de toutes les tranches des centrales nucléaires des sites de Rivne, Khmelnytskyi, South Ukraine et Zaporizhzhya.



L'IMPLICATION DE L'IRSN DANS LA GESTION DE LA CRISE UKRAINE

APPORTER UN CONSEIL SCIENTIFIQUE ET UNE ASSISTANCE OPÉRATIONNELLE AUX POUVOIRS PUBLICS

en répondant aux questions et sollicitations directes de plusieurs ministères :
Santé, Europe et Affaires étrangères, Armées, Travail, Transition écologique...

SE MOBILISER

25/02 AU 08/04 : GRÈEMENT DU CENTRE TECHNIQUE DE CRISE (CTC), RÉUNIONS QUOTIDIENNES

Directeur général, directeur de crise, chef de l'expertise de crise, cellule « Évaluation des installations », cellule « Conséquences radiologiques », cellule « Santé », cellule « International », cellule « Communication » et cellule « Support logistique » + « pool Ukraine » et Bureau d'exploitation du Centre technique de crise

IMPLIQUER LARGEMENT LES EXPERTISES INTERNES

Sollicitation de 9 services experts de l'IRSN

S'ADAPTER À UNE CRISE LONGUE

22/08 AU 31/12 : VEILLE ACTIVE

- Réunions et bulletins de veille hebdomadaires
- Veille sûreté
- Veille surveillance environnementale (veille quotidienne)
- Veille internationale
- Veille réseaux sociaux et médias

INFORMER EN CONTINU DE FAÇON OUVERTE ET PÉDAGOGIQUE

PUBLICATION ET DIFFUSION DES RÉSULTATS D'EXPERTISE SOUS FORME DE NOTES TECHNIQUES, COMMUNIQUÉS DE PRESSE, NOTES DE VULGARISATION GRAND PUBLIC, NOTES D'INFORMATION INTERNES :

- 3 notes « situation des installations nucléaires en Ukraine »
- 1 note pédagogique « prise de comprimés d'iode stable en situation d'urgence »
- 2 notes « situation sur le site de Tchernobyl »
- 4 notes « situation de la centrale de Zaporizhzhya »
- 1 note « impact de la détérioration du réseau électrique national ukrainien sur les centrales nucléaires »
- Webinaires internes
- Vidéos internes

Supports : irsn.fr, réseaux sociaux, magazine externe REPÈRES, la Lettre de l'IRSN, intranet MyIRSN, magazine interne

RÉPONSE À DES FLUX IMPORTANTS DE SOLLICITATIONS :

- Médias
- ONG (MSF...)
- Associations (CLI, ANCCLI, CRIIRAD, Greenpeace)
- Entreprises (France TV)
- HCTISN
- Grand public
- Collaborateurs de l'IRSN
- Parlementaires, élus

ÉVALUER LES RISQUES ET LES CONSÉQUENCES RADIOLOGIQUES POTENTIELLES

CONSTRUCTION D'UN RÉSEAU FORMEL ET INFORMEL DE CONTACTS INTERNATIONAUX pour faire remonter et agréger des données d'expertise fiables (salariés ukrainiens, AIEA/USIE, SNRIU, Energoatom, SSTC (TSO ukrainien), ambassades, AIEA/IEC, NNSA, NARAC)

PRODUCTION D'EXPERTISES D'ÉVALUATION ET D'ANTICIPATION « ATYPIQUES »

- Évaluation de la sûreté des centrales ukrainiennes
- Catalogue de fiches d'accidents types pour chaque famille d'installations nucléaires ukrainiennes
- Scénarios enveloppes de rejets et de conséquences radiologiques
- Études des risques

ANTICIPER LE POST-ACCIDENTEL

Évaluation des conséquences d'un accident grave en Ukraine (éventuelles restrictions de commercialisation et de consommation alimentaire)





Le théâtre européen de la crise en Ukraine et la cinétique particulière des événements ont confronté l'IRSN à des situations inédites. Pour accroître sa réactivité et permettre à l'État d'anticiper les mesures de protection à envisager sur le territoire national en cas d'accident radiologique grave en Ukraine, l'Institut a pris l'initiative d'élargir le champ des expertises qu'il réalise habituellement en situation d'urgence. Il a travaillé, en temps réel, sur des scénarios d'anticipation d'événements graves à l'échelle du territoire ukrainien, en adaptant ses outils et ses méthodes, et en fédérant les compétences utiles.

UNE ORGANISATION DE CRISE STANDARD POUR COMMENCER

Dès l'activation du Centre technique de crise (CTC), le 25 février en milieu de journée, les cellules techniques de l'organisation de crise de l'IRSN se greent à la demande du directeur de crise. La demande médiatique s'intensifie. Les autorités de tutelles demandent un décryptage de la situation en Ukraine et des conseils sur les actions de protection à envisager. Au sein des cellules « Évaluation des installations », « Conséquences radiologiques », « Santé », « Communication », « International » et « Support logistique », les équipes de crise de l'Institut se mettent au travail. Dans les premières heures, elles réalisent une analyse des événements permettant de produire et de diffuser une première note d'information sur « la situation des installations nucléaires en Ukraine ».

Durant les six premières semaines du conflit marquées par une situation évolutive et particulièrement préoccupante, le CTC resté gréé en heures ouvrables le plus souvent. Progressivement, un « pool Ukraine » d'une trentaine d'équipes se constitue pour gérer la crise en continu. Il travaille avec l'appui d'unités de soutien spécialisées. Tous les matins et en tant que de besoin, le directeur de crise organise un point sur la situation, décide des travaux d'expertise à initier, des méthodes et des moyens à mobiliser. Il interagit avec les pouvoirs publics.



DES FRONTS TRÈS DIVERSIFIÉS, DES PROBLÉMATIQUES INÉDITES

De fin février à mi-mars, le « pool Ukraine » est amené à focaliser ses évaluations sur des fronts très mobiles : le site de Tchernobyl situé à moins de 150 km de Kiev, la capitale de l'Ukraine, au nord ; Zaporizhzhya, la plus grande centrale d'Europe, au sud-est ; un dépôt de déchets à proximité de Kiev ; un réacteur expérimental à Kharkiv, au nord-est ; à nouveau Tchernobyl... L'équipe de crise s'adapte à la diversité des typologies d'installations nucléaires présentes sur le vaste territoire de l'Ukraine et à la multiplicité des enjeux radiologiques qui leur sont associés.

Rapidement des problématiques particulières émergent, que les équipes n'avaient pas rencontrées lors de la gestion de la précédente crise nucléaire internationale, celle de la centrale de Fukushima-Daiichi en 2011.

- **Comment collecter de l'information événementielle objective**, quand le conflit militaire en Ukraine s'accompagne d'une « guerre de l'information » qui oblige à un décryptage non seulement technique mais aussi politique et stratégique des situations ?
- **Comment faire remonter et centraliser des informations techniques fiables**, propres à garantir la qualité des évaluations de l'IRSN sur les conséquences radiologiques des agressions menées contre les centrales ukrainiennes ? L'IRSN n'est pas en relation directe avec les exploitants ukrainiens, comme il l'est avec EDF en France ; à Tchernobyl et Zaporizhzhya, les personnels d'exploitation ukrainiens travaillent sous la contrainte de l'armée russe.
- **Comment parvenir à caractériser** les sites d'entreposage de combustible usé et les réacteurs de recherche sur lesquels l'IRSN n'a pas de données ? Le calcul des rejets radioactifs potentiels est difficile à réaliser lorsque des paramètres manquent.
- Concernant les **quatre centrales VVER ukrainiennes**, les connaissances de l'IRSN sont plus fournies : leur technologie est proche de celle des centrales françaises ; les résultats de leurs stress-tests européens post-Fukushima apportent des informations utiles. Néanmoins, beaucoup d'interrogations demeurent : les opérations de maintenance ont-elles été réalisées ? Quel est l'état des dispositifs de sûreté ? Quel est l'état des groupes électrogènes de secours et leur fiabilité dans la durée ? Quel est le niveau de dégradation des conditions de travail des personnels sous contrainte ?

Ce questionnement anticipatif se poursuit tout au long de la crise. Au fil des événements, il fera émerger de nouveaux thèmes d'investigation comme la capacité des centrales et de leurs systèmes de secours à passer l'hiver ou les risques liés à la destruction des barrages du Dniepr en amont et en aval des installations...



LA PERTE DES SOURCES ÉLECTRIQUES, UN SUJET SENSIBLE RAPIDEMENT POINTÉ

« Dès le 25 février, nous avons diagnostiqué, dans notre analyse de sûreté, une menace critique : le bombardement du réseau électrique ukrainien pouvait conduire à la perte d'alimentation des systèmes de sûreté des installations nucléaires. Très vite, l'IRSN a décidé de développer une expertise sur ce sujet complexe. Pendant des mois, nous avons collecté et consolidé des informations sur le réseau de production et de distribution d'électricité ukrainien, récupéré ou établi des schémas de raccordement des centrales. Pour cela, nous avons mobilisé des spécialistes de la distribution électrique et eu des échanges avec SNRIU et l'AIEA qui avait envoyé une mission sur place. Ces travaux nous ont aidés à mieux évaluer la situation et les risques à chaque épisode de perte de lignes d'alimentation. Nous avons même anticipé un incident de réseau généralisé qui conduirait à l'arrêt automatique de toutes les centrales. De fait, cette problématique est restée un fil rouge durant toute la crise. Il faut cependant souligner que, durant cette année, les énergéticiens ukrainiens ont toujours su réparer les dommages sur le réseau électrique pour maintenir la sûreté des installations. »



Emmanuel Raimond,
animateur de la cellule de crise
« Évaluation des installations »,
chef du service de la conduite
des réacteurs et des études
probabilistes de sûreté



UN APPUI À 360° AUX POUVOIRS PUBLICS

« Ce contexte inédit de crise internationale a confirmé le rôle pivot de l'IRSN dans l'appui aux pouvoirs publics nationaux et aux organismes internationaux. Cette guerre qui surgissait aux portes de l'Europe et faisait peser des menaces radiologiques graves sur le continent a conduit les acteurs de crise des administrations de l'État à sortir du référentiel national. Les ministères de la Transition écologique, de la Santé, des Affaires étrangères, des Armées, du Travail et des opérateurs de l'État nous ont sollicités en direct, en tant qu'expert public des risques nucléaires et radiologiques, pour des expertises et des appuis opérationnels qui sont allés en s'élargissant.

À l'international, nous avons eu des échanges techniques avec l'AIEA, qui a joué un rôle tout à fait central dans la diffusion aux États membres de l'ONU de l'information qu'elle centralisait et dans la gestion de cette crise dont elle a souligné à maintes reprises les enjeux pour la sûreté nucléaire. Nous avons également eu des contacts directs avec SNRIU et partagé des éléments d'expertise avec nos homologues aux USA, au Canada, en Norvège, en Finlande, en Allemagne.

« Finalement, la crise en Ukraine a fait émerger au sein des ministères et des organismes internationaux un réseau d'acteurs de la crise. Elle a fédéré une nouvelle communauté nationale qui se prolonge à l'international. Comme souvent, elle a joué un rôle d'accélérateur de l'évolution des organisations. »



Louis-Michel Guillaume,
directeur général adjoint
Pôle Défense, sécurité
et non-prolifération



LA PRODUCTION D'EXPERTISES D'ANTICIPATION ATYPIQUES EN SITUATION D'URGENCE

Au fil des agressions contre les installations nucléaires ukrainiennes, des questionnements qu'elles suscitaient dans les médias et des saisines de l'État, les experts de l'IRSN ont produit de nombreux calculs de rejets et de conséquences pour les populations et l'environnement. Ces expertises s'inscrivaient dans une démarche de préparation et d'anticipation d'un événement radiologique. Elles ont donné lieu à la rédaction de notes d'information techniques diffusées aux pouvoirs publics et aux médias puis déclinées en notes de vulgarisation tous publics.

En quelques jours, le « pool Ukraine » a produit avec l'appui d'autres services de l'IRSN :

- un catalogue de Fiches Accident Type pour chaque famille d'installations nucléaires ukrainiennes : les réacteurs de production VVER 1 000 MWe et VVER 440 MWe, les réacteurs de recherche, les sites de stockage de déchets et les piscines de désactivation du combustible usé. La cellule « Évaluation des installations » a identifié les scénarios qui pourraient se produire sur les différentes installations et les rejets dans l'environnement associés à ces scénarios. Puis la cellule « Conséquences radiologiques » a évalué les conséquences pour les populations et l'environnement pour différentes conditions météorologiques. Ces fiches fournissent un ordre de grandeur pour chaque typologie de rejet accidentel ;
- des évaluations afin de disposer d'ordres de grandeur des rejets d'iode pour différents scénarios d'accident sur les centrales ukrainiennes et d'apprécier si les niveaux de dose justifiant l'administration d'iode stable pourraient être dépassés sur le territoire français. Ces travaux ont apporté des réponses opérationnelles aux pouvoirs publics ;
- en novembre, l'IRSN a prolongé ses études sur le début du volet post-accidentel afin d'évaluer les éventuelles actions de limitation de la consommation et de la commercialisation de certaines denrées alimentaires qui pourraient s'avérer nécessaires au regard des réglementations en vigueur, compte tenu de l'atteinte de territoires en Europe.



TOUS MOBILISÉS, TOUS IMPLIQUÉS SUR UN ENJEU TRANSVERSE

« Pour produire nos études sur l'Ukraine, nous avons sollicité deux services spécialisés du pôle sûreté nucléaire de l'IRSN. Depuis Fontenay-aux-Roses et Cadarache où ils étaient basés, des experts du Service Neutronique des risques de Criticité (SNC) et des experts du Service des Accidents Majeurs (SAM) se sont emparés du sujet. Avec des moyens de calcul plus sophistiqués que ceux du CTC qui s'appuie sur des outils simplifiés pour être réactif, ils ont développé des jeux de données représentatifs des centrales ukrainiennes pour pouvoir réaliser des calculs de rejets radioactifs à l'aide de modèles complexes qui seront extrêmement utiles en cas de rejets réels en Ukraine. Tout au long de la crise, le CTC s'est appuyé sur des expertises internes au sein de nombreux services : l'évaluation de la sécurité contre les actes de malveillance, les études en sécurité nucléaire, la sûreté des transports et des installations du cycle du combustible, la distribution électrique, la sûreté des installations nucléaires de recherche, la dispersion atmosphérique et les conséquences radiologiques, les accidents graves, la santé environnementale, des experts VVER, l'informatique, les achats... Ce réseau périphérique a apporté beaucoup de plus-values : il est venu éclairer certains sujets, en faire avancer d'autres. Il a aidé l'Institut à innover et développer de nouvelles compétences. Il a stimulé le travail collaboratif et l'esprit d'équipe. La mobilisation de compétences en dehors du « noyau dur » de l'organisation de crise qu'est le CTC est un modèle d'organisation cible sur lequel nous travaillons. Cette expérience inédite nous conforte dans la conviction que la gestion de crise est un sujet transversal. Non seulement elle mobilise de multiples compétences pluridisciplinaires, mais elle implique largement les collaborateurs de l'Institut qui s'intéressent à ce que produit leur entreprise sur cette crise pour pouvoir notamment apporter un éclairage objectif sur des événements stressants. »



Philippe Dubiau,
directeur délégué à la crise



SURVEILLER

La veille est au cœur de l'expertise de crise de l'IRSN. Elle repose sur un dispositif d'alerte opérationnel 24/7 qui garantit l'acquisition rapide de données après un accident afin d'évaluer les risques au plus vite et de protéger la santé des populations. Pour conserver cette efficacité et cette réactivité face à des événements nombreux et diversifiés qui survenaient loin de la France, dans un contexte où il était difficile de récupérer une information fiable, l'IRSN est sorti de son cadre référentiel. L'Institut a adapté son organisation de veille et complété ses dispositifs de surveillance habituels en les déployant dans quatre domaines : les médias, l'international, la sûreté et la surveillance de l'environnement élargie à l'Europe.

DES SYSTÈMES DE VEILLE ORGANISÉS

Face à un manque de données techniques immédiatement disponibles sur la conception des installations nucléaires en Ukraine d'une part, à la difficulté d'accéder à des informations événementielles fiables sur les agressions qui se produisaient d'autre part, le besoin de mise en œuvre de quatre systèmes de veille s'impose rapidement. Pendant les six semaines d'activation du CTC, ces veilles organisées produisent des bulletins de situation quotidiens, parfois bi ou tri-quotidiens, qui permettent de faire le point et de décider d'actions lors de la réunion de crise du matin. Elles alimentent aussi le flux régulier d'informations que l'IRSN transmet aux pouvoirs publics.

Cette surveillance, allégée le 8 avril, reprend à un rythme plus soutenu le 22 août, lorsque les frappes répétées contre la centrale de Zaporizhzhya conduisent l'IRSN à réactiver son organisation de crise sous la forme d'une « veille active », ponctuée par des réunions et des bulletins de situation non plus quotidiens mais hebdomadaires.

UNE VEILLE MÉDIATIQUE

Pour être capable de détecter les signaux faibles et d'informer en temps réel les équipes techniques du CTC sur les événements qui se déroulent en Ukraine, la cellule « Communication » active, dès le 25 février, une veille des médias en France et à l'international. Prenant appui sur les outils de la Direction de la communication, cette veille repose sur :

- une surveillance de tous les réseaux sociaux, via des #mots-clés (thèmes, sites nucléaires pouvant être attaqués...) programmés sur des moteurs de recherche. Cette surveillance intègre Telegram, l'application russe concurrente de WhatsApp très populaire en Ukraine, sur laquelle les instances ukrainiennes ont commencé à informer lorsqu'elles ont été privées d'autres moyens de communication ;
- une veille de l'ensemble des médias conventionnels (agences, radios, TV, presse écrite) qui produit, chaque jour, une synthèse de presse IRSN « spéciale Ukraine » résumant une centaine de coupures.



LE RECOUPEMENT ET LA VÉRIFICATION DE L'INFORMATION, UNE PRÉOCCUPATION DE CHAQUE INSTANT

« La guerre de l'information à laquelle se livrent l'Ukraine et la Russie depuis le premier jour de l'agression russe est une composante extrêmement lourde de cette guerre. Elle met à l'épreuve notre capacité à analyser, recouper, vérifier l'information reçue. À côté des faits, parfois même avant les faits, il y a les commentaires, l'influence et les fake news sur les réseaux sociaux. Il est très compliqué de distinguer l'information de la désinformation. Les communicants ont passé beaucoup de temps à trier et analyser les contenus et informations dans le but de les qualifier avant de les transmettre aux experts techniques du CTC pour contribuer aux analyses. »



Marie Riet-Hucheloup,
directrice de la communication

UNE VEILLE INTERNATIONALE

En parallèle se construit une veille internationale. Les équipes de la cellule « International » collectent les informations publiées par les partenaires historiques de l'IRSN à l'international, sur leurs sites internet respectifs : les centres de crise des opérateurs techniques (TSO) et des autorités de sûreté des pays européens ainsi que des organisations internationales comme la NNSA (*National Nuclear Security Administration*) et le NARAC (*National Atmospheric Release Advisory Center*). Elles recensent également les points marquants de l'actualité diplomatique en lien avec l'Ukraine et la Russie. Elles publient un bulletin de veille structuré autour de thématiques récurrentes qui donnent une vision de la position des différents États et des agences internationales : comment ils réagissent, comment ils se préparent, comment ils s'organisent, pourquoi ils ont décidé de rompre leurs relations avec la Russie...

UNE VEILLE EN SÛRETÉ

De leur côté, les experts de la cellule « Évaluation des installations » se mettent en quête d'informations sur la sûreté d'abord du site de Tchernobyl, puis de la centrale de Zaporizhzhya puis de l'ensemble des autres installations réparties sur le territoire ukrainien. L'enjeu est de calculer rapidement des ordres de grandeur des rejets radioactifs potentiels et les conséquences radiologiques des situations accidentelles envisageables. Il est aussi nécessaire de consolider des connaissances sur chaque réacteur permettant d'anticiper les scénarios de dégradation et de fournir très rapidement un avis sur la gravité d'une situation, lorsqu'elle survient.

Avec le support de collègues d'origine ukrainienne qui parlent la langue et connaissent bien la conception des installations, les équipes entrent en contact direct avec SNRIU et d'autres interlocuteurs locaux. Elles cherchent à obtenir des informations de première main pour s'assurer qu'elles interprètent bien les informations communiquées par Energoatom sur la situation. Elles échangent aussi sur les situations et les calculs de rejets avec leurs contacts d'organismes de sûreté étrangers : GRS et BfS en Allemagne, STUK en Finlande, SSM en Suède, le DOE aux USA. Elles ont des discussions techniques avec le Centre des Incidents et des Urgences (IEC) de l'AIEA.

LE DISPOSITIF DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT EN UKRAINE ET DANS LES PAYS LIMITOPHES, UN PILIER DE LA CRÉATION DE VALEUR DE L'IRSN PENDANT LA CRISE

Le système de veille mis en place par l'IRSN croise et agrège les données de 1 100 sondes appartenant à différents réseaux de surveillance :

En Ukraine :

- Données de la balise Télecay de l'ambassade de France à Kiev et de la balise IRSN installée à Lviv durant le déménagement de l'ambassade
- Données du réseau national ukrainien via la plateforme européenne EURDEP
- Données des opérateurs nucléaires ukrainiens et de l'Ecocentre (Agence publique ukrainienne de gestion de la zone d'exclusion de Tchernobyl) via la plateforme IRMIS de l'AIEA
- Données des sites d'agrégation accessibles sur internet comme SaveEcoBot (agrégation des données de l'Ecocentre, des opérateurs nucléaires ukrainiens et du réseau hydroMet ukrainien)

Dans les pays européens limitrophes :

- Données des réseaux de surveillance nationaux via la plateforme européenne EURDEP

Ce dispositif fournit automatiquement et en temps réel une visualisation claire de l'évolution du débit de dose sur un large territoire.

En France, la surveillance radiologique permanente du territoire est opérée par :

- le réseau Télecay exploité par l'IRSN (440 balises sur le territoire métropolitain et outre-mer qui transmettent une mesure de débit de dose ambiant toutes les 10 minutes) ;
- le réseau OPERA-Air de l'IRSN (50 stations de prélèvement d'air en métropole) ;
- les réseaux de surveillance des exploitants (EDF, CEA, ORANO La Hague) : 550 balises.



UNE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT ÉLARGIE À L'EUROPE

« La prise du site de Tchernobyl et l'élévation, constatée sur certaines balises et relayée par les agences de presse, du niveau de radioactivité au moment de l'offensive des troupes russes, ont posé la question de la surveillance de l'environnement en Ukraine dès le 1^{er} jour de la guerre. Comment se mettre en capacité d'appréhender la situation radiologique dans un pays éloigné pour poser une expertise ? Le 24 février, l'IRSN ne peut s'appuyer que sur un unique outil, vulnérable car exposé aux tirs : les balises de mesure du débit équivalent de dose déployées par les réseaux de surveillance des différents pays, à l'instar de la balise du réseau français Télecay installée sur l'ambassade de France à Kiev.

La solution : organiser une surveillance à distance.

Très rapidement, nous mettons en place un dispositif nous permettant de réaliser au quotidien une analyse de la situation radiologique en Ukraine et d'informer les pouvoirs publics. Ce système collecte les données des balises des différents réseaux de surveillance ukrainiens, notamment celles transmises automatiquement au réseau européen EURDEP, et celles de la plateforme IRMIS de l'AIEA. Notre surveillance est élargie à tous les pays limitrophes de l'Ukraine avec un double objectif de back-up et d'alerte : détecter un événement radiologique que des balises ukrainiennes, inopérantes du fait de tirs ou de coupures de courant par exemple, ne permettraient pas de repérer ; le cas échéant, pouvoir informer le ministère des affaires étrangères sur les mesures de protection des ressortissants français présents en Europe de l'Est. Cette surveillance fournit une photographie instantanée de la situation radiologique en Ukraine. Nous échangeons également avec nos homologues qui assurent un suivi pour leurs autorités nationales. Dans un second temps, avec l'aide des spécialistes de la donnée environnementale de l'IRSN, nous avons optimisé l'efficacité de cette veille qui agrège une masse énorme d'informations, certaines balises émettant une mesure toutes les 10 minutes. Nous avons ainsi mis en place une base de données dédiée et des interfaces interopérables, faciles à prendre en main par les équipes de crise et celles de la télésurveillance radiologique qui assurent une astreinte 24h/24. Grâce à ce dispositif automatisé, nous sommes capables de faire une analyse et une interprétation rapide et fine de toute augmentation anormale des niveaux de radioactivité, cette dernière n'étant pas nécessairement liée à un incident sur une installation nucléaire. Elle peut être due à des événements naturels (orages, précipitations, sécheresse), ou à une défaillance de balises. »



Maxime Morin, animateur de la surveillance radiologique sur le territoire ukrainien, dans les pays limitrophes et en France, chef du service d'analyse et de métrologie de l'environnement

UNE VEILLE TOURNÉE VERS L'OPÉRATIONNEL

Ces quatre veilles organisées ne servent pas uniquement à diffuser une photographie quotidienne ou hebdomadaire de l'évolution de la situation. Elles sont aussi des leviers pour l'action :

- elles aident le directeur de crise à décider de travaux à lancer ou d'initiatives à prendre pour résoudre des problématiques ou anticiper des réponses à des questions qui émergent ;
- elles apportent aux cellules « Évaluation de l'installation » et « Conséquences radiologiques », une somme de connaissances et de données vérifiées, qui assoient et confortent la fiabilité des expertises qu'elles réalisent.

UNE SUCCESSION D'EXPERTISES DE SÛRETÉ ET DE RADIOPROTECTION EN DIFFÉRENTS LIEUX

Après chaque événement nucléaire, les diagnostics de l'IRSN donnent un décryptage de la situation. Ils apportent un éclairage scientifique objectif sur la nature des dégâts réels et des risques associés, dans un contexte de difficultés à obtenir l'information et à la valider. Les expertises permettent d'élaborer des notes techniques diffusées aux pouvoirs publics et, le cas échéant, aux élus, aux associations et publiées sur le site Internet de l'IRSN.



EN TEMPS DE GUERRE, LE JUGE DE PAIX, C'EST LA BALISE DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

« Dans un pays en guerre, où la bataille de la communication oblige à appréhender avec une approche très critique les informations diffusées par les belligérants sur la nature des dégâts, l'unique façon de savoir si une installation nucléaire a rejeté de la radioactivité dans l'environnement, c'est de faire des mesures autour de l'installation attaquée. La surveillance de la radioactivité en Ukraine a permis d'objectiver les expertises de sûreté de la cellule « Évaluation des installations » qui travaillait avec peu d'informations au début du conflit. Elle indiquait si les tirs pouvaient avoir ou non atteint une zone sensible. Grâce au professionnalisme et à l'entraînement des équipes de la surveillance de l'environnement, l'IRSN est capable d'interpréter finement toute variation des niveaux de radioactivité et d'indiquer si elle s'explique par les conditions météo, une défaillance de balise ou une autre cause. »



Éric Cogez,
chef de l'expertise de crise,
chef du service d'intervention
radiologique et de surveillance
de l'environnement

Événements	Expertises de l'IRSN
Élévation du niveau de radioactivité mesurée par certaines balises dans la zone d'exclusion de Tchernobyl	La cellule « Conséquences radiologiques » privilégie l'explication d'un dysfonctionnement technique des balises, après échanges avec ses partenaires européens et l'AIEA, sans exclure l'hypothèse d'une remise en suspension de matières radioactives par le passage des chars russes.
Perte des alimentations électriques de toutes les installations de la centrale de Tchernobyl. Évocation du risque d'un « nouveau Tchernobyl »	La cellule « Évaluation de l'installation » écarte le risque de dénoyage des assemblages de la piscine d'entreposage, en s'appuyant sur les études post-Fukushima et ses propres calculs. Elle fait une évaluation des autres enjeux du site : risques liés à un tir direct sur le sarcophage, sur les piscines de stockage du combustible.
Premier bombardement de la centrale de Zaporizhzhya faisant état d'un endommagement de l'enceinte de confinement	La cellule « Conséquences radiologiques » confirme l'absence de rejet. La cellule « Évaluation de l'installation », sur la base d'une étude de la conception de la centrale et de ses moyens d'alimentation électrique, évalue la robustesse de la centrale et confirme une autonomie de l'ordre de 10 jours en cas de perte totale des alimentations externes, sous réserve que les équipes du site restent opérationnelles.
Feux de forêt dans la zone d'exclusion de Tchernobyl entraînant une hausse de la radioactivité mesurée	La cellule « Conséquences radiologiques » croise les données de sa surveillance en Ukraine et en Biélorussie avec les mesures des filtres d'aérosols d'autres pays européens et de son réseau OPERA-Air qui détecte d'infimes traces de radioactivité dans l'air. Aucune élévation anormale de la radioactivité n'est constatée.
Un mois de bombardements inquiétants sur la centrale de Zaporizhzhya	La cellule « Évaluation de l'installation » se rapproche de l'exploitant Energoatom pour évaluer les nombreux dégâts. La cellule « Conséquences radiologiques » ne mesure pas d'élévation de la radioactivité. L'IRSN alerte les autorités sur la situation dégradée de la centrale et détaille les vulnérabilités du site : zones identifiées comme sensibles au regard des risques radiologiques et principaux enjeux en termes de sûreté.
Perte des alimentations électriques de la centrale South Ukraine, puis bombardement systématique du réseau électrique ukrainien conduisant à l'arrêt automatique de tous les réacteurs des quatre centrales	La cellule « Évaluation de l'installation » fait une évaluation des moyens et du temps nécessaire à une reconstitution progressive du réseau électrique permettant un redémarrage des réacteurs. L'IRSN souligne la nécessité de reconstituer le réseau électrique national pour garantir une alimentation pérenne des systèmes de sûreté des sites nucléaires.
Arrivée de l'hiver	La cellule « Évaluation de l'installation » fait une évaluation préventive de la capacité des centrales ukrainiennes (en particulier celle de Zaporizhzhya) à gérer la saison hivernale. Elle valide avec l'exploitant la mise en œuvre de protections thermiques des groupes électrogènes de secours.

10 NOTES TECHNIQUES D'INFORMATION DES POUVOIRS PUBLICS

- 3 notes « Situation des installations nucléaires en Ukraine »
- 2 notes « Situation sur le site de Tchernobyl »
- 4 notes « Situation de la centrale de Zaporizhzhya »
- 1 note « Impact de la détérioration du réseau électrique national ukrainien sur les centrales nucléaires »

+ 1
NOTE PÉDAGOGIQUE
« PRISE DE COMPRIMÉS
D'IODE STABLE EN
SITUATION D'URGENCE »



Tout au long des 10 mois de guerre de l'année 2022, l'IRSN fait preuve d'agilité. Il se transforme, notamment en sortant de ses « procédures » de gestion de crise, non adaptées à la situation en Ukraine. Il adapte, en innovant, son organisation, sa mobilisation, son implication, ses méthodes et ses outils aux spécificités de la crise Ukraine : des événements et des sollicitations très fluctuants, des périodes intenses, pas d'accident mais un risque permanent, une tension continue, une crise longue dont il n'est pas possible de prévoir la fin...

UNE ORGANISATION FLEXIBLE DU CENTRE TECHNIQUE DE CRISE

Pendant la période de grément du CTC, l'organisation de crise sort de son cadre, tout en restant en phase avec ses grands principes. Pour s'adapter à des événements et des sollicitations très fluctuants, les cellules de crise et les effectifs mobilisés varient selon les jours, et souvent au cours d'une même journée, en fonction des sujets à traiter. Ils travaillent en mode hybride : certains sur site, d'autres à distance.

Les travaux sont effectués essentiellement en heures ouvrables par les équipiers du « pool Ukraine » représentant les fonctions clés. Ces experts, mobilisés dès le début de la crise, ont l'historique de toutes les actions menées par le CTC. La nuit et le week-end, ce sont les équipiers d'astreinte qui assurent la veille, prêts à alerter le directeur de crise, à effectuer les premières évaluations et à appeler en renfort les équipiers du « pool Ukraine » en cas d'événement important.

UN TRAINING OPÉRATIONNEL RÉGULIER DES ÉQUIPIERS D'ASTREINTE

Pour acculturer les équipiers d'astreinte aux risques réels pesant sur les installations nucléaires ukrainiennes, des entraînements sont régulièrement organisés. Ces exercices à vocation opérationnelle prennent appui sur les travaux théoriques d'anticipation réalisés par leurs collègues du « pool Ukraine » : les Fiches Accident Type pour chaque famille d'installations nucléaires ukrainiennes et les scénarios enveloppes déjà calculés. À partir des valeurs d'un scénario accidentel et des données de Météo France du jour, les équipiers d'astreinte s'entraînent à faire des calculs sur toute la chaîne opérationnelle : évaluation de la situation accidentelle, calcul du rejet, estimation de la dispersion du panache dans l'environnement européen, identification des zones qui nécessiteraient des mesures de protection des populations, rédaction du message externe CTC de recommandations aux pouvoirs publics. Ces entraînements, mis en place avant l'été, ont été réactivés depuis mi-novembre à un rythme hebdomadaire. Ils favorisent le partage des connaissances et le passage de relais entre les équipiers du « pool Ukraine », très impliqués dans la gestion de crise, et le vivier des équipiers d'astreinte, plus éloignés du sujet. Ils renforcent l'implication des collaborateurs de l'Institut et permettraient d'assurer la réactivité de l'ensemble des équipiers du vivier de crise en cas d'événement grave en Ukraine.

L'ACTIVATION D'UNE ORGANISATION INNOVANTE DE « VEILLE ACTIVE »

Le 8 avril 2022, l'IRSN allège son dispositif, en restant disponible pour ses interlocuteurs. Plusieurs raisons motivent ce choix : le conflit se prolonge et la tension autour des sites nucléaires ukrainiens, notamment Zaporizhzhya, baisse. Les équipes très impliquées durant ces semaines sont aussi mobilisées sur des sujets nationaux ou internationaux. La démarche de l'IRSN est de s'inscrire dans la durée.

En août, la centrale de Zaporizhzhya est le théâtre de tirs répétés particulièrement inquiétants. Le 22, l'IRSN décide de remobiliser les équipiers du « pool Ukraine », sans toutefois gréer formellement son organisation. Elle choisit un format innovant de « veille active » non prévu dans son organisation. Objectif : mobiliser les équipes en organisant des rendez-vous de concertation réguliers sur la base des bilans de situation établis par les quatre dispositifs de veille (média, sûreté, surveillance de l'environnement, international) réactivés. Depuis, tous les lundis, le directeur de crise réunit les animateurs des cellules du « pool Ukraine » ainsi que les principaux équipiers d'astreinte pouvant être sollicités « à chaud », afin de partager une vision de l'actualité de la semaine, de faire un point d'avancement sur les travaux en cours, de définir les orientations, les travaux à initier, les documents à produire pour éclairer les pouvoirs publics et informer les médias et la société civile. Ce dispositif allégé permet à l'IRSN de se mobiliser de façon réactive sur six incidents réels qui se succèdent en moins de 30 jours sur le territoire national, de septembre à mi-octobre, et d'honorer son programme d'exercices de crise et de visites (cf. Chapitre Crise et post-accidentel).

LE GRÉEMENT INÉDIT D'UNE CELLULE « INTERNATIONAL »

Une cellule « International » créée après l'accident de la centrale de Fukushima-Daiichi, rarement sollicitée dans le cadre d'exercices, se réunit au CTC dès le 25 février pour aider à la collecte et au recoupement d'informations permettant d'objectiver les événements. Elle est chargée des liaisons internationales avec deux types d'interlocuteurs : le réseau des partenaires techniques historiques de l'IRSN et le réseau des contacts institutionnels, qu'elle recense.

Elle organise et produit d'abord quotidiennement puis à un rythme hebdomadaire le bulletin de veille internationale. Elle suit avec attention les informations d'autoévaluation de la situation, postées après chaque attaque nucléaire par SNRIU sur deux plateformes administrées par l'AIEA : USIE, le système unifié d'échange d'informations en cas d'incident ou d'urgence, et IRMIS, le système international d'information sur le contrôle radiologique. Elle rend compte des conférences de presse du directeur général de l'AIEA, Rafael Grossi.



LA CRISE UKRAINE A RENFORCÉ LE BESOIN D'ÉCHANGES AVEC NOS HOMOLOGUES TECHNIQUES ET NOS CONTACTS INSTITUTIONNELS À L'INTERNATIONAL

« Depuis de nombreuses années, et particulièrement depuis l'accident de Fukushima-Daiichi, l'IRSN travaille avec ses homologues en Europe et dans le monde à la construction d'une expertise de crise commune : appréciation commune des risques, méthodes d'évaluation techniques et outils partagés pour le diagnostic et le pronostic de rejets... Très présent sur la scène internationale de la gestion de crise, l'Institut a noué des partenariats avec les grands centres de crise des organismes techniques et des autorités de sûreté. C'est donc assez naturellement que, dès le début des événements en Ukraine, nous avons établi des échanges réguliers avec nos partenaires historiques : GRS et BfS en Allemagne, la NNSA, le NARAC du DOE, ainsi que la NRC aux USA, STUK en Finlande, SSM en Suède et BelV en Belgique... L'enjeu était de comprendre le niveau de mobilisation et de préparation des uns et des autres, de se mettre tous en capacité de construire une évaluation commune afin d'éclairer les décisions des pouvoirs publics en Europe en cas d'événement avéré. Ces contacts suivis nous ont amenés à partager des produits techniques que nous n'avions pas encore échangés, à vérifier que chacun pouvait lire les données techniques et les intégrer dans le flux de ses travaux.

Nous avons établi le même type d'échanges avec l'IEEC, le centre de crise de l'AIEA, avec lequel nos relations n'étaient pas encore formalisées. L'AIEA se posait des questions techniques assez précises sur les risques associés à la situation ukrainienne. L'Institut lui a communiqué des éléments d'analyse de sûreté.

Toujours dans le cadre de la crise Ukraine, nous avons échangé avec WENRA, l'association des autorités de sûreté des pays d'Europe de l'Ouest présidée, en 2022, par l'ASN. Nous avons notamment participé à des réunions avec la Commission européenne qui ont produit un rapport d'inter-comparaison des capacités d'expertise à l'échelle européenne dans un objectif d'intégration renforcée. »



Olivier Isnard,
adjoint au directeur délégué
à la crise, interface avec les réseaux
d'information internationaux



Dans une démarche de transparence et d'ouverture à la société, l'IRSN s'est fortement mobilisé pour répondre aux sollicitations médiatiques et aux demandes spécifiques d'autres acteurs de la société civile. L'Institut a publié des notes d'information et d'actualité à caractère pédagogique, technique et scientifique. En communication interne, de nouvelles initiatives ont permis d'informer les collaborateurs sur la situation et les actions que menait l'Institut.

UNE ÉQUIPE COMMUNICATION EN ÉTAT D'ALERTE

Dès le début du conflit, la Direction de la communication de l'IRSN est en alerte. Les équipes instaurent une veille médiatique sur les menaces d'une guerre. Le 24 février, la pression des médias s'intensifie. Pour répondre à ces premières sollicitations, l'IRSN décide d'activer l'organisation de crise en mode veille avant de créer officiellement le Centre technique de crise le 25. Immédiatement, la cellule « Communication » organise le dispositif de veille médiatique « spécial Ukraine » intégrant l'ensemble des réseaux sociaux et des médias conventionnels en France et à l'international. Pour informer les équipes du CTC sur les événements, elle produit une ou plusieurs synthèses quotidiennes, en fonction de l'actualité. Mettant en lumière des sujets de préoccupation chez les élus, les associations, les travailleurs ou les citoyens, cette veille médiatique oriente des prises de décision de l'IRSN sur des expertises techniques à lancer ou des éléments de langage thématiques à travailler.

UNE INFORMATION OUVERTE ET PÉDAGOGIQUE EN RÉPONSE À LA PRESSION DES MÉDIAS

Les jours suivants, les questionnements des journalistes s'amplifient. Deux porte-parole sont choisis : l'un pour répondre aux questions touchant à la sûreté, l'autre à des sujets de radioprotection/santé. Leur nombre est volontairement limité en raison de la volatilité des événements qui requiert une connaissance approfondie du sujet au quotidien.

L'équipe Communication organise les éléments techniques produits par le CTC pour répondre de la manière la plus pédagogique possible à des questions récurrentes : quelles sont les installations nucléaires en Ukraine ? Quelle est la situation de ces centrales (technologie, robustesse, état de sûreté...) ? Quelle est la situation radiologique ? Y a-t-il un risque ? Si oui, de quelle nature ?

Lorsque le CTC produit une note d'information, la Direction de la communication la diffuse et la valorise en interne et, le cas échéant, dans les médias et sur le site Internet de l'Institut (irsn.fr).

Le service de presse instruit toutes les demandes des médias et, en lien avec les experts de l'IRSN, y donne suite.

Une fois établi, ce processus se poursuit : produire, transmettre, publier, informer et répondre aux questions des médias.

La pression médiatique connaît plusieurs pics. Les experts sont particulièrement sollicités autour des événements du 24 février, du 4 mars, du 9 mars dans un contexte inédit de guerre de l'information, puis à nouveau en août et début septembre lorsque la mission de l'AIEA à Zaporizhzhya remet son rapport d'inspection.

LE TRAITEMENT DE NOMBREUSES AUTRES SOLLICITATIONS

La communication reçoit également les demandes d'autres acteurs, qui arrivent directement ou lui sont adressées par d'autres services de l'IRSN. Ces sollicitations viennent du HCTISN (Haut comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire), d'associations (des CLI, l'ANCCLI, la CRIIRAD, Greenpeace...), d'ONG et même d'entreprises qui s'interrogent sur les mesures et équipements de radioprotection nécessaires pour leurs salariés. Quelques exemples :

- Médecins Sans Frontières sollicite un support de formation pour ses équipes qui partent en Ukraine ;
- France Télévision demande des préconisations sur l'équipement de ses journalistes et équipes de tournage qui partent réaliser le journal de 20h en Ukraine dans la ville de Lviv ;
- la CRIIRAD pose des questions sur les évaluations de l'IRSN.

Chaque fois, le CTC instruit les demandes, définit la position de l'Institut et l'interlocuteur expert chargé de la réponse.



UNE COMMUNICATION INTERNE RENFORCÉE POUR VALORISER LA PUISSANCE DU COLLECTIF

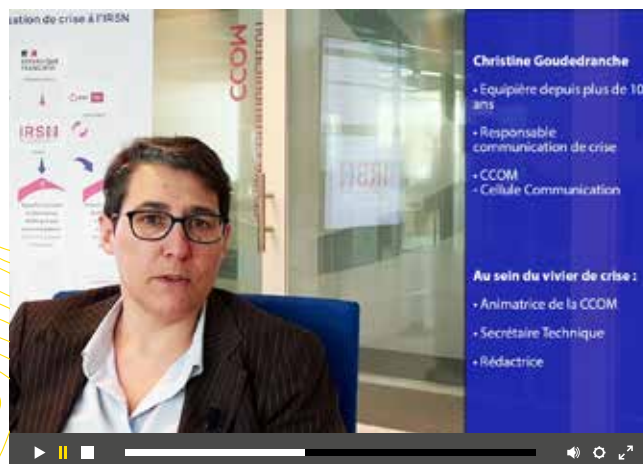
Dès l'activation du CTC, un message interne informe l'ensemble des collaborateurs sur la situation. Il annonce le grément de l'organisation de crise, explique que l'Institut est sollicité et mobilisé sur la guerre en Ukraine et qu'il s'est mis en ordre de marche pour produire des expertises et apporter son soutien aux pouvoirs publics dans le cadre de ses missions.

Les équipes de la communication interne relaient les prises de parole de l'IRSN ainsi que les retombées médiatiques. Ce flux d'informations régulier permet aux collaborateurs de prendre connaissance des éclairages sur les événements.

Néanmoins, la guerre se prolonge. L'IRSN doit renforcer sa communication interne. Si un événement grave survenait en Ukraine, chaque collaborateur serait un porte-parole de l'Institut vis-à-vis de sa famille, de son entourage et du monde extérieur.

Par ailleurs, la gestion de cette crise longue mobilise, sur des travaux d'expertise, de plus en plus de collaborateurs qui ne font pas toujours partie du vivier de crise. L'IRSN souhaite valoriser cette nouvelle dynamique transverse et collaborative. Pour ce faire, l'Institut lance en septembre deux initiatives nouvelles :

- **2 webinaires internes.** Ces conférences sur Teams sont suivies par près de 500 collaborateurs. Les animateurs expliquent la nature, la profondeur et le champ de l'action de l'IRSN dans le cadre de ses missions avec des focus sur les évaluations de sûreté des installations ukrainiennes, la problématique des pertes d'alimentation électrique, le dispositif de surveillance de l'environnement mis en place, les échanges et les modes de coopération avec SNRIU, l'investissement en communication ;
- **4 vidéos internes « Tous mobilisés » !** Ces petits films mettent en scène le témoignage d'experts investis dans la gestion de crise alors qu'ils ne font pas partie du pool d'équipiers d'astreinte de l'organisation de crise de l'IRSN. Montrant une mobilisation multiforme, ils valorisent la force du collectif et la puissance du travail collaboratif.





ET APRÈS...

La crise ukrainienne, sur le continent européen, suivant une dynamique qu'aucun scénario n'avait envisagé, est très différente de celle de la centrale de Fukushima-Daiichi qui, en 2011, avait conduit l'IRSN à gréer le CTC en 24/7 pendant quelques semaines. La crise japonaise, contrairement aux autres crises internationales marquantes de l'histoire du nucléaire civil et de la sûreté, était liée à un accident grave avéré qui affectait simultanément plusieurs réacteurs d'un même site. En Ukraine, aucun réacteur n'a subi de dommage critique en 2022. Néanmoins, un risque radiologique latent, lié à des actes de guerre ciblés contre des installations dispersées sur un vaste territoire ou sur les infrastructures énergétiques, a fait peser une menace durable sur l'Ukraine et les pays voisins. Il a conduit l'IRSN à rester mobilisé ou en veille active pendant 10 mois, une situation inédite. Étant donné que la guerre dure, l'Institut poursuit autant que nécessaire la surveillance des installations nucléaires et de l'environnement en Ukraine, en Europe et en France durant l'année 2023.

En parallèle, le retour d'expérience de cette crise atypique est déjà engagé. En effet, l'analyse des événements qui affectent les installations nucléaires est toujours riche d'enseignements pour l'amélioration de la sûreté et de la gestion de crise. Les attaques répétées contre les sites nucléaires ukrainiens, comme la récente crise sanitaire liée à la Covid-19, prouvent, une fois encore, que la réalité d'une crise vient défier l'imagination et que les plans de gestion de crise, s'ils sont très utiles pour s'organiser rapidement en cas d'alerte, ne peuvent jamais tout prévoir. Néanmoins, les améliorations de sûreté des installations nucléaires mises en œuvre en Europe, et plus particulièrement en Ukraine, à la suite du retour d'expérience de la catastrophe de Fukushima-Daiichi, alors même qu'elles n'ont pas été pensées pour protéger ces installations en situation de guerre, ont directement contribué à la robustesse des centrales durant cette année de conflit. Elles ont limité le risque d'accident grave du fait de la perte d'alimentations électriques externes.

La situation exceptionnelle de la crise en Ukraine a également conduit l'IRSN à chercher des réponses hors cadre pour construire sa résilience en s'appuyant sur la capacité de ses équipes pluridisciplinaires à adapter l'effort aux enjeux. En interne, cette crise est un catalyseur d'adaptation et de transformation pour l'Institut. En externe, elle réaffirme l'importance du rôle de l'IRSN, comme expert technique et appui aux pouvoirs publics, dans le contexte d'une gestion de crise internationale.



RADIOPROTECTION DES PERSONNES ET DE L'ENVIRONNEMENT

Figurant parmi les missions que lui confie le code de l'environnement, les activités de surveillance menées par l'Institut, qui visent à évaluer l'exposition aux rayonnements ionisants des personnes et de l'environnement, donnent lieu chaque année à la production de bilans et à la mise en œuvre d'actions destinées à améliorer la protection des personnes et de la biodiversité. Ces travaux permettent par exemple de mieux connaître l'état de la radioactivité naturelle ou liée à l'activité humaine, notamment à proximité des installations nucléaires, ainsi que l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants. Dans cette démarche, l'Institut s'attache aussi à se doter d'outils destinés à mieux évaluer ou maîtriser l'émission de rayonnements ionisants. En 2022, on notera la réflexion menée par l'IRSN sur sa stratégie de surveillance de l'environnement et la modernisation de l'exploitation des données liées à cette surveillance. Dans le domaine médical, plusieurs études et analyses ont été publiées, destinées à assurer une meilleure protection des patients, de tout âge, exposés à des rayonnements ionisants, pour des besoins diagnostiques ou thérapeutiques.

RADIOPROTECTION DES PERSONNES

UN NOUVEAU DOSIMÈTRE NEUTRON

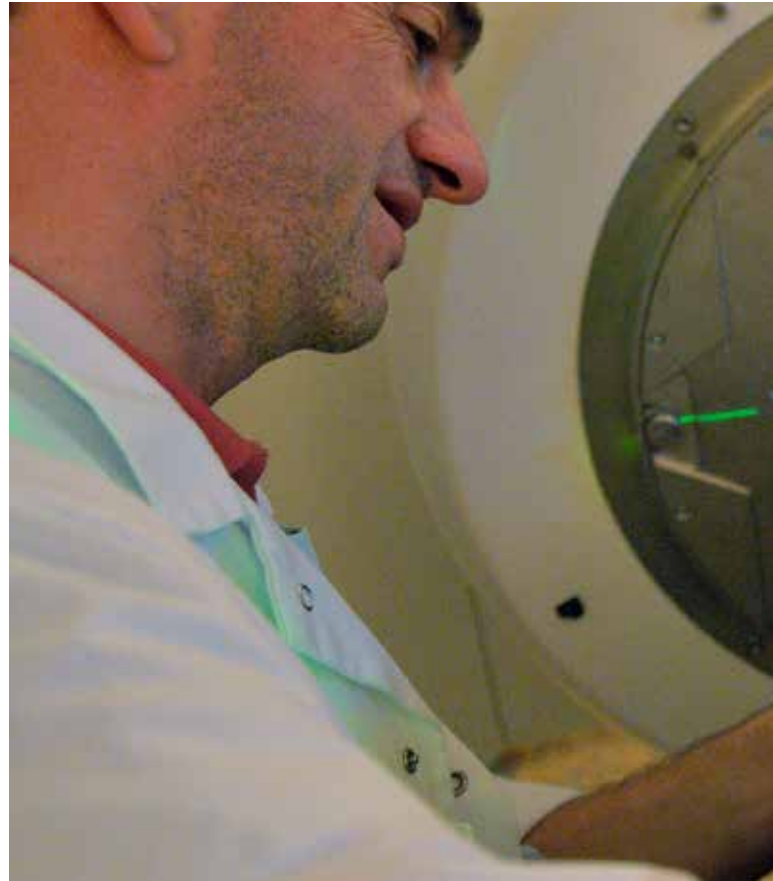
Pour répondre toujours mieux à la qualité du suivi radiologique des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, l'IRSN a développé une nouvelle version de son dosimètre RPL-neutron mis en service en janvier 2022. Fruit de deux années de R&D et du retour d'expérience des utilisateurs, le nouveau dosimètre est à la fois plus robuste et plus léger. Il combine la technologie de la radiophotoluminescence (RPL) et celle de la détection neutronique, permettant le suivi des travailleurs exposés aussi bien aux rayonnements X, gamma et bêta que neutrons dans le cadre de leur activité professionnelle, principalement dans l'industrie ou la recherche. Sa coque, conçue et produite à 100 % par des entreprises françaises, est en plastique recyclable. Elle dispose d'un nouveau système d'accrochage plus ergonomique et robuste. En parallèle de ces innovations, l'IRSN poursuit ses travaux de R&D pour disposer d'un dosimètre offrant des caractéristiques métrologiques encore plus performantes pour la composante neutron.



UN GUIDE D'AIDE OPÉRATIONNELLE POUR LES PROFESSIONNELS DE LA RADIOTHÉRAPIE

L'IRSN a élaboré, à la demande de l'ASN, un guide d'aide à l'appropriation des modifications matérielles et techniques destiné aux équipes de radiothérapie. Dans un contexte d'évolution rapide des techniques de traitement utilisant des rayonnements ionisants, ce document est destiné à accompagner les professionnels de santé dans le cadre de ces changements, bien souvent synonymes de modifications de leurs pratiques professionnelles. L'objectif visé est de faciliter l'appropriation de la nouveauté par les professionnels de radiothérapie tout en garantissant le maintien de la sécurité des soins, sans engendrer une charge significative de travail supplémentaire.

L'élaboration de ce guide a mobilisé des compétences diverses au sein de l'Institut, tant dans le domaine de la physique médicale que dans celui des facteurs organisationnels et humains. Après une phase de recueil de données dans différents types de centres de radiothérapie, les experts de l'IRSN, accompagnés d'un groupe de travail opérationnel constitué de professionnels de santé exerçant en radiothérapie, ont élaboré un guide organisé selon les quatre grandes phases d'un projet de modification matérielle ou technique en radiothérapie : initier le projet, préparer le déploiement clinique, déployer, consolider l'appropriation de la nouveauté sur le long terme.



Ce guide se veut un outil opérationnel, simple d'utilisation. Il a été conçu dans l'objectif d'être utilisable par tous les types de centres de radiothérapie, indépendamment de leur statut ou de leur taille. Chaque partie du guide, dédiée à une phase du projet de modification, s'articule de façon similaire autour de recommandations (sur l'organisation, les moyens à attribuer, les actions à mener), accompagnées d'exemples de questionnements pour guider les équipes dans la mise en œuvre de leur projet. En outre, le guide propose des encarts mobilisant des concepts relevant des facteurs organisationnels et humains afin de donner du sens aux recommandations formulées.

Ce guide met ainsi à la disposition des professionnels des recommandations issues du terrain, complétées par des éléments permettant de comprendre leurs fondements et des questionnements visant à guider leurs réflexions.

Pour télécharger le guide,
flashez le QR code





NIVEAUX DE RÉFÉRENCE DIAGNOSTIQUES EN MAMMOGRAPHIE ET TOMOSYNTÈSE MAMMAIRE

Afin de contribuer à l'optimisation de l'exposition radiologique des patientes ayant recours, dans le cadre du dépistage du cancer du sein, à la mammographie ou à la mammographie par tomosynthèse (nouvelle technologie qui permet d'obtenir par reconstruction des images du sein en 3D à partir de multiples coupes), l'IRSN a travaillé, en réponse à une saisine de l'ASN, sur la mise à jour ou la création de niveaux de référence diagnostiques (NRD) pour ces examens. Les NRD visent à guider les praticiens d'imagerie médicale pour optimiser l'exposition induite par les examens radiologiques, en tenant compte de l'évolution technologique des appareils utilisés et des pratiques. Les NRD ne constituent ni des limites de doses ni des indicateurs de risque radiologique. Ces niveaux sont établis sur la base d'une analyse technique des données dosimétriques collectées par l'IRSN et sont réactualisés périodiquement, conformément au code de la santé publique.

À cette fin, l'Institut a réalisé une étude à partir de données issues de 5 300 examens réalisés sur 80 installations de mammographie « CR » avec numérisation indirecte et 77 installations de mammographie numérique « DR » avec numérisation directe et de 3 009 examens réalisés sur 44 installations de mammographie par tomosynthèse. Avant janvier 2021, les doses en mammographie numérique étaient évaluées à partir des mesures réalisées dans le cadre du contrôle qualité externe des appareils. Pour les installations « DR » délivrant des doses moindres pour une meilleure qualité de l'image, l'affichage de la dose sur le mammographe permet désormais d'aller vers un recueil clinique des doses aux patientes et de disposer de valeurs actualisées.

Parmi les recommandations émises, l'IRSN propose de prendre des dispositions pour éviter la mise en service de nouvelles installations de mammographie « CR », technologie plus ancienne délivrant davantage de doses, et incite au remplacement des installations en fonctionnement par des installations de mammographie « DR » plus récentes.

Pour ce qui concerne la tomosynthèse qui entraîne une exposition radiologique plus importante, l'IRSN propose la création d'un NRD.

COLLABORATION AVEC L'ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTÉ (OMS)

L'IRSN a été reconduit en 2022 comme centre collaborateur de l'OMS pour la radioprotection, et ce pour une durée de quatre ans. Ce renouvellement, pour la quatrième fois consécutive, témoigne de la reconnaissance par l'OMS de la qualité de l'expertise scientifique et technique de l'IRSN. Pour les années à venir, quatre axes de travail ont été identifiés : la préparation et la réponse médicale et sanitaire aux urgences radiologiques et nucléaires ; la santé mentale et le soutien psycho-social en situation post-accidentelle ; l'utilisation sécurisée des rayonnements ionisants dans le domaine médical ; le risque sanitaire lié aux situations d'expositions existantes.

Dans le cadre de cette collaboration, l'IRSN a contribué en 2022 à l'élaboration, la revue critique ou la traduction de différents documents de recommandations de l'OMS, « *WHO stockpile policy advice* », « *Handbook for health risk communication about food safety following radiation emergency* » ou « *Communicating radiation risks in paediatric imaging: information to support health care discussions about benefit and risk* ».



**L'IRSN EST RECONDUIT
POUR LA 4^E FOIS
CONSÉCUTIVE
COMME CENTRE
COLLABORATEUR
DE L'OMS**

RAYONNEMENTS IONISANTS

La refonte du Système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (SISER) démarrée en septembre 2020, avec le concours de l'IRSN Lab - le laboratoire d'innovation de l'IRSN, se finalise avec les phases de test des nouvelles fonctionnalités et d'interopérabilité par les différentes communautés d'utilisateurs – employeurs, organismes accrédités et exploitants. Cette refonte répond aux attentes gouvernementales en matière de modernisation et de simplification des services publics. L'objectif principal est d'optimiser la consolidation des données et faciliter ainsi la traçabilité de l'exposition des travailleurs.

INTERCOMPARAISON

Le projet EIVIC d'intercomparaison en anthroporadiométrie s'est terminé en juin 2022. Organisé dans le cadre du *European Radiation Dosimetry Group* (EURADOS^[1]) par l'IRSN, il a débuté en octobre 2019 et a réuni 43 laboratoires issus de 21 pays européens. Il a consisté en six exercices d'identification et de quantification de radionucléides dans différents scénarios d'exposition interne. Ce projet a permis de faire un état des lieux et de tester les capacités techniques des laboratoires. L'ensemble des informations techniques de ces laboratoires a été regroupé au sein d'une base de données qui facilitera les échanges entre les équipes en cas d'accident de grande ampleur.

MISSION D'ASSISTANCE MÉDICALE À LA SUITE D'UN ACCIDENT RADIOLOGIQUE

L'IRSN est intervenu en septembre 2022, à la demande de l'AIEA, pour piloter une mission d'assistance médicale et apporter toute son expertise dans la prise en charge d'un patient d'Amérique du Sud, souffrant de brûlures radiologiques sévères à la suite d'un acte de radiologie interventionnelle. Le patient a été admis à l'Hôpital d'instruction des armées Percy de Clamart (Hauts-de-Seine), par une équipe multidisciplinaire. Il a bénéficié d'une prise en charge chirurgicale combinée à un traitement par thérapie cellulaire. Cette mission souligne à nouveau la reconnaissance par l'AIEA de l'excellence française en matière d'assistance médicale.

[1] EURADOS : Groupe européen de dosimétrie des rayonnements regroupant 80 institutions européennes et plus de 600 scientifiques.



DE NOUVELLES CONNAISSANCES POUR LA RADIOPROTECTION PÉDIATRIQUE

L'IRSN a publié en 2022 une étude spécifique des actes scanners effectués chez les enfants de moins de 16 ans en France entre 2012 et 2018. Complémentaire aux analyses périodiques de l'exposition médicale de la population que réalise l'Institut, comme l'étude ExPRI, elle a permis d'évaluer notamment l'évolution de la fréquence d'actes scanner chez cette population particulièrement radiosensible. Les résultats de cette étude montrent tout d'abord une fréquence annuelle des examens par scanner relativement constante (avec en moyenne 14 actes/an pour 1 000 enfants) sur la période étudiée, avec quelques variations en fonction de l'âge des patients. Ils montrent ensuite un transfert progressif de certains actes scanner vers l'IRM, ces deux techniques d'imagerie possédant un nombre important d'indications communes et les recommandations des professionnels allant dans ce sens. La fréquence annuelle d'actes IRM augmente en effet de 59 % sur la période étudiée.

Toujours en 2022, les nouveaux résultats épidémiologiques publiés dans le cadre de la cohorte « Enfant Scanner » (lancée en 2009 par l'IRSN pour étudier le risque de cancer radio-induit d'une exposition au scanner dans l'enfance) confirment le faible excès de risque de leucémies et de tumeurs cérébrales. Cette cohorte s'inscrit dans le projet européen EPI-CT dont les résultats montrent que le sur-risque de développer ce type de tumeur en fonction de la dose reçue par l'enfant au niveau de la tête demeure très faible au regard du bénéfice diagnostique des examens par scanner.

EXPOSITION DES TRAVAILLEURS AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

Chaque année, l'IRSN publie son bilan des expositions professionnelles aux sources artificielles ou naturelles de rayonnements ionisants en France. Pour l'année 2021, 392 180 travailleurs ont fait l'objet d'un suivi dosimétrique, soit un effectif en augmentation de 1,2 % par rapport à 2020. Le rapport de l'IRSN montre tout d'abord que la dose collective pour l'ensemble des travailleurs suivis s'établit en 2021 à 82,7 H.Sv (72,5 H.Sv en 2020). Cette progression de 14 % concerne tous les domaines d'activité. Elle a pour origine principale l'augmentation du volume des travaux de maintenance dans le domaine nucléaire, après une activité moindre en 2020 du fait de la crise sanitaire liée à la Covid-19. Pour les mêmes raisons, la dose individuelle moyenne s'est établie à 0,85 mSv, en hausse de 9 %. S'agissant toujours de la dose individuelle, 24 419 travailleurs ont reçu une dose annuelle supérieure à 1 mSv (limite annuelle réglementaire fixée pour la population générale) et, parmi eux, 2 712 travailleurs une dose annuelle supérieure à 5 mSv, dont un travailleur du domaine médical ayant reçu une dose supérieure à la valeur limite d'exposition professionnelle de 20 mSv. Un cas de dépassement de la limite de dose équivalente à la peau (500 mSv) et un second au cristallin (50 mSv) ont également été enregistrés.

Dans le cadre du suivi de l'exposition interne, sur les 232 140 analyses réalisées en routine en 2021, trois travailleurs ont présenté une dose efficace engagée supérieure ou égale à 1 mSv. Comme l'année précédente, ce bilan est complété par des focus thématiques abordant de manière plus détaillée certains aspects de la surveillance de l'exposition, par exemple en médecine vétérinaire ou dans les installations de fabrication du combustible nucléaire.





RADIOPROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

UN NOUVEAU GUIDE SUR L'ÉVALUATION DU RISQUE RADIOLOGIQUE LIÉ AUX INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

L'IRSN et l'ASN ont publié en janvier 2022 un guide sur l'évaluation du risque radiologique pour la faune et la flore sauvages à proximité des installations nucléaires. Intitulé « Guide méthodologique pour l'évaluation du risque radiologique pour la faune et la flore sauvages : Concepts, éléments de base et mise en œuvre au sein de l'étude d'impact », ce guide a été élaboré par un groupe pluraliste et pluridisciplinaire, à l'image des potentiels utilisateurs d'une telle méthode.

Ce guide propose une méthodologie pour évaluer le niveau de protection de la faune et de la flore sauvages vis-à-vis de leur exposition aux rayonnements ionisants et plus particulièrement l'évaluation associée aux rejets d'une installation en fonctionnement normal. Il présente les outils qui peuvent être utilisés pour la réalisation des études d'impact sur l'environnement des installations et des activités nucléaires. Ce guide est disponible sur www.irsn.fr/guide-risque-radiologique-faune-flore.

BRÈVES

REJETS ATMOSPHÉRIQUES DES CYCLOTRONS

Afin d'expertiser les études d'impact radiologique des rejets des cyclotrons sur les populations, l'IRSN a défini une méthodologie permettant de déterminer les attendus de telles études. Élaboré sur la base du retour d'expérience des dossiers récemment traités à l'Institut, le document reprend les principales étapes d'une étude d'impact radiologique et détaille les points clés sur lesquels repose en grande partie la qualité de l'évaluation. Ce document est mis à la disposition des exploitants afin de les accompagner vers une évaluation plus réaliste de l'impact aux populations situées dans l'environnement immédiat d'une installation rejetant des radionucléides. Des travaux complémentaires ont été effectués pour définir, à la demande de l'ASN, les exigences techniques que l'exploitant devra mettre en œuvre pour évaluer ses rejets.

RADON

Dans le cadre du Plan national d'action pour la gestion du risque lié au radon (2020-2024), l'IRSN a publié un rapport qui identifie, à partir des différentes campagnes de mesures du radon dans les bâtiments et de la carte du potentiel radon géogénique^[2], des secteurs géographiques où les données sont jugées insuffisantes. Ce travail servira de guide pour orienter les prochaines campagnes de mesure du radon dans l'habitat.

[2] Potentiel radon géogénique : potentiel des roches à produire et faciliter le transfert du radon vers l'atmosphère.

RESTITUTION DES RÉSULTATS DE LA PREMIÈRE ÉTUDE RADIOLOGIQUE DE SITE (ERS)

L'Institut a tenu une réunion publique, devant plus de 150 participants, le 9 mars 2022 à Saint-Maurice-l'Exil (Isère) pour présenter les résultats de l'étude radiologique de l'environnement de la centrale nucléaire de Saint-Alban Saint-Maurice-l'Exil. Cet événement a permis d'échanger avec les acteurs locaux sur les enseignements de cette étude innovante engagée par l'IRSN en 2019, en complément de la surveillance de l'environnement de la centrale.

Cette ERS avait pour objectifs principaux d'améliorer les connaissances scientifiques sur l'influence des rejets radioactifs autorisés dans le cadre du fonctionnement normal de la centrale sur son environnement, d'estimer de manière plus réaliste l'exposition des populations avoisinantes en prenant en compte les spécificités locales, et d'impliquer les acteurs locaux afin de recueillir leurs interrogations et faire en sorte d'y répondre clairement. Dans cet objectif, l'Institut a mis en œuvre des moyens de prélèvement et de métrologie permettant de détecter de la radioactivité à l'état de trace et de mesurer la contribution relative de l'installation nucléaire par rapport au bruit de fond radiologique de la zone géographique concernée.

Durant les trois années (2019-2021) de cette étude, plus de 960 prélèvements dans les différents milieux de l'environnement (terrestre, aquatique, atmosphérique) et plus de 1200 analyses ont été réalisés. Près de 270 personnes ont été interrogées pour recueillir des informations sur leurs habitudes alimentaires (composition des repas, taux de consommation des productions locales...) et leurs utilisations de l'espace et du temps (temps passé dans la zone d'intérêt, à l'intérieur comme à l'extérieur des bâtiments...).

Parmi les premiers enseignements qui se dégagent de ce travail, il apparaît que l'ensemble des résultats obtenus est cohérent avec les activités radiologiques

attendues dans l'environnement d'une centrale nucléaire et avec les mesures réalisées en routine dans le cadre de la surveillance radiologique des centres nucléaires de production électrique. Un autre point fort à souligner est son intérêt scientifique puisqu'elle a permis de valider, par la mesure, les évaluations fondées sur des modèles de calcul malgré les très faibles niveaux de marquage radioactif par nature difficiles à détecter. Enfin, on retiendra la forte mobilisation des acteurs locaux – commissions locales d'information, élus, associations, riverains, exploitants agricoles, gestionnaires de réseau, etc. – qui a été un facteur clé de la réussite de l'opération. Ainsi, la co-construction de l'étude avec ces acteurs, experts de leur territoire, relais d'information et/ou facilitateurs du travail de prélèvement, améliore significativement la connaissance du terrain que l'Institut doit acquérir et, par extension, la qualité générale des travaux réalisés. Au bilan, l'ERS Saint-Alban a constitué un objet de dialogue avec la population qui a permis à l'IRSN de s'affirmer localement comme un acteur capable de co-produire, avec les acteurs locaux, des connaissances scientifiques relatives à l'influence radiologique de la centrale et à l'exposition des riverains qui en résulte.

En complément de la réunion publique, la restitution de l'étude a fait l'objet de rapports et un outil Web, inspiré des travaux menés avec l'IRSN Lab, a été spécialement développé à cette occasion. Ils peuvent être consultés sur le site Internet de l'Institut : www.irsn.fr/ers-st-alban.

Cette démarche de recherche participative a été récompensée par les *Trophées de la participation et de la concertation 2022*. Cette manifestation, organisée par l'association « Décider Ensemble », distingue chaque année les démarches de concertation et participation citoyennes innovantes.



MIEUX CONNAÎTRE LES RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS DANS L'ENVIRONNEMENT

L'IRSN a publié une synthèse des connaissances relatives aux niveaux de base, dits « bruit de fond », des radionucléides artificiels en France métropolitaine. Ce travail a été réalisé à partir des nombreuses mesures réalisées au fil du temps, entre autres lors des constats radiologiques régionaux effectués par l'Institut de 2008 à 2018. Il permet d'estimer les expositions des populations qui résultent de la présence dans l'environnement de ces radionucléides qui proviennent principalement des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires réalisés par les États-Unis, l'Union soviétique, la Grande-Bretagne, la Chine et la France de 1945 à 1980, et des retombées de l'accident de Tchernobyl en 1986. Par ailleurs, cette connaissance permet de disposer d'un état de référence à partir duquel il est possible d'estimer les activités radiologiques ajoutées par les rejets autorisés des installations nucléaires dans le cadre de leur fonctionnement normal ainsi que celles qui pourraient résulter d'un accident, d'un rejet intempestif ou de toute autre cause d'augmentation de ce bruit de fond.

Le rapport montre que le bruit de fond diminue depuis la fin des retombées atmosphériques. Par ailleurs, si les hétérogénéités spatiales des retombées initiales tendent à s'estomper au fil du temps, les mesures mettent en évidence qu'il existe encore des zones limitées du territoire où les concentrations de radionucléides dans les sols et dans certains types de denrées alimentaires peuvent être encore notablement plus élevées qu'ailleurs, sans présenter toutefois d'enjeu majeur sur le plan sanitaire. Ce rapport est disponible sur www.irsn.fr/rapport-bdf-radionucleides-artificiels.

UNE MEILLEURE EXPLOITATION DES DONNÉES DE SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

L'Institut a publié les résultats de la surveillance radiologique régulière du territoire, établis sur la base du recueil et de l'analyse de ses propres données. L'Institut a également engagé une modernisation de la restitution de son plan annuel de surveillance de l'environnement dans le double objectif d'une plus grande interactivité pour l'utilisateur et de faciliter la compréhension des données recueillies.

La mise en œuvre de ce plan de surveillance répond aux missions confiées à l'Institut par les pouvoirs publics. Il vise à suivre l'évolution des niveaux de radioactivité dans l'environnement, à proximité des installations nucléaires mais aussi plus généralement sur l'ensemble du territoire national. Cette surveillance permet également d'analyser l'impact d'éventuels événements, en France ou à l'étranger. Il ressort des résultats obtenus que les niveaux d'activité mesurés à proximité des sites surveillés restent relativement constants ou en diminution. À l'échelle du territoire métropolitain, les activités mesurées sont en cohérence avec l'évolution des niveaux environnementaux observée depuis plusieurs années.

Tous les résultats de la surveillance sont accessibles sur le site du Réseau National de Mesures de la radioactivité de l'environnement (www.mesure-radioactivite.fr).

En 2022, les équipes de l'Institut ont également amélioré leurs outils d'exploitation, notamment statistique, et de représentation des données recueillies dans le cadre de la surveillance régulière de l'IRSN.



SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

À l'occasion du bilan de ses actions réalisées en matière de surveillance radiologique de l'environnement depuis 2009, l'IRSN a présenté une actualisation de sa stratégie de surveillance qui réaffirme l'intérêt de certains des objectifs précédents (maintenir en condition les réseaux de surveillance, agir avec réactivité et flexibilité, maintenir son statut de référent métrologique, contribuer aux politiques publiques) et les complète par des nouveaux objectifs : réaliser des études radiologiques de sites, adapter sa surveillance en cas de situations singulières (incident ou accident nucléaire) et renforcer l'exploitation des données. Ce travail a fait l'objet d'une présentation au Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire lors de sa réunion plénière le 18 octobre 2022.

Par ailleurs, le comité ODISCÉ a remis au directeur général de l'IRSN son premier avis portant sur l'implication de la société dans cette surveillance radiologique le 28 novembre 2022 (cf. Chapitre Un Institut responsable et citoyen).



Maxime Morin,
chef du service d'analyse
et de métrologie de l'environnement

L'actualisation de la stratégie de surveillance radiologique de l'environnement de l'IRSN a impliqué de multiples compétences en matière de surveillance de l'environnement, d'analyse et de métrologie...

Ce travail transversal a aussi impliqué des data scientists et des informaticiens. Bien que l'outil soit encore en phase de test, les premiers retours d'expérience ont souligné la simplicité d'accès et l'adéquation aux besoins des utilisateurs.



CRISE

ET POST-ACCIDENTEL

En cas de situation d'urgence nucléaire ou radiologique, l'IRSN est un acteur du dispositif national de crise et apporte un appui opérationnel aux autorités et aux pouvoirs publics en évaluant les conséquences des accidents sur les personnes et sur l'environnement.

En 2022, la mobilisation de l'IRSN a porté en premier lieu sur des situations réelles. L'année s'est avérée exceptionnelle et inédite à plusieurs titres :

- depuis le 25 février, l'Institut est resté investi dans la durée sur l'évaluation de la situation des installations nucléaires en Ukraine liée à la guerre qui se déroule sur son territoire, d'abord en mobilisant son organisation de crise puis en la plaçant en mode « veille active ». Même si l'IRSN a adapté son implication en fonction de l'évolution des événements, pas une semaine ne s'est écoulée sans que la cellule de crise ne tienne une réunion sur cette situation inédite à bien des égards (cf. Cahier Vision 360°) ;
- entre le 7 septembre et le 6 octobre, l'Institut a été amené à activer tout ou partie de son organisation de crise sur plusieurs incidents survenus successivement ou concomitamment sur le territoire national. Grâce à la réactivité de ses équipes de crise, l'IRSN a rempli pleinement ses missions d'appui aux autorités.

En parallèle de cette mobilisation exceptionnelle, l'IRSN a maintenu sa participation à un programme particulièrement dense d'exercices de crise nationaux, dont il contribue à préparer les scénarios, locaux, en accord avec les exploitants qui les organisent, mais aussi internes.

EXERCICES



8

GRÈEMENTS DE L'ORGANISATION DE CRISE

UNE CONTRIBUTION À

25

EXERCICES :

- 11 EXERCICES DE CRISE LOCAUX
- LES 10 EXERCICES DE CRISE NATIONAUX HORS ACTIVITÉS INTÉRESSANT LA DÉFENSE
- LES 2 EXERCICES DE CRISE NATIONAUX SUR DES INSTALLATIONS INTÉRESSANT LA DÉFENSE
- 2 EXERCICES INTERNES IRSN

L'IRSN participe également à l'élaboration de la doctrine post-accidentelle. À ce titre, l'Institut est partie prenante, depuis plusieurs années, des travaux du CODIRPA^[1], piloté par l'ASN. L'objectif de cette instance est de formuler des recommandations sur la stratégie de gestion des conséquences d'un accident nucléaire, sur la base notamment du retour d'expérience de l'accident de Fukushima-Daiichi.

L'IRSN est impliqué dans les cinq groupes de travail du CODIRPA 3 (2020-2024) mis en place en 2022. Au dernier trimestre, l'Institut a établi deux rapports qui permettent d'alimenter les travaux des deux groupes de travail « Stratégies de réduction de la contamination et de gestion des déchets » et « Accidents autres que ceux pouvant survenir sur un réacteur nucléaire ».

L'IRSN participe également à la révision du Plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur que le Secrétariat général de la Défense et de la Sécurité nationale (SGDSN) a engagée au milieu de l'année 2022.

Enfin, la directive interministérielle officialisant l'organisation de la réalisation de mesures de contamination interne des personnes en situation d'urgence radiologique en vue d'une éventuelle prise en charge sanitaire a été publiée le 29 décembre 2022 au Journal Officiel. Cette directive renforce le rôle de l'Institut en tant qu'acteur et centralisateur des mesures des personnes ainsi que conseil des autorités sur la prise en charge sanitaire ou les études épidémiologiques à mettre en place.

[1] CODIRPA : Comité directeur pour la gestion de la phase post-accidentelle d'un accident nucléaire ou d'une situation d'urgence radiologique.



PARTICIPATION DE L'IRSN AUX EXERCICES NATIONAUX DE SÉCURITÉ NUCLÉAIRE

Le ministère de la Transition énergétique bénéficie de l'appui technique de l'IRSN pour la préparation, l'organisation, la réalisation et l'analyse des évaluations des exercices annuels de sécurité.

L'un d'entre eux, dénommé EPEES, est un exercice de protection et d'évaluation de la sécurité nucléaire d'un opérateur qui vise, au travers d'une scénarisation réaliste, à apprécier la pertinence de sa réponse face à une agression malveillante. En 2022, l'exercice postulait une agression survenant sur le centre CEA de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine). Mandaté par le haut fonctionnaire de défense et de sécurité (HFDS) du ministère de la Transition énergétique, l'Institut a élaboré et conduit cet exercice (auquel prennent part en moyenne entre 200 et 300 acteurs, nécessitant un important travail de coordination) et en recueille, à l'issue, le retour d'expérience. L'expertise de l'IRSN dans l'organisation de tels exercices – une quinzaine à ce jour – est reconnue à l'international.

L'IRSN a également apporté son appui en 2022 à l'élaboration d'un exercice de transport de matières nucléaires destiné à tester la chaîne d'alerte, le concours aux pouvoirs publics ainsi qu'une solution de mise à l'abri des matières.

Enfin, l'IRSN a participé à un exercice d'inventaire de matières nucléaires en situation de crise sur le site Orano de Malvesi (Aude), où le minerai d'uranium concentré (*yellowcake*) est converti en tétrafluorure d'uranium (UF₄) en vue de son enrichissement en isotope 235. Cet exercice avait pour objectif d'évaluer la réponse de l'opérateur face au détournement de matières nucléaires, par le biais d'un événement simulé menant au déclenchement d'un inventaire des matières nucléaires. Un exercice comparable s'est déroulé au mois d'avril dans l'usine Framatome de Romans-sur-Isère (Drôme), installation dédiée à la fabrication de combustibles destinés aux réacteurs de recherche.

À la suite de chaque exercice, l'Institut a produit un avis de retour d'expérience des actions et de l'organisation des opérateurs dans ces situations.

SITUATIONS RÉELLES

RÉACTIVITÉ DE L'ORGANISATION DE CRISE DE L'IRSN SUR DEUX INCIDENTS

L'IRSN a rempli pleinement son rôle d'appui aux autorités sur deux incidents survenus à quelques jours d'intervalle.

Le 21 septembre 2022, l'Institut a activé son organisation de crise après avoir été informé d'un incendie dans un atelier contenant de l'uranium au sein de l'usine Framatome de Romans-sur-Isère (Drôme), entraînant un risque de dissémination de radioactivité dans l'environnement. Cinq jours plus tard, il a activé à nouveau son organisation de crise après avoir été alerté d'un incident dans le sous-marin nucléaire d'attaque *Perle* sur la base navale de Toulon (Var).

Dans les deux situations, afin de confirmer l'absence de rejets radioactifs dans l'environnement autour des sites concernés, l'IRSN a dépêché sur place des experts et des véhicules spécialisés, en accord avec l'ASN et la préfecture de la Drôme dans le premier cas, avec l'ASND et la préfecture du Var dans le second. Leurs mesures directes, *in situ*, de contamination radioactive et de débit de dose gamma ambiant n'ont révélé aucune trace de radioactivité anormale. Les analyses complémentaires que l'IRSN a ensuite réalisées dans ses laboratoires, à partir d'échantillons prélevés à proximité immédiate de chacun des sites, ont permis de confirmer l'absence de marquage. Après analyse en laboratoire, l'Institut a publié ses résultats quelques jours après l'événement sur son site Internet www.irsn.fr.

INFORMATION DU PUBLIC EN SITUATION DE CRISE

OUVERTURE AU PUBLIC DES DONNÉES SUR L'ÉTAT DE LA RADIOACTIVITÉ DANS L'ENVIRONNEMENT

Pour répondre à sa mission de centralisation et de restitution aux pouvoirs publics des mesures de radioactivité dans l'environnement en situation de crise, l'IRSN a créé en 2010 un site Internet cartographique intitulé CRITER. Afin de contribuer à sa mission de transparence et d'information du public en situation de crise, l'IRSN a développé en 2022 l'application Webinforad. Cet outil donnera accès au grand public à une compilation des données brutes issues du réseau national de télésurveillance de la radioactivité Télecray et de CRITER. Il permettra également de proposer, dans un onglet dédié, des explications qui viendront éclairer les données brutes. L'outil sera testé en exercice en 2023.

POST-ACCIDENTEL

NOUVELLES CONTRIBUTIONS AUX TRAVAUX DU COMITÉ DIRECTEUR POUR LA GESTION POST-ACCIDENTELLE D'UN ACCIDENT NUCLÉAIRE (CODIRPA)

En 2022, l'IRSN a mené à leur terme des travaux conséquents réalisés dans le cadre de deux groupes de travail du CODIRPA 3.

Le premier groupe de travail concerne les « accidents autres que ceux pouvant survenir sur un réacteur nucléaire ». Pour alimenter ce groupe de travail, l'IRSN a établi, à la demande de l'ASN, après un travail sur le plutonium en 2021, un rapport sur l'uranium publié mi-décembre 2022. Ce rapport fait état d'éléments de connaissance sur le comportement de l'uranium dans l'environnement et dans l'organisme, sur la métrologie de l'uranium ainsi que sur les voies d'exposition contribuant à la dose. Enfin, il présente les éléments à considérer afin d'évaluer la robustesse des recommandations du CODIRPA dans le cas de rejets accidentels d'uranium.

Le second groupe de travail concerne les « stratégies de réduction de la contamination et de gestion des déchets ». En réponse à une demande de l'ASN, l'Institut a complété une première analyse des retours d'expérience des accidents de Tchernobyl et de Fukushima en matière d'actions de réduction de la contamination et de gestion des déchets associés. L'IRSN a ainsi analysé la gestion des déchets en situation post-accidentelle, pour un accident grave contaminant durablement un territoire étendu. Le rapport que l'Institut a publié en septembre présente un état de l'art sur la définition d'une typologie des milieux pouvant être affectés par un accident nucléaire, ainsi que les stratégies possibles de réduction de la contamination et de gestion des déchets. La seconde partie, consacrée à une étude de cas, décrit un scénario d'accident et les conséquences associées, les stratégies de réduction de la contamination simulées et enfin la quantification des déchets générés et leur possible gestion.

Les équipes de l'IRSN ont été impliquées dans les trois autres groupes de travail mis en place en 2022, dont les travaux se poursuivront en 2023, intitulés respectivement « développement d'une culture de sécurité et de radioprotection autour des installations », « implication des acteurs locaux dans la gestion de la phase post-accidentelle » et « gestion des milieux marins ». Ce dernier groupe a démarré ses travaux en fin d'année en co-pilotage IRSN/ASN.



BRÈVE

PARTICIPATION DE L'IRSN À LA RÉVISION DU PLAN NATIONAL DE GESTION DE CRISE

L'IRSN contribue à la révision, engagée par le SGDSN, du Plan national de réponse à un accident nucléaire ou radiologique majeur établi en 2014. Plus resserrée, la version actualisée se focalisera sur les spécificités liées au risque radiologique et nucléaire. Elle intégrera le retour d'expérience de l'accident de Fukushima-Daiichi et les travaux menés sur les doctrines, notamment sur le post-accidentel. L'Institut est engagé dans les différents groupes de travail (communication, international, mesure...) qui se dérouleront majoritairement au cours de l'année 2023 et dont l'objectif est de mettre à jour les fiches d'action du plan.



INTERNATIONAL

Qu'il s'agisse de recherche ou d'expertise, de sûreté et de sécurité nucléaires, de surveillance de l'environnement ou de santé, l'essentiel des activités de l'IRSN met en œuvre des partenariats, à l'échelle nationale en premier lieu mais également à l'échelle européenne ou internationale. Au fil du temps, l'Institut a donc tissé un réseau de coopérations bilatérales, en particulier avec les pays dotés d'installations nucléaires, ou multilatérales, dans le cadre de sa contribution à de grands organismes internationaux comme l'Agence internationale à l'énergie atomique, l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE, l'Organisation mondiale de la santé ou la Commission internationale de protection radiologique.

Si les échanges internationaux de l'Institut ont été entravés en 2020 et 2021 par les restrictions imposées par la crise sanitaire de la Covid-19, la levée de celles-ci a permis de réactiver les projets en cours et d'en lancer de nouveaux. En témoignent notamment l'intensité des échanges menés entre l'IRSN et ses partenaires européens, notamment dans le cadre du réseau européen des TSO, ETSON et, au-delà, avec nos partenaires japonais et singapouriens, pour n'en citer que quelques-uns. Le niveau de participation de l'Institut à la 66^e Conférence Générale de l'AIEA, à laquelle s'est rendue une délégation de l'Institut conduite par le directeur général de l'IRSN, ou encore le renouvellement des accords de coopération en matière de recherche en sûreté en vigueur avec la Commission de réglementation nucléaire des États-Unis (US NRC) et celle du Canada (CNSC-CCSN) illustrent également l'engagement international de l'Institut, toujours au service de son excellence scientifique et technique.

PARTICIPATION ACTIVE DE L'IRSN À LA 66^E CONFÉRENCE GÉNÉRALE DE L'AIEA

Le directeur général de l'IRSN a conduit une importante délégation à cette Conférence Générale qui s'est tenue fin septembre 2022, à Vienne, et à l'occasion de laquelle il s'est entretenu avec le directeur général de l'AIEA, Rafael Grossi, ainsi qu'avec Lydie Evrard, en charge de la sûreté et de la sécurité nucléaires.

La situation actuelle des installations nucléaires ukrainiennes a été au cœur des débats entre les représentants des 171 États membres, qui ont échangé autour des grands enjeux de l'utilisation pacifique de l'atome. Outre cette question, identifiée comme un enjeu majeur par Rafael Grossi, Jean-Christophe Niel a pu aborder, lors de plusieurs entretiens bilatéraux, différents sujets comme la sûreté des petits réacteurs modulaires (SMR), les projets de recherche de l'Institut concernant la sûreté des systèmes passifs, ou encore la coopération en termes d'expertise entre les TSO.

De leur côté, plusieurs experts de l'IRSN ont pu participer à différents événements en marge de la Conférence (*side events*) et à une série d'entretiens bilatéraux avec des partenaires de l'Institut. Ce dernier a organisé un *side event* sur le thème des installations de recherche dédiées à la sûreté nucléaire et à la radioprotection, auquel ont participé des représentants de haut niveau de divers organismes internationaux, outre l'AIEA : l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE, la Commission européenne, le réseau ETSO des TSO européens ou encore l'Association européenne des organismes de recherche et de technologie (EARTO). Ils se sont accordés sur la nécessité de garantir la pérennité de ces installations de recherche, indispensables tant au progrès des connaissances scientifiques qu'à la formation des jeunes chercheurs. En parallèle, la participation des experts de l'Institut à d'autres *side events* leur a permis de présenter notamment les activités de recherche menées à l'aide du réacteur CABRI, qui fait partie des Centres internationaux basés sur les réacteurs de recherche (ICERR), homologue pour l'AIEA, et de présenter son implication dans la formation des responsables pour la radioprotection du Forum des organismes africains de réglementation nucléaire (FNRBA).

Enfin, dans le domaine de la santé, les directeurs généraux de l'AIEA et de l'IRSN sont convenus d'étendre leur coopération, comme en témoignent l'intervention de ce dernier au forum scientifique « *Nuclear Science for Health* » sur la thématique « *Rays of hope: cancer care for all* » et la présidence par l'Institut d'une session de la Réunion des hauts responsables pour la sûreté et de sécurité, sur un sujet lié à la protonthérapie, technique de radiothérapie visant à détruire les cellules cancéreuses en les irradiant à l'aide d'un faisceau de protons et non de photons, à la différence de la radiothérapie conventionnelle. À l'AIEA, l'engagement de l'IRSN est à la hauteur des enjeux auxquels la communauté internationale fait face en matière de sûreté nucléaire.



L'IRSN ET SES PARTENAIRES SINGAPOURIENS INTENSIFIENT LEURS ÉCHANGES

En 2015, l'IRSN et l'université nationale de Singapour (NUS) signaient un accord de coopération (*Memorandum of Understanding*) au titre duquel étaient établis des échanges d'informations scientifiques, des visites de chercheurs et des formations d'experts singapouriens dans des domaines d'intérêts communs. Depuis, les liens entre les deux organismes n'ont cessé de s'étendre et de s'approfondir, dans le cadre d'une coopération scientifique relative à trois thématiques : les mesures radiochimiques et la métrologie environnementale, la radiobiologie et enfin l'analyse de sûreté des installations nucléaires. C'est dans cet esprit qu'une délégation de l'IRSN a participé à un *workshop* à l'Université nationale de Singapour / groupe de recherche et de sûreté nucléaires (NUS/SNRSI) en juin 2022. Puis, en septembre 2022, une délégation de NUS/SNRSI et de l'Autorité du marché de l'énergie de Singapour (EMA) a visité différentes installations de recherche en sûreté nucléaire et en radioprotection de l'IRSN à Cadarache (Bouches-du-Rhône). À l'occasion de sa visite en France, la délégation singapourienne est également venue sur le site IRSN de Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine) où lui ont été présentées la démarche de recherche et d'expertise de l'Institut dans le domaine des modèles de dispersion atmosphérique et son organisation dans celui de la gestion de crise, illustrée par une visite du centre technique de crise de l'Institut.

À l'invitation de l'EMA, une délégation de l'IRSN s'est de nouveau rendue à Singapour fin octobre afin de participer à la première journée de la Semaine internationale de l'énergie de Singapour. Lors d'une session intitulée « Accélérer les solutions bas carbone », le directeur général de l'Institut a exposé les enjeux de sûreté liés aux technologies innovantes basées sur l'énergie nucléaire – parmi lesquelles les petits réacteurs modulaires (SMR) – envisagées comme une réponse aux défis climatiques, énergétiques et géopolitiques actuels. Enfin, à l'occasion de la 5^e réunion du Réseau de l'ASEAN pour la recherche en sûreté de l'énergie nucléaire (ASEAN/NPSR), organisée cette année par NUS/SNRSI, le directeur général de l'Institut a présenté le réseau ETSO des TSO européens et son action.

Comme en témoignent ces visites croisées, NUS/SNRSI et l'IRSN souhaitent renforcer encore leur collaboration stratégique pour les prochaines années, au bénéfice mutuel des deux organismes.

VIKTORIA, EXEMPLE D'EFFET DE LEVIER DES PLATEFORMES EXPÉRIMENTALES DANS LA COOPÉRATION SCIENTIFIQUE

L'année 2022 a vu se succéder plusieurs visites de délégations étrangères sur le site de Cadarache (Bouches-du-Rhône), où l'IRSN exploite différentes plateformes expérimentales, témoignant du rôle de référence scientifique que constituent celles-ci auprès des partenaires de l'Institut. Le TSO allemand GRS – avec lequel l'Institut entretient une coopération bilatérale qui s'est notamment traduite par un échange de personnel – a visité les plateformes GALAXIE (recherche sur le risque incendie dans les installations nucléaires), CHROMIA (recherche en radiochimie), MIDI (étude du dénoyage des piscines combustibles) et ASPIC (étude de l'efficacité d'un système d'aspersion pour refroidir un assemblage combustible partiellement ou totalement dénoyé). D'autres partenaires tels que le Centre de recherche technique finlandais VTT ou la société d'ingénierie slovaque VUEZ se sont rendus eux aussi à Cadarache pour observer le fonctionnement de différentes plateformes de recherche de l'IRSN.

Le rôle joué par ces plateformes dans le développement des coopérations scientifiques trouve une parfaite illustration dans la relation entre l'IRSN et différents acteurs slovaques de la sûreté nucléaire, en particulier l'ingénierie VUEZ, avec laquelle l'Institut a construit la boucle expérimentale VIKTORIA située à Levice (Slovaquie).

Depuis maintenant 20 ans, les deux organismes poursuivent une coopération relative aux problématiques de refroidissement des réacteurs nucléaires en situation accidentelle, coopération centrée sur l'installation expérimentale VIKTORIA, construite il y a plus de 10 ans dans le cadre d'un investissement conjoint et qui a permis de mener de nombreux essais destinés à mieux appréhender les phénomènes physiques susceptibles de se produire lors d'accidents de perte de refroidissement de réacteurs nucléaires. Cette collaboration – et, plus largement, l'importance pour les pays où sont exploités des réacteurs nucléaires de disposer et de partager des outils de recherche consacrés à la sûreté nucléaire – a été au cœur des discussions menées entre l'IRSN et ses partenaires slovaques (VUEZ, le TSO VUJE, l'autorité de sûreté UJD et le secrétariat d'État à l'énergie) à l'occasion de la visite de Jean-Christophe Niel en Slovaquie, au mois d'avril 2022. Ce dialogue s'est poursuivi dans le cadre de la visite en France, au mois de juin, du secrétaire d'État chargé de l'énergie du ministère de l'Économie de Slovaquie, Karol Galek, auquel le directeur général de l'Institut a proposé d'ouvrir des collaborations avec les organismes slovaques sur les différentes plateformes de recherche, concernant en particulier la sûreté des réacteurs modulaires de faible puissance (SMR).



324

**ACCORDS BILATÉRAUX
DE COOPÉRATION
EN VIGUEUR
AVEC DES ORGANISMES
DE RECHERCHE
OU D'EXPERTISE**



44

**PAYS CONCERNÉS
PAR CES ACCORDS**

LES COOPÉRATIONS BILATÉRALES DE L'IRSN RETROUVENT LEUR DYNAMISME

La levée courant 2022 des restrictions imposées aux déplacements dans le cadre de la gestion de la crise sanitaire s'est traduite par une reprise des échanges entre l'IRSN et ses partenaires internationaux, notamment en matière de recherche et développement. Cette dynamique a été renforcée notamment par la présidence française de l'Union européenne au 1^{er} semestre, à laquelle l'IRSN a apporté sa contribution.

Ainsi, ces derniers mois, quatre coopérations ont été développées. Au mois de juin tout d'abord, avec la visite à l'IRSN d'experts du *Korean Institute of Nuclear Safety* (KINS) au cours de laquelle les experts de l'Institut et ceux du TSO sud-coréen ont échangé à propos des méthodes et outils d'évaluation des rejets radiologiques en situation d'accident dans un réacteur nucléaire et ont été, à ce titre, formés à l'utilisation du logiciel Persan, développé par l'IRSN. Début juillet, le directeur général de l'Institut accueillait une délégation conduite par le président de l'autorité de sûreté polonaise (PAA), Łukasz Mlynarkiewicz, pour des échanges techniques portant en particulier sur la formation. Mi-juillet, Jean-Christophe Niel rencontrait à Berlin Inge Paulini, présidente de l'Office fédéral allemand pour la radioprotection (BfS), avec lequel l'Institut entretient de fréquents échanges dans le cadre du projet PIANOFORTE. À l'issue d'échanges portant sur des thématiques variées, les deux dirigeants ont signé une lettre d'intention pour acter leur volonté commune de collaboration. Fin août, à Washington, l'IRSN signait avec la Commission de réglementation nucléaire des États-Unis (US NRC) le renouvellement du protocole d'entente entre les deux organismes et, le 1^{er} septembre à Ottawa, le renouvellement de celui liant l'IRSN à la Commission de réglementation nucléaire du Canada (CNSC-CCSN), l'un et l'autre pérennisant les coopérations techniques bilatérales en matière de recherche en sûreté et de réglementation nucléaire. Fin novembre, le directeur général de l'IRSN a également participé à la table ronde nucléaire, présidée par le Président de la République à l'occasion de sa visite d'État aux États-Unis, ce qui a permis de promouvoir la coopération franco-américaine en matière d'expertise et de recherche en sûreté nucléaire. Le dernier trimestre a confirmé cette reprise des coopérations, comme l'illustrent les différentes rencontres organisées au Japon fin 2022.

BRÈVE

LA COOPÉRATION AVEC LE JAPON S'INTENSIFIE

Du 28 au 30 novembre 2022, une délégation d'experts de l'IRSN s'est rendue à Tokyo pour le 4^e séminaire IRSN-NRA-JAEA. Après deux ans sans contacts en raison de la crise sanitaire, ce séminaire qui a réuni de nombreux experts a permis à ces derniers notamment de visiter des installations expérimentales de l'Agence japonaise de l'énergie atomique (JAEA), de faire le point sur les besoins de recherche en sûreté, d'examiner l'avancement des collaborations en cours, d'esquisser de nouvelles pistes et, enfin, de relancer les échanges de chercheurs, à l'origine de liens très étroits entre les deux parties.

Jean-Christophe Niel s'est rendu début décembre au Japon, où il a présidé le 72^e comité sur la sûreté des installations nucléaires de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE. À cette occasion, il a participé à une visite de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi, du Centre des archives sur le démantèlement de TEPCO (exploitant de la centrale) ainsi que du Centre de développement des technologies de télécommande de Naraha. Ce déplacement au Japon aura également été l'occasion de réunions bilatérales avec différents partenaires japonais comme l'autorité de sûreté nucléaire NRA, Chiyoda Technol (dosimétrie) ou encore l'université de médecine de Fukushima (FMU). Avec cette dernière, l'IRSN est convenu de poursuivre les actions de collaboration en cours, comme celles liées au cancer de la thyroïde ou les projets d'écotoxicologie BEERAD et KERO, et d'organiser de futurs échanges de personnels de recherche.





UN INSTITUT PERFORMANT ET INNOVANT

Afin de s'adapter aux mutations rapides de son environnement et de répondre aux enjeux de la sûreté nucléaire et de la radioprotection, l'Institut s'est donné une ambition tant en matière de performance et d'innovation que d'attractivité. En 2022, à la faveur de la sortie de la crise sanitaire de la Covid-19, la dynamique de transformation de l'Institut s'est accélérée dans le cadre de son projet *Ambitions & Stratégie 2030*.

Le programme de transformation numérique, réorienté vers la réalisation de réussites numériques, contribue aux évolutions des activités de l'IRSN tout en pérennisant son socle technologique. Un catalogage permet de mieux valoriser ses données scientifiques et techniques.

De nouveaux outils de Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences participent au développement de l'attractivité d'employeur de l'IRSN et au maintien des compétences nécessaires à l'exercice de ses missions d'expertise et de recherche, dans un contexte d'évolution des attentes et des pratiques professionnelles des salariés.

Le développement d'outils numériques de partage interne du patrimoine de l'IRSN et l'encouragement de modes de collaboration innovants comme les communautés de pratiques stimulent une évolution vers une organisation apprenante, tandis que les accompagnements d'équipes par l'IRSN Lab font émerger des formes de facilitation créatrices de valeur.

Enfin, l'IRSN poursuit sa mission de valorisation de son capital de connaissances et de partage des compétences de ses experts au travers des formations qu'il dispense au sein d'*IRSN Academy*, sa marque pour les formations externes.

QUALITÉ

RENOUVELLEMENT DE LA CERTIFICATION DU SYSTÈME DE MANAGEMENT PAR LA QUALITÉ SUR UN PÉRIMÈTRE ÉLARGI

Certifié depuis 2007, l'IRSN a obtenu le renouvellement pour trois ans de sa certification ISO 9001. Le système de management par la qualité est un outil structurant pour les activités de l'Institut. Son périmètre intègre désormais les formations en sûreté et radioprotection délivrées par *IRSN Academy*. Parmi les points forts relevés par l'AFNOR, organisme de certification : la bonne prise en compte des besoins et attentes des parties intéressées, la création des communautés de pratiques, l'engagement et le professionnalisme des équipes de l'IRSN. Quatre points sensibles sont à traiter d'ici le prochain audit prévu en 2023.

TRANSFORMATION NUMÉRIQUE ET INNOVATION

TRANSFORMATION NUMÉRIQUE : 29 PROJETS ORIENTÉS VERS LA RÉALISATION DE RÉUSSITES NUMÉRIQUES

La stratégie de transformation numérique de l'IRSN, lancée en 2019, vise à doter l'ensemble des collaborateurs de l'Institut d'un environnement de travail hybride et numérique performant. À l'issue de la publication en 2021 de la stratégie numérique de l'IRSN et compte tenu de l'accélération des enjeux numériques, dans l'environnement de l'Institut et pour ses propres métiers, il est apparu nécessaire de réactualiser les modalités de mise en œuvre et de pilotage de la première version du programme de transformation numérique.

La version 2.0 lancée en 2022 est orientée vers la réalisation de réussites numériques concrètes, évaluées suivant plusieurs critères : perception des parties prenantes, réussite technique, performance opérationnelle, réussite stratégique. Ces réussites doivent contribuer à faire évoluer opérationnellement les activités de l'IRSN et à pérenniser son socle technologique.

Le programme est constitué de 29 projets portant sur la contribution à la poursuite et à la conformité des activités, les socles prérequis à la transformation, le renforcement du positionnement de l'Institut dans son écosystème. Il intègre un ensemble de principes directeurs pour l'orientation et le pilotage de ces projets, un engagement sur une trajectoire budgétaire ainsi que des modalités de gouvernance.

Les projets retenus couvrent les domaines de la recherche, de l'expertise, du fonctionnel et des communs numériques. Citons, à titre d'exemples, la refonte de l'application SISERI (Système d'information de la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants), le projet PEPS de pilotage du plan emploi, la nouvelle version du site Internet cartographique intitulé CRITER mis en ligne en 2011 par l'IRSN pour restituer les résultats liés à l'événement de Fukushima, le site Internet de centralisation des mesures de radioactivité en situation accidentelle, et le futur site [irsn.fr](https://www.irsn.fr).



CATALOGAGE DES DONNÉES DE L'IRSN

L'IRSN a mis en œuvre une première brique de gouvernance de ses données, dans le cadre du déploiement de sa stratégie d'exploitation et de valorisation des données, en constituant l'inventaire des principales données scientifiques et techniques dont il dispose. Cet inventaire organisé est disponible dans le catalogue de données, rassemblant actuellement plus de 200 fiches et accessible à tous les collaborateurs qui le complètent et l'enrichissent au fil de l'eau. Outil de partage interne du patrimoine des données existantes, il permet d'identifier plus facilement celles éligibles à l'*open data*. Il permet également d'alimenter des catalogues externes tels que le catalogue interministériel des données ou celui des données environnementales dans le cadre du GD4H (Green Data for Health), action du PNSE 4 (4^e Plan National Santé Environnement) auquel l'Institut contribue.

L'IRSN MODERNISE SON SYSTÈME DE COMPTABILITÉ INTERNATIONALE DES MATIÈRES NUCLÉAIRES POUR AUTOMATISER EN PARTIE LES ENGAGEMENTS DE NON-PROLIFÉRATION DE LA FRANCE

Avec le soutien de l'État dans le cadre du programme « France Relance », l'IRSN a lancé en 2022 le développement de son logiciel d'Intégration de la Comptabilité EURATOM en Base pour l'Établissement des Rapports sur les Garanties (ICEBERG). Celui-ci vise à moderniser, aussi bien au niveau des fonctionnalités que des technologies de développement (langage de programmation, système d'exploitation...), le traitement des données relatives aux déclarations comptables internationales sur les matières nucléaires présentes dans les installations nucléaires civiles en France. L'IRSN, qui en exploite la comptabilité au titre de son appui aux autorités nationales dans le domaine de la non-prolifération des matières nucléaires, disposera avec ICEBERG d'un dispositif optimisé de l'ensemble de ses outils dédiés à ces activités. Il permettra en particulier de mettre en place un processus de consolidation des données et d'automatiser les tâches associées, comme l'édition de certains rapports comptables jusqu'à présent établis manuellement, la vérification automatique de livrables tels que les déclarations, l'enregistrement de rapports finaux ou la pérennisation du stockage des données. ICEBERG sera aussi équipé de modules de comparaison et de requête, permettant d'automatiser de fastidieux travaux d'analyse.

ICEBERG renforcera ainsi la capacité de l'Institut à répondre rapidement à toute demande d'expertise et apportera aux autorités nationales comme aux instances internationales, le bénéfice d'une vision globale du patrimoine des données comptables sur les matières nucléaires, d'une traçabilité des déclarations ainsi que d'une disponibilité des données dans la durée.



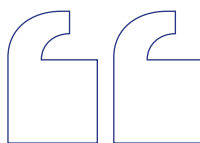
86

PROJETS
ACCOMPAGNÉS
DEPUIS LA
CRÉATION
DE L'IRSN LAB



719

COLLABORATEURS
ONT PARTICIPÉ
À AU MOINS UNE
DES 141 SESSIONS
ORGANISÉES
MAJORITAIREMENT
EN DISTANCIEL



Laurent Guimier,
responsable de l'IRSN Lab

IRSN Lab : 30 nouveaux projets accompagnés

Lancé en 2020, l'IRSN Lab est un laboratoire d'innovation et de créativité qui permet aux collaborateurs de l'Institut d'expérimenter de nouvelles méthodes de recherche de solutions à des enjeux organisationnels, scientifiques, techniques et sociétaux. En 2022, les accompagnements de l'IRSN Lab ont fait émerger deux formes de facilitation fortement créatrices de valeur.

D'une part, les accompagnements d'équipes de recherche qui ont sollicité l'appui de l'IRSN Lab à des moments clés de leur projet de recherche.

À plusieurs reprises, le laboratoire d'innovation a aidé des équipes de recherche à construire les bases de la feuille de route de leur projet. En réunissant toutes les parties prenantes autour d'une table, il a facilité la co-construction des briques structurantes du projet et l'ébauche de son organisation globale. L'IRSN Lab a également accompagné des équipes dont le projet avait déjà une vie, mais qui arrivaient à un moment de leur recherche où elles avaient besoin de prendre du recul et de s'interroger sur les suites à donner. IRSN Lab les a aidées à faire un bilan des connaissances produites, des questions sans réponse ou nouvelles, des freins ou des verrous identifiés, afin de reprioriser les actions et les suites du projet de recherche.

D'autre part, les accompagnements de la définition des besoins d'une équipe dans le cadre du lancement d'une prestation de service. Pour démarrer une prestation sur des bases solides, l'étape de la description claire des attendus est fondatrice. Le soutien de l'IRSN Lab intervient à deux moments. Le premier consiste à animer une session « identification des besoins », prévue au cahier des charges et préparée avec le prestataire pour bien comprendre ses questionnements. En présence du prestataire qui est observateur, les futurs utilisateurs du produit explicitent leurs besoins sous différents angles. Cette session peut être complétée par un atelier en mode « test utilisateurs » à un moment où le prestataire a développé un prototype, mature mais toujours modifiable, de son livrable. Les retours et commentaires des futurs utilisateurs permettent d'ajuster la solution. Ces deux formats d'accompagnement contribuent à accroître fortement l'efficacité de la prestation.

DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES ET PARTAGE DES CONNAISSANCES

ÉVOLUTION DES MÉTIERS : PREMIERS LIVRABLES DU PROJET TRA-G

TRA-G (TRAnsformation de la GPEC - Gestion Prévisionnelle des Emplois et des Compétences) est un projet transverse d'envergure dont l'ambition est de maintenir et de développer les compétences au sein de l'IRSN, dans un contexte de transformation des pratiques professionnelles et d'évolution de l'environnement interne et externe. Les travaux collaboratifs du projet, initiés en 2020, ont mobilisé un large panel de collaborateurs autour de la refonte des outils de la GPEC avec plusieurs objectifs : fidéliser les collaborateurs en leur donnant de la visibilité sur leurs métiers et ceux de demain, renforcer la mobilité et l'employabilité interne ou externe, accroître l'attractivité de l'IRSN, maintenir et développer les compétences, bien accompagner et valoriser les parcours professionnels. En 2022, deux nouveaux outils ont été déployés :

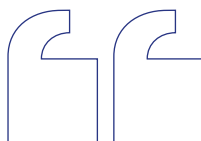
- le nouveau référentiel métier, qui donne une meilleure lisibilité des métiers de l'Institut et des compétences associées, et qui a notamment pour ambition de rendre plus visibles les évolutions professionnelles envisageables ;
- la campagne des nouveaux entretiens annuels et professionnels 2023 lancée sur Talentsoft, une plateforme RH plus ergonomique. Les nouveaux formulaires de ces entretiens, moins chronophages et plus riches en contenus, simplifient la vie des collaborateurs et des managers au profit d'un échange plus efficient.

ENRICHIR ET RENFORCER LE PARTAGE DES CONNAISSANCES

Pour évoluer vers une organisation apprenante, l'IRSN développe des outils de partage des connaissances et accompagne des modes de collaboration innovants.

Grâce au moteur de recherche Ask, aujourd'hui indexé à plus de 400 000 ressources internes et externes, tous les collaborateurs de l'IRSN bénéficient d'un accès unifié et facilité aux informations et connaissances métier (documents d'expertises, référentiels, ouvrages scientifiques, bases de données, documents internationaux, intranet IRSN...). Chaque mois, 500 collaborateurs environ utilisent Ask pour des recherches d'information automatisées toujours plus pertinentes par rapport aux besoins métiers. Ils utilisent Ask comme outil d'accès au patrimoine de connaissances de l'IRSN et de partage pour enrichir expertises et recherches au quotidien.

Les communautés de pratiques lancées en 2021 pour renforcer le partage des compétences et la transversalité des échanges au sein de l'Institut ont pris leur essor. Sous l'impulsion d'animateurs investis et de sponsors, 12 communautés de pratiques, d'au moins 80 membres chacune, ont créé des espaces apprenants autour d'un métier, d'un sujet d'intérêt commun ou d'un domaine de connaissance. Des collaborateurs qui ne se connaissaient pas interagissent pour enrichir leurs pratiques et optimiser le fonctionnement de l'IRSN. Espace de partage d'apprentissage entre pairs, les communautés de pratiques créent une émulation scientifique et technique dans un climat de confiance et d'entraide. À travers l'expérimentation de méthodes collaboratives innovantes basée sur l'intelligence collective, elles incarnent un nouvel état d'esprit et participent à la transformation de l'Institut.



Nathalie Bolteau,
chefe du service du management
des compétences et des enseignements

IRSN Academy : une offre de formations externes d'excellence

En 2022, pour sa première année d'exercice, IRSN Academy a formé plus de 400 stagiaires en France et à l'international : des professionnels de l'imagerie médicale, des médecins du travail, des industriels, des ingénieurs en sûreté nucléaire ou en environnement qui participent à la prévention ou au contrôle des risques liés aux rayonnements ionisants dans le cadre de leurs activités. L'IRSN a lancé « IRSN Academy », sa marque pour les formations externes, en septembre 2021 avec l'objectif de faire progresser la sûreté et la radioprotection. Pour ce faire, l'Institut s'appuie sur les connaissances, les compétences et les outils de ses experts qui dispensent des formations dans les domaines de la radioprotection, de la sûreté et de la sécurité nucléaires. En radioprotection, le catalogue d'IRSN Academy propose notamment l'ensemble des formations PCR (personnes compétentes en radioprotection) niveau I, niveau II, secteur médical et secteur industriel. Ses modules de formation initiale certifiante, d'une durée de 8,5 jours/54h ou 12,5 jours/84h suivant les options, sont particulièrement riches en contenus. Ils associent enseignement théorique et travaux pratiques : visites, exercices, mises en situation, utilisation d'appareils. Quant aux formations à la sûreté nucléaire, elles sont focalisées sur des démarches, des codes de calcul et des plateformes très pointus, tels SOFIA et SYLVIA, que l'Institut a développés dans le cadre de ses travaux de recherche ou d'expertise. Le catalogue d'IRSN Academy est régulièrement actualisé en fonction de l'évolution des connaissances et des réglementations. Notre ambition pour 2023 est de maintenir le haut niveau de qualité de ces formations, certifiées Qualiopi et OF PCR par l'organisme Global Certification, et de promouvoir leur excellence sur le territoire national au travers d'actions marketing renforcées.



FRANCE :
229
STAGIAIRES FORMÉS
AU COURS
DE 32 SESSIONS



INTERNATIONAL :
189
STAGIAIRES FORMÉS
AU COURS
DE 13 SESSIONS

GOUVERNANCE

CONSEIL D'ADMINISTRATION AU 1^{ER} JANVIER 2023

MISSIONS

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

Une députée

Natalia POUZYREFF, députée des Yvelines

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 la ministre des Armées

Benoît BETTINELLI, chef de la mission sûreté nucléaire et radioprotection du Service des risques technologiques, représentant le 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 la ministre chargée 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

Arnaud GILLET, 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, sous-directrice des conditions de travail, santé et sécurité à la Direction générale du travail, représentant le ministre chargé du Travail

Arnaud WIEBER, chef de 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

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-Pierre-Brousse, sur proposition du ministre chargé de la Santé

Laurent MOCHÉ, directeur général d'Edenka, sur proposition de la ministre chargée 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

Patrick DUFOUR, contrôleur général des armées à la retraite, sur proposition du ministre chargé de la Défense

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

Huit représentants du personnel

Nicolas BRISSON, CGT

Laurence FRANCOIS, CGT

Léna LEBRETON, CGT

Patrick LEJUSTE, CGT

David BOIREL, CFE-CGC

Sandrine ROCH-LEFEVRE, CFE-CGC

Annie CONSTANT, CFDT

Thierry FLEURY, CFDT

Six 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 de l'IRSN

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

Isabelle FLORY, agente comptable de l'IRSN

Cédric GOMEZ, secrétaire du comité social et économique de l'IRSN

CONSEIL SCIENTIFIQUE AU 25 MAI 2021

MISSIONS

Le Conseil scientifique donne un avis sur les programmes de l'IRSN. Il évalue leurs résultats et peut ainsi formuler des recommandations sur l'orientation des activités. 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 l'établissement. Son avis peut être sollicité sur toute question ou réalisation engageant l'IRSN.

Le Conseil scientifique se réunit deux fois par an en réunion plénière et peut également se réunir à sa convenance en formation plus restreinte, éventuellement élargie à des experts extérieurs afin d'examiner plus précisément un thème ou un programme de recherche.

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 métabolique 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 ColLaboratoire, 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

COMITÉ D'ORIENTATION DES RECHERCHES EN SÛRETÉ NUCLÉAIRE ET EN RADIOPROTECTION AU 1^{ER} 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

Martin RÉMONDET, Service de la recherche et de l'innovation, ministère de la Transition écologique

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

Fabrice LEGENDRE, chargé de mission au bureau politique publique et tutelle, Direction générale de l'énergie et du climat, ministère de la Transition écologique
En cours de nomination, ministère de la Santé et de la Prévention

Représentant de la Direction du travail

En cours de nomination, 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

Philippe LAURENT, directeur adjoint à la Direction technique – Lyon, EDF

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

Émilie LACROIX, directrice sûreté et environnement, 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 filières (DISEF) de l'Andra

SALARIÉS DU SECTEUR NUCLÉAIRE

Représentants des organisations syndicales nationales représentatives

Jean-Paul CRESSY, FCE-CFDT

Olivier CHAUMONT, 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

En cours de nomination, administrateur de la Ligue nationale contre le cancer

Lionel LARQUÉ, 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 adjoint de l'Université Paris-Saclay, représentant de France Universités

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

COMITÉ D'ORIENTATION AUPRÈS DE LA DIRECTION DE L'EXPERTISE NUCLÉAIRE DE DÉFENSE (CODEND) AU 27 MARS 2023

MISSIONS

Le comité d'orientation placé auprès de la Direction de l'expertise nucléaire de défense et de sécurité (DEND) examine le programme d'activité de cette Direction au sein du pôle défense, sécurité, non-prolifération de l'IRSN, avant qu'il ne soit soumis au 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 toute recommandation au conseil d'administration 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 contre-amiral Frédéric DREHER

Emmanuel CHIVA, délégué général de l'armement, représenté par l'ingénieur général de l'armement Christian DUGUE

Christophe MAURIET, secrétaire général pour l'administration du ministère des Armées, représenté par le capitaine de vaisseau Mokrane OUAREM

Général Nicolas LEVERRIER, inspecteur des armements nucléaires, représenté par le capitaine de vaisseau Pierre SULEAU

Mélanie JODER, directrice du Budget du ministère de l'Économie et des Finances, représentée par Arnaud WIEBER

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

Anne BLONDY-TOURET, secrétaire générale, Haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité des ministères Économiques et Financiers, représentée par Samuel HEUZE
Guillaume LEFORESTIER, Haut Fonctionnaire de Défense et de Sécurité du ministre de la Transition écologique, représenté par Mario PAIN

COMMISSION D'ÉTHIQUE ET DE DÉONTOLOGIE (CED) AU 1^{ER} AVRIL 2022

MISSIONS

La Commission est une instance consultative 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 la séparation, au sein de l'établissement, entre les missions d'expertise réalisées au bénéfice des services de l'État et celles réalisées dans le cadre de prestations commerciales. Elle a aussi une mission de médiation dans l'éventualité de difficultés d'ordre éthique ou déontologique.

Françoise ROURE, présidente de la Commission, 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 (CGE) et membre du comité de l'inspection, docteur de troisième cycle et docteur d'État ès Sciences économiques (HDR), discipline « Économie internationale », retraitée

Lionel BOURDON, médecin-chef des services hors classe, professeur agrégé du Val-de-Grâce. Directeur scientifique de l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA, Brétigny-sur-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, retraité
Raja CHATILA, professeur émérite de robotique, d'intelligence artificielle et d'éthique à l'Université de la Sorbonne à Paris. Ses recherches couvrent plusieurs aspects de la robotique dans la navigation des robots, la planification et le contrôle des mouvements, les architectures cognitives et de contrôle, l'interaction homme-robot, l'apprentissage automatique et l'éthique. 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

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)

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, retraité

COMITÉ ODISCÉ AU 22 MARS 2023

MISSIONS

Le comité ODISCÉ – Ouverture et impulsion du Dialogue avec la Société Civile sur l'Expertise – est une instance de conseil placée auprès du directeur général de l'IRSN, composée d'experts et de référents de la participation. Il a pour objectif de favoriser de nouvelles interactions sciences-société sur l'expertise des risques nucléaires et radiologiques, d'impulser un dialogue régulier et approfondi, en élargissant les publics impliqués.

Michel BADRÉ, président du comité ODISCÉ, premier président de l'Autorité environnementale et ancien vice-président du CESE, président de la CPDP^[1] « Nouveaux réacteurs et projet Penly »

Évelyne ALLAIN, directrice de l'Institut Français des Formateurs risques Majeurs et protection de l'Environnement (IFFO-RME)

Isabelle BARTHE, commissaire enquêteur, garante de la CNDP^[2] et membre de plusieurs CPDP^[1] (PNGMDR^[2], Nouveaux réacteurs et projet Penly)

Guillaume BLAVETTE, représentant de France Nature Environnement (FNE)

Anne CHEVREUX, maîtresse de conférences, consultante en ingénierie de la concertation et directrice de Vox Operatio

Paul CHRISTOPHE, député du Nord et président de la CLI^[3] de Gravelines

Marc CLÉMENT, membre de l'Autorité environnementale et vice-président du comité d'application de la Convention d'Aarhus

Élise COURCAULT, responsable de la mission Démocratie sanitaire & Living Lab de l'INCa^[4]

Sébastien FARIN, directeur dialogues et prospective de l'Andra

Emmanuelle JANNÈS-OBBER, directrice adjointe de la Direction pour la science ouverte de l'INRAE^[5]

Cécile LAUGIER, directrice déléguée en charge de l'environnement et de la prospective auprès de la Direction de la production nucléaire d'EDF

Yves LHEUREUX, directeur de l'Association nationale des comités et commissions locales d'information (ANCLLI)

Clément MABI, maître de conférences à l'UTC^[6], spécialiste des relations entre innovation technologique et démocratie, notamment dans ses formes participatives

Alima MARIE-MALIKITÉ, directrice de cabinet de la Direction générale de SPF^[7], en charge de l'ouverture et du dialogue avec la société

Yves MARNIGNAC, chef du pôle énergies nucléaire et fossiles de l'Institut négaWatt
Maïté NOÉ, adjointe au maire de Vinon-Sur-Verdon, vice-présidente de la CLI^[3] de Cadarache

Christine NOUVILLE, directrice de recherche au CNRS, présidente du HCTISN^[8]

Marion ROTH, experte en participation citoyenne dans les collectivités, ancienne directrice de Décider ensemble

Yannick ROUSSELET, consultant indépendant en sûreté nucléaire, représentant Greenpeace France dans les CLI de la Manche

Simon SCHRAUB, docteur en médecine et en sciences sociales, administrateur et vice-président de la Ligue contre le cancer (comité du Bas-Rhin)

Serge VIDAL, représentant de la fédération nationale mines-énergie de la CGT

[1] CPDP : Commission particulière du débat public.

[2] PNGMDR : Plan national de gestion des matières et déchets radioactifs.

[3] CLI : Commission locale d'information.

[4] INCa : Institut National du Cancer.

[5] INRAE : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement.

[6] UTC : Université technologique de Compiègne.

[7] SPF : Santé Publique France.

[8] HCTISN : Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire.

ORGANIGRAMME

DIRECTION GÉNÉRALE

Jean-Christophe NIEL
Directeur général

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

Laurent MANDARD
Directeur de l'Expertise
nucléaire de défense

Hervé BARBELIN
Directeur général adjoint,
responsable du pôle
patrimoine et territoires

Jean BATTISTON
Directeur immobilier
et sécurité
Directeur du site
de Fontenay-aux-Roses

Hervé BARBELIN
Directeur du site
de Cadarache

François VALLETTE
Directeur du site du Vésinet

Karine HERVIOU
Directrice générale
adjointe, chargée
de la sûreté nucléaire

Igor LE BARS
Directeur de l'Expertise
de sûreté

Patrice GIORDANO
Directeur de la recherche
en sûreté

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

François BESNUS
Directeur de l'environnement

Jean-Michel BONNET
Directeur de la santé

Philippe DUBIAU
Directeur
délégué à la crise

DIRECTIONS FONCTIONNELLES ET DE SUPPORT

**Michelle
AGARANDE**
Directrice
des risques et
de la performance

**Patrice
BUESO**
Directeur
de la stratégie

**Didier
DEMEILLERS**
Secrétaire général
par intérim

**Michel
ENAUT**
Directeur
de la transformation

**Isabelle
FLORY**
Agent
comptable

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

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



De gauche à droite, Hervé Barbelin, Jean-Christophe Gariel, Cyril Pinel, Marie Riet-Hucheloup, Michelle Agarande, Michel Enault, Patrice Bueso, Jean-Christophe Niel, Karine Herviou, Philippe Dubiau, Louis-Michel Guillaume, Didier Demeillers

GLOSSAIRE

A

AEN/OCDE : Agence pour l'énergie nucléaire de l'Organisation pour la coopération et le développement économiques

AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique

AMM : Autorisation de mise sur le marché

ANCCLI : Association nationale des comités et commissions locales d'information

Andra : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs

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

B

BEGES : Bilan des émissions de gaz à effet de serre

BelV : *Belgian TSO* – organisme de sûreté nucléaire de Belgique

Bfs : *Bundesamt für Strahlenschutz* – Office fédéral de radioprotection d'Allemagne

BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières

C

CEA : Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

CEPN : Centre d'étude sur l'évaluation de la protection dans le domaine nucléaire

CIAC : Convention sur l'interdiction des armes chimiques

CIGÉO : Centre industriel de stockage géologique pour les déchets radioactifs de haute activité et de moyenne activité à vie longue

CIPR : Commission internationale de protection radiologique

CLI : Commission locale d'information

CNDP : Commission nationale du débat public

CNPE : Centre nucléaire de production d'électricité

CNRS : Centre national de la recherche scientifique

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

CRIIRAD : Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité

CSC : Corrosion sous contrainte

CTC : Centre technique de crise de l'IRSN

CTE : Comité technique EURATOM

D

DOE : *Department of Energy* – ministère de l'Énergie des États-Unis

DSND : Délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection pour les activités et installations intéressant la défense

E

EPR : *Evolutionary power reactor* – réacteur nucléaire européen à eau sous pression

ESA : *European Space Agency* – Agence spatiale européenne

ETSON : *European Technical Safety Organisations Network* – réseau européen des organismes techniques de sûreté nucléaire

Eurados : *European Radiation Dosimetry Group* – Groupe européen de dosimétrie des rayonnements

EURATOM : Communauté européenne de l'énergie atomique

F

FMA-VC : Faible et moyenne activité à vie courte (catégorie de déchets radioactifs)

G

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

GPEC : Gestion prévisionnelle des emplois et des compétences

GRS : *Gesellschaft für Anlagen-Und Reaktorsicherheit* – Société pour la sûreté des installations et des réacteurs nucléaires d'Allemagne

H

HA : Haute activité (catégorie de déchets radioactifs)

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

HDR : habilitation à diriger des recherches

HFDS : Haut fonctionnaire de défense et de sécurité

HQE : Haute qualité environnementale

I

IEC : *Incident and Emergency Center* – Centre des incidents et des urgences de l'AIEA

IER : *Institute of environmental radioactivity* – Institut de la radioactivité environnementale (Université de Fukushima)

Ifremer : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

INSTN : Institut national des sciences et techniques nucléaires

IRM : Imagerie par résonance magnétique

IRSN Lab : Laboratoire d'innovation de l'IRSN

ISFIN : Institut des sciences de la fusion et de l'instrumentation en environnement nucléaires (Aix-Marseille Université)

ITEM : Institut méditerranéen pour la transition environnementale (Aix-Marseille Université)

L

LSCE : Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (CNRS – CEA – Université Versailles-Saint-Quentin)

M

MA-VL : Moyenne activité à vie longue (catégorie de déchets radioactifs)

MEF : Ministères économiques et financiers en charge de la non-prolifération

MNHN : Museum national d'histoire naturelle

MOX : Oxydes mixtes d'uranium et de plutonium

MSF : Médecins sans frontières

MWe : Mégawatt électrique

N

NNSA : *National Nuclear Security Administration* – agence fédérale de sécurité nucléaire des États-Unis

NARAC : *National Atmospheric Release Advisory Center* – centre de surveillance des rejets atmosphériques des États-Unis

NRC : *Nuclear Regulatory Commission* – Commission de réglementation nucléaire des États-Unis

NRD : Niveaux de référence diagnostiques

O

ODISCE : Ouverture et impulsion du Dialogue avec la Société Civile sur l'Expertise

ONG : Organisation non gouvernementale

ONR : *Office for Nuclear Regulation* – Bureau pour la réglementation nucléaire du Royaume-Uni

R

RCR : Rapport de conclusion du réexamen périodique

REP : Réacteur nucléaire à eau sous pression

RP4-900 : Quatrième réexamen périodique de sûreté nucléaire des réacteurs du palier de 900 MWe

RP4-1300 : Quatrième réexamen périodique de sûreté nucléaire des réacteurs du palier de 1 300 MWe

RSE : Responsabilité sociétale et environnementale des entreprises

RSNR : Recherche en sûreté nucléaire et en radioprotection

S

SFRP : Société française de radioprotection

SGDSN : Secrétaire général de la Défense et de la Sécurité nationale

SHFDS : Service du haut fonctionnaire de défense et de sécurité

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

SMR : *Small Modular Reactors* – petits réacteurs modulaires

SNA : Sous-marin nucléaire d'attaque

SNLE : Sous-marin nucléaire lanceur d'engins

SNRIU : *State Nuclear Regulatory Inspectorate of Ukraine* – autorité de sûreté nucléaire d'Ukraine

SSTC : *State Scientific and Technical Center for Nuclear and Radiation Safety* – organisme scientifique et technique de sûreté nucléaire et de radioprotection d'Ukraine

STUK : *Säteilyturvakeskus* – autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection de Finlande

Sv : Sievert – unité de mesure de l'impact de la radioactivité sur le corps humain

T

TSO : Organisme technique de sûreté nucléaire

U

USIE : *Unified System for Information Exchange in Incidents and Emergencies* – Système unifié d'échange d'informations en cas d'incident ou d'urgence de l'AIEA

V

VD4-900 : Quatrième visite décennale de sûreté nucléaire des réacteurs de 900 MWe

VVER : *Vodo-Vodianoï Energetitcheski Reaktor* – réacteur nucléaire à eau pressurisée de conception russe

W

WENRA : Association des autorités de sûreté nucléaire des pays d'Europe de l'Ouest

LE PRÉSENT RAPPORT ANNUEL 2022
DE L'IRSN A ÉTÉ APPROUVÉ PAR LE CONSEIL
D'ADMINISTRATION LE 16 MARS 2023

CRÉDITS PHOTOGRAPHIQUES

Art Presse / ABG Communication /
Magazine Repères, Biplan, Jean-Marc Bonzom,
Arnaud Bouissou / MEDDE, Sophie Brändström,
Justo Cabrera, Dean Calma / IAEA,
Philippe Castano, Stéphanie Clavelle, CNDP,
Fredrick Dahl / IAEA, Antoine Devouard,
Philippe Dureuil, Marie Frèrejacques,
Julie Glevarec, Joseph Gobin, Célia Goumard,
Jean-Marie Huron, IRSN, Fedor Kozyr,
Véronique Leroyer, Eloïse Lucotte,
Grégoire Maisonneuve, Axel Manzano /
Marine nationale / Défense, Hans Michel,
Médiathèque IRSN, Pascale Monti, Noak /
Le bar Floréal, Christophe Peus / Université
Paris-Saclay, Shutterstock, Sylvain Renard,
Christel Sasso, Sylvain Suard, Clara Theuret,
Laurent Zylberman / Graphix-Images

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

CONCEPTION & RÉALISATION

 AGENCEZEBRA.COM

Toute notre expertise pour vous protéger.

[Retrouvons-nous sur www.irsn.fr]

IRSN
INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

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

E-MAIL

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

Retrouvez
le rapport annuel
sur internet :

<http://www.irsn.fr/ra-2022>