

# RAPPORT D'ACTIVITÉ DE L'INSTITUT DE RADIOPROTECTION ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

---

2024



## Le rapport d'activité 2024 de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) présente les faits marquants des principales missions de l'IRSN sur l'année 2024.

**A**u 1<sup>er</sup> janvier 2025, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection (ASNR) créée par la loi relative à l'organisation de la gouvernance de la sûreté nucléaire et de la radioprotection du 21 mai 2024 a démarré. Elle est issue de la réunion de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) et de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN).

Autorité administrative indépendante, l'ASNR assure désormais, au nom de l'État, le contrôle des activités nucléaires civiles en France. Elle exerce également les missions de recherche, d'expertise, de formation et d'information des publics dans les domaines de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

### 1. Recherche ..... p.06

### 2. Sûreté nucléaire ..... p.14

### 3. Radioprotection ..... p.22

Santé des personnes ..... p.23

Santé de l'environnement ..... p.27

### 4. Crise ..... p.32

# Chiffres-clés

Part du budget consacrée à la  
**recherche : 39.10%**

**223**

publications répertoriées  
dans les journaux du JRC

**25**

thèses soutenues

**440**

communications  
dans des congrès

**399**

avis et rapports  
techniques à l'Autorité  
de sûreté nucléaire

## Santé de l'homme et de l'environnement

**563**

balises constituant le réseau  
de télésurveillance du territoire :

- **503** Téléray fixes dont 26 spectro,
- **33** balises spiders,
- **20** balises Téléray nomades
- **7** balises en rivière constituant  
le réseau Hydrotéléray

**139**

points de mesure du débit  
de dose ambiant

**560**

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

**5 960**

échantillons de l'environnement  
prélevés pour des mesures  
radiologiques

**743**

anthroporadiométries réalisées  
pour le suivi des travailleurs  
dont 687 avec les moyens mobiles

**5**

gréements du centre technique de crise  
+ surveillance de la situation en Ukraine

**6**

exercices nationaux de crise  
nucléaire hors activités  
intéressant la défense

**1**

exercice national de crise nucléaire  
concernant les installations  
intéressant la défense

**15**

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



# Faits marquants



## Février

Les travaux menés par l'Etablissement français du sang (EFS), l'IRSN et le CNRS au sein du projet « The Drug Cell » ont été publiés dans la revue Cell Stem Cell. Ils concernent la création de cellules souches hématopoïétiques fonctionnelles, capables de produire l'ensemble des cellules sanguines humaines, à partir de cellules pluripotentes induites humaines.



## Avril

Temps fort dans la vie des doctorants, les journées des thèses se sont déroulées début avril à Arles (Bouches-du-Rhône). Elles ont réuni près de 240 personnes, dont 89 doctorants et leurs encadrants et une vingtaine de partenaires universitaires et industriels.



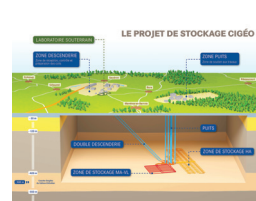
## Août

De nouveaux résultats de l'étude épidémiologique internationale sur les travailleurs de l'industrie nucléaire INWORKS ont été publiés en août 2024 dans le Lancet Haematology.



## Septembre

L'IRSN a inauguré, le 6 septembre 2024, sa plateforme expérimentale PALLAS, située au sein de son laboratoire de recherche souterrain de Tournemire (Aveyron).



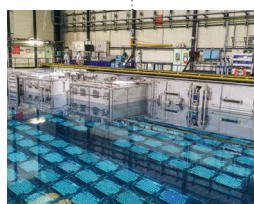
## Décembre

Demande d'autorisation de création de Cigéo : l'IRSN a présenté au groupe permanent d'experts pour les déchets les conclusions de ses expertises portant d'une part sur les données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo (GP1) et d'autre part sur la sûreté en phase d'exploitation de Cigéo (GP2). (respectivement en avril et décembre)



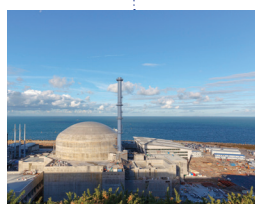
## Avril

Le projet d'étude de la perte de refroidissement (PERFROI) lancé en 2013 par l'IRSN est entré dans sa phase ultime avec une 4e campagne d'essais du programme COAL.



## Mai

L'IRSN a expertisé le dossier de demande de modification relative à la densification des piscines C, D et E d'entreposage des combustibles usés de l'établissement Orano de La Hague (Manche).



## Septembre

Le 2 septembre 2024, l'ASN a autorisé la première divergence du cœur du réacteur EPR de Flamanville (Manche) en appuyant sa décision sur, notamment, l'expertise par l'IRSN des essais de démarrage préalables à cette étape.



## Septembre

Du 18 janvier au 30 septembre 2024, le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) a organisé une concertation publique portant sur la phase générique du 4<sup>e</sup> réexamen périodique des 20 réacteurs de 1 300 MWe, répartis sur 8 sites en France.

# Recherche

L'activité de recherche de l'IRSN, tout en contribuant au progrès général des connaissances scientifiques et techniques dans le domaine des risques nucléaires et radiologiques, constitue le socle sur lequel l'Institut s'appuie pour développer et consolider ses capacités d'expertise, de surveillance et d'intervention en situation d'urgence et être en mesure d'appréhender les problématiques futures en matière d'évaluation des risques.

Quelques réalisations marquantes ont jalonné l'année 2024 : la publication d'un deuxième appel à projets dans le cadre du partenariat européen de recherche PIANOFORTE coordonné par l'IRSN qui vise à construire une Europe de la radioprotection, le lancement dans le cadre d'Euratom du projet FIND coordonné par l'IRSN concernant le développement de nouveaux moyens de contrôles non destructifs destinés au suivi des réacteurs en service et d'instrumentations utiles en conditions accidentelles ou les nouveaux résultats de l'étude épidémiologique INWORKS qui confirment l'existence d'une relation entre risque de leucémie et exposition cumulée à de faibles doses de rayonnements ionisants.

Au-delà de ces réalisations, l'IRSN a continué en 2024 à professionnaliser son activité de recherche : l'Institut consacre à son programme doctoral un effort important en volume qui témoigne de sa volonté de préparer le futur de la sûreté nucléaire et de la radioprotection. L'intégrité scientifique qui fait l'objet d'actions nombreuses à destination du personnel scientifique de l'Institut, les données de recherche chaque jour davantage mises à la disposition de la communauté scientifique ou l'utilisation en croissance de l'intelligence artificielle pour une recherche augmentée témoignent de l'ambition de l'IRSN de figurer au premier rang des organismes de recherche en France et à l'étranger dans son domaine.

Cette dynamique est de bon augure pour doter la future autorité d'une recherche de haut niveau et toujours en partenariat, dont les résultats ne pourront que contribuer à conforter la crédibilité et le rayonnement de l'ASNR en France et sur la scène internationale.

## Participer à l'effort national de formation à et par la recherche dans le domaine du nucléaire

Comme tout organisme de recherche, l'IRSN accorde à la formation à et par la recherche une importance fondamentale. Son programme doctoral est un vecteur essentiel de transfert des savoirs et des compétences vers les jeunes ainsi qu'un cadre privilégié pour investir de nouveaux domaines et déployer sa politique partenariale.

La centaine de doctorants de l'IRSN représente près du tiers des moyens humains que l'Institut consacre à la production scientifique. En 2024, 27 nouvelles thèses ont été lancées, dont 22 portées par des doctorants salariés de l'IRSN. Ces travaux viennent irriguer l'ensemble des domaines de la recherche. Par ailleurs, 25 thèses ont été soutenues : 13 en sûreté (dont une concernant les installations relevant de la Défense), 8 en santé et 4 en environnement.

## 21<sup>es</sup> journées des thèses de l'IRSN

Temps fort dans la vie des doctorants, ces journées se sont déroulées début avril à Arles (Bouches-du-Rhône). Elles ont réuni près de 240 personnes, dont 89 doctorants et leurs encadrants et une vingtaine de partenaires universitaires et industriels.

Ces journées, conçues comme un séminaire scientifique, ont été l'occasion pour les doctorants de présenter l'état d'avancement de leurs travaux. Ils ont également été sensibilisés aux thématiques de l'identité numérique, de l'open access ou encore de la recherche responsable.

## Lancement d'une politique d'intégrité scientifique

Inscrite en 2020 dans le code de la recherche, l'intégrité scientifique couvre l'ensemble des règles et valeurs qui doivent régir les activités de recherche pour en garantir le caractère honnête et scientifiquement rigoureux. Les principes de l'intégrité scientifique portent sur la démarche de recherche (de la production de connaissances jusqu'à leur diffusion et communication), venant ainsi compléter les questions d'éthique et de

déontologie : trois piliers d'une recherche « responsable », nécessaires au lien de confiance entre science et société. L'IRSN s'est engagé en 2024 dans une politique d'intégrité scientifique, afin de promouvoir ses valeurs et favoriser des pratiques de recherche suivant ses principes. La mise en place de cette politique s'appuie sur la nomination d'une Référente intégrité scientifique. Elle comprendra des actions de sensibilisation, des réflexions collectives sur l'organisation et les pratiques de recherche, ainsi que la mise en place d'une procédure adaptée en cas de signalements de manquements à l'intégrité scientifique.

## Collaboration

L'IRSN et le CNRS ont lancé en 2024 un nouvel appel à projets conjoint « De la prévention des risques aux impacts environnementaux : les défis du nucléaire ». Cette action est inscrite dans l'accord-cadre signé entre les deux organismes, concrétisé dans une feuille de route destinée à promouvoir la recherche dans les domaines d'intérêt communs. Le comité d'évaluation constitué de personnalités de l'IRSN et du CNRS a retenu 9 projets parmi les 25 soumis par des équipes mixtes CNRS – IRSN dans le respect des moyens alloués tout en relevant la qualité de l'ensemble des projets proposés.

## Avis

Le 12 novembre, la 30<sup>e</sup> séance du Comité d'orientation des recherches (COR) de l'IRSN a permis au groupe de travail Variation de la sensibilité individuelle aux rayonnements ionisants, présidé par Christophe Badie (Agence britannique de sécurité sanitaire) de présenter un bilan de ses travaux qui éclairent le sujet dans ses dimensions scientifiques, éthiques et réglementaires. Sur cette base, le COR a adopté un avis encourageant l'IRSN à poursuivre ses recherches liées au risque sanitaire en tenant compte des variations de la sensibilité, à développer des études d'épidémiologie moléculaire afin d'intégrer le concept d'exposome aux évaluations du risque sanitaire et à solliciter l'avis de comités spécialisés sur les questions éthiques liées à l'utilisation de tests évaluant la sensibilité individuelle.

# Recherche en sûreté

## Mieux connaître le refroidissement des crayons combustibles lors d'un APRP

Le projet d'étude de la perte de refroidissement (PERFROI) lancé en 2013 par l'IRSN est entré dans sa phase ultime avec une 4e campagne d'essais du programme COAL. Les trois campagnes précédentes ont été conduites entre octobre 2020 et avril 2022 au Canada, en collaboration avec STERN Laboratories. Elles visaient à étudier différentes configurations de déformation de crayons combustibles en situation d'accident de perte de réfrigérant primaire (APRP), pour appréhender leurs effets sur le refroidissement d'un cœur de réacteur, afin d'en comparer les résultats avec ceux obtenus à l'aide des modèles numériques du logiciel DRACCAR, développé par l'Institut. Avec plus de 80 essais, ces campagnes ont permis de constituer une importante base de données et ont montré la nécessité d'améliorer les codes de calcul pour ces configurations. Cette dernière campagne complètera les configurations susceptibles d'être rencontrées en APRP, avec la présence de ballons non coplanaires et des renoyages gravitaires.

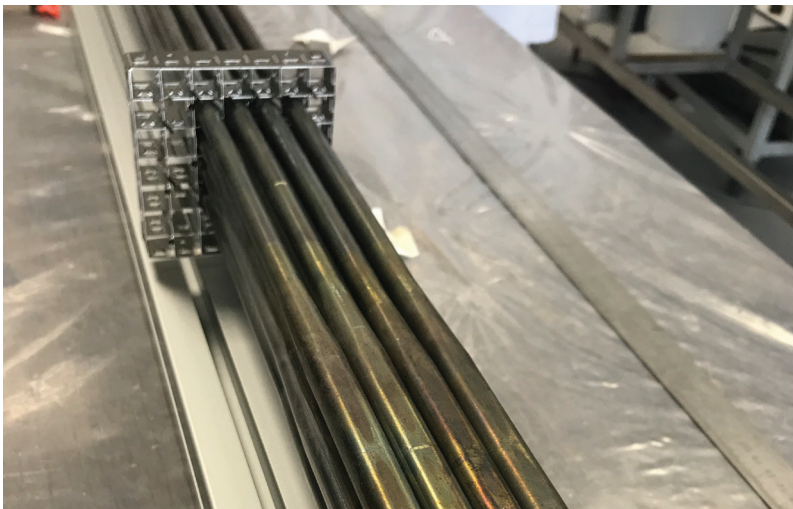
Ces essais ont été utilisés par l'IRSN pour lancer l'International Standard Problem (ISP-53). L'objectif est de confronter les résultats de simulations numériques aux résultats expérimentaux du renoyage d'une grappe de 7x7 crayons dont 16 sont « ballonnés ». La réunion de lancement de l'ISP-53 s'est tenue le 6 février à l'OCDE, qui offre le cadre de cet exercice. Elle a regroupé une quarantaine de participants de 10 pays (Europe, Suisse, USA, Corée, Chine, Inde, Canada...).

## De nouvelles recherches dans le domaine de la sûreté nucléaire

Très actif à l'international, l'IRSN s'implique dans de nombreux programmes visant à progresser dans la compréhension des phénomènes pouvant affecter la sûreté des installations nucléaires. Ainsi, le projet POLCA a été lancé le 9 avril 2024, sous égide de l'AEN/OCDE pour une durée de quatre ans. Une trentaine d'experts - autorité de sûreté, recherche académique et exploitants - provenant de neuf pays vont collaborer sur un programme commun, expérimental et analytique, sur la thermo-hydraulique des piscines d'entreposage des combustibles usés. L'IRSN, fort des installations uniques de la plateforme THEMA (Cadarache, Bouches-du-Rhône), réalisera des essais expérimentaux destinés à la compréhension des phénomènes physiques mis en jeux lors d'un accident de perte de refroidissement dans une piscine. L'ensemble des données du projet profitera à l'enrichissement d'une base de données de référence pour le développement et la validation d'outils de simulation.

Il en est de même pour le programme FAIR, lui aussi mené sous l'égide de l'AEN/OCDE, pour une durée de cinq ans. Piloté par l'IRSN, ce programme de recherche sur le risque incendie regroupe une dizaine de pays membres et une vingtaine d'organismes. FAIR prend la suite du programme PRISME en se focalisant sur les limitations actuelles de certains outils de simulation de la propagation des feux et des fumées dans différentes configurations d'installations nucléaires, et sur le besoin d'accroître significativement l'étendue de leurs domaines de validation.

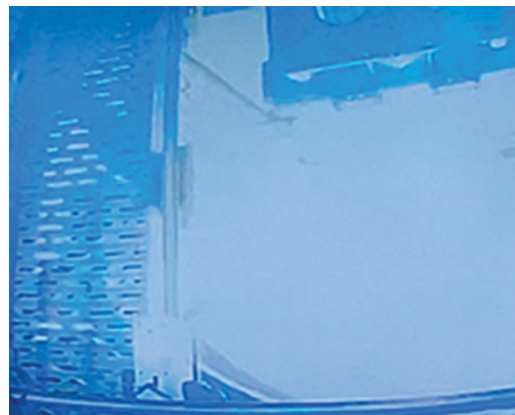
Enfin, le projet FIND figure parmi les projets proposés par l'IRSN et retenus au titre du programme-cadre de recherche Horizon Europe pour la période 2024-2025. Coordonné par l'Institut, le projet FIND vise à accélérer le développement de nouvelles instrumentations destinées à la surveillance en continu des réacteurs en fonctionnement normal et en conditions accidentelles dans le contexte d'allongement de leur durée de fonctionnement.





## 4<sup>e</sup> essai CABRI

L'essai CIP4-1P a été réalisé le 15 avril 2024 dans l'installation expérimentale Cabri (Cadarache, Bouches-du-Rhône). Ce quatrième essai, mené dans la boucle à eau sous pression, vise à étudier le comportement thermomécanique d'un crayon de combustible MOX (oxyde mixte Uranium-Plutonium) dans les conditions d'un transitoire accidentel, simulant une insertion de réactivité dans le cœur d'un réacteur. L'essai s'est déroulé conformément aux spécifications et les premiers résultats obtenus indiquent que ses principaux objectifs sont atteints.



## Séisme et installations nucléaires

L'IRSN coorganise avec EDF sous l'égide de l'AEN/OCDE le benchmark international SMATCH, dédié à l'évaluation des capacités prédictives des méthodes de quantification des mouvements sismiques du sol et de leurs conséquences sur les ouvrages. SMATCH valorise les données collectées pendant le séisme du Teil (2019). Une première restitution a été menée lors de la conférence SMiRT 27 (Japon, 2024) dont l'Institut est membre du comité scientifique international. Le workshop de restitution finale est prévu en 2025.

## Aérosols et trachéotomie

L'IRSN participe au projet AEROTRACH, mené en partenariat avec l'Hôpital d'Instruction des Armées de Laveran (Marseille) et le Certes (Université Paris-Est Créteil). Financé par l'Agence nationale de la recherche, ce projet de recherche porte sur le risque induit par le transfert d'aérosols pour des opérateurs réalisant une trachéotomie en salle de réanimation ou d'intervention chirurgicale. Il comporte notamment une comparaison entre deux techniques de trachéotomie actuellement mises en œuvre.

## Viellissement des structures



L'IRSN a organisé fin janvier le séminaire de clôture du programme CONCRETE de recherche sur le vieillissement des structures en béton et béton armé. Cette rencontre a permis aux participants des six organismes du consortium de dresser un bilan de quatre années de recherches relatives à la détection, la caractérisation et la mesure des conséquences des réactions de gonflement interne dans des structures en béton. Les participants ont par ailleurs pu engager des échanges sur les perspectives de recherche pour les prochaines années.

## Données neutroniques en libre accès

Pour la première fois, l'IRSN, en partenariat avec le CEA, Orano et Framatome, met à la disposition de la communauté scientifique le rapport de validation du logiciel de simulation CRISTAL. Utilisé depuis plus de 20 ans par les industriels français, ce logiciel permet de réaliser des calculs de neutronique afin de prévenir les accidents de criticité dans les installations nucléaires du cycle du combustible et dans les transports de matières nucléaires. En parallèle, l'application LICORNE, développée par l'Institut avec le soutien d'Orano recyclage, permet d'accéder sur Internet à la base des normes de criticité de l'Institut, constituée de plus de 2 millions de points de calculs.

# Recherche en Radioprotection

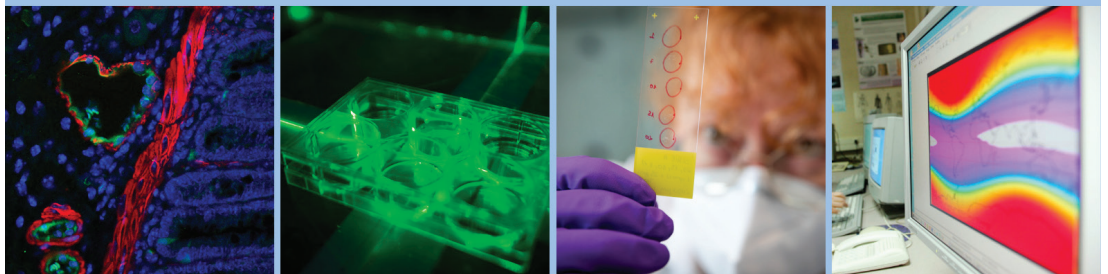
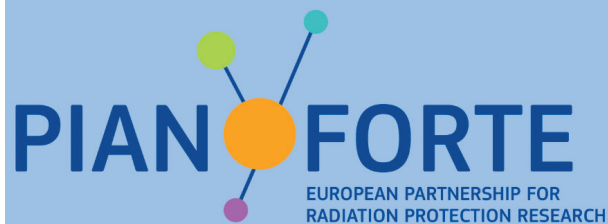
## Deuxième appel à projets PIANOFORTE

La sélection des propositions de recherche du 2<sup>e</sup> appel à projets PIANOFORTE a été annoncée fin 2024. 22 propositions ont été soumises en réponse aux quatre thèmes identifiés via une large enquête d'expression d'intérêts - effets des faibles doses, optimisation bénéfices-risques des radiothérapies, gestion de crise et impact environnemental pour les nouvelles technologies nucléaires, dosimétrie interne en cas d'urgence.

Huit projets ont été retenus. Trois impliquent des équipes de l'IRSN : l'un ambitionne de comprendre si l'irradiation à faible dose peut induire des changements dans le microenvironnement tissulaire contribuant à la carcinogénèse du colon ; les deux autres visent à élaborer des approches

et recommandations pour l'évaluation d'impact environnemental et la gestion d'urgence adaptées aux petits réacteurs modulaires.

À mi-parcours, ce partenariat européen, coordonné par l'IRSN, affiche un bilan positif : 17 projets soutenus, 25 M€ mobilisés, et un réseau de partenaires presque doublé.

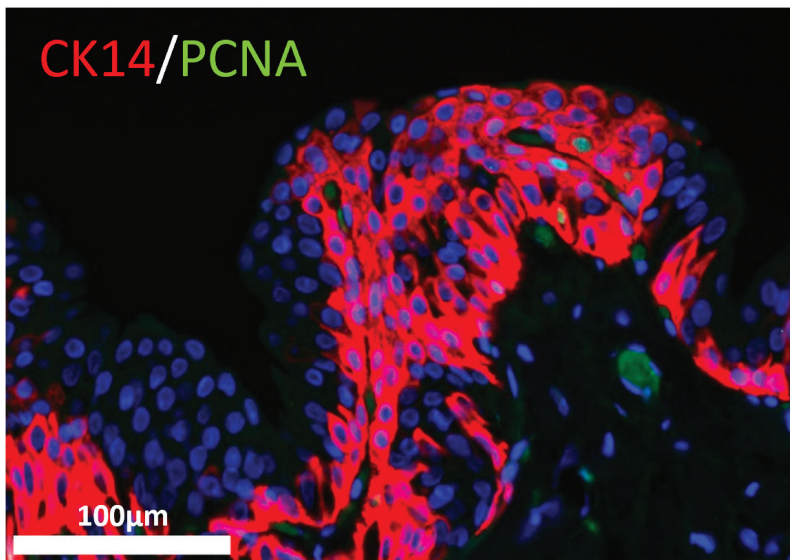


# Recherche en santé

## La thérapie cellulaire : des traitements innovants et prometteurs

Les travaux menés par l'Etablissement français du sang (EFS), l'IRSN et le CNRS au sein du projet « The Drug Cell » ont été publiés dans la revue *Cell Stem Cell*. Ils concernent la création de cellules souches hématopoïétiques fonctionnelles, capables de produire l'ensemble des cellules sanguines humaines, à partir de cellules pluripotentes induites humaines. Cette publication marque la reconnaissance d'une décennie de recherche dans le domaine de la thérapie cellulaire pour le traitement des syndromes radio-induits et plus globalement de diverses maladies du sang.

Ces recherches se poursuivent à l'échelle européenne. En effet, « The Drug Cell » est officiellement soutenu par la Commission européenne, dans le cadre du premier projet important d'intérêt européen commun (PIIEC) visant à soutenir la recherche, l'innovation et le déploiement industriel de produits de santé. Nommé PIIEC Santé Med4Cure, il contribuera à renforcer la position de la France dans le domaine de la bioproduction et renforce l'expertise de l'IRSN en radioprotection au niveau européen.



## INWORKS : de nouveaux résultats



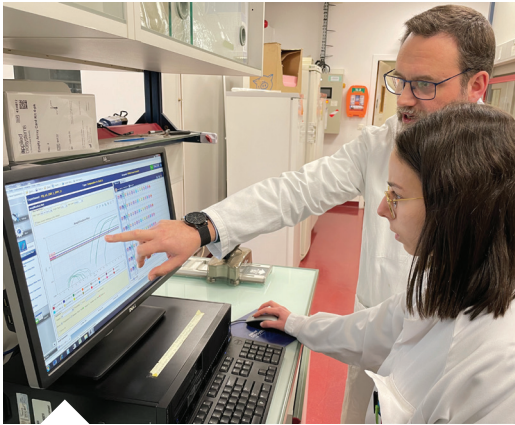
De nouveaux résultats de l'étude épidémiologique internationale sur les travailleurs de l'industrie nucléaire INWORKS ont été publiés en août 2024 dans le *Lancet Haematology*. Ils confirment l'existence d'une relation entre le risque de leucémie et l'exposition cumulée à de faibles doses de rayonnements ionisants.

Depuis sa création, l'IRSN contribue activement à cette étude qui vise à quantifier les risques sanitaires potentiellement associés à une exposition répétée à de faibles doses de rayonnements ionisants.

Dans cet objectif, INWORKS regroupe des cohortes de travailleurs français, américains et britanniques employés dans l'industrie nucléaire et surveillés pour une exposition externe aux rayonnements ionisants, soit plus de 300 000 travailleurs.

Les nouveaux résultats montrent que le risque de décès par leucémie (hors leucémie lymphoïde chronique) et par myélome multiple augmente proportionnellement à la dose cumulée par les travailleurs au cours de leur carrière professionnelle. Ces résultats complètent ceux parus en 2023, montrant une augmentation du risque de cancers solides avec la dose cumulée chez les travailleurs de l'étude.





### L'intelligence artificielle pour une recherche augmentée en radiobiologie

L'IRSN développe depuis plusieurs années des recherches où l'intelligence artificielle peut contribuer aux travaux sur l'étude des effets des rayonnements ionisants. Par exemple, le projet INCREASED financé par l'ANR et coordonné par l'IRSN concerne le développement d'un système de reconnaissance automatique d'aberrations chromosomiques, grâce à l'adaptation des algorithmes les plus puissants de l'intelligence artificielle.

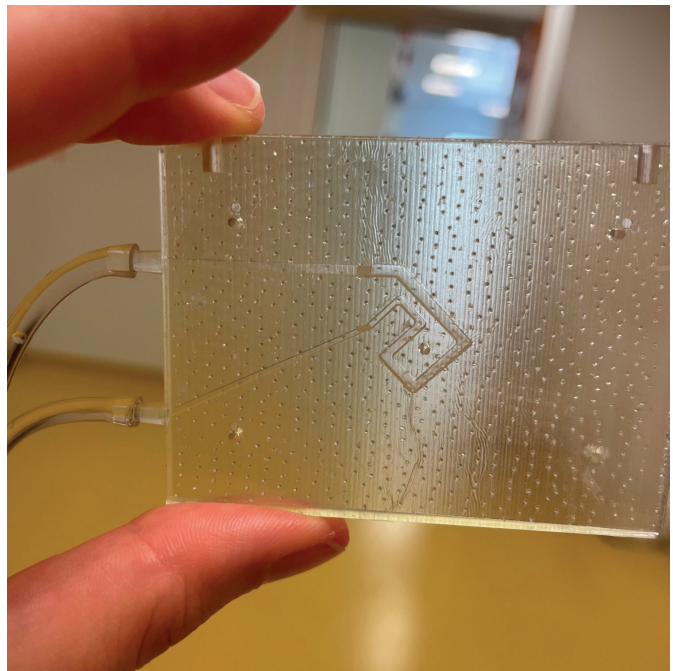
Le projet MORDOR, quant à lui, a pour objectif de développer une méthodologie statistique utilisant des mesures d'expression de gènes à haut débit à partir d'interactions renforcées entre bioinformaticiens, biostatisticiens et biologistes.

Enfin, le projet ANR CAESAR vise à identifier, de nouveaux indicateurs biologiques à visée diagnostique et prédictive du risque de survenue et de la sévérité d'une brûlure radiologique, à l'aide d'un modèle préclinique murin de lésion radio-induite localisée.

### AMANDE/MIRCOM au service d'études sur l'aquaculture spatiale

L'installation AMANDE/MIRCOM est utilisée pour mener des expérimentations dans le cadre du programme Lunar Hatch, mené en collaboration avec l'Ifremer et visant à développer des systèmes circulaires et vertueux d'aquaculture spatiale pour alimenter de futures communautés humaines sur la lune.

Les expérimentations consistent à irradier des œufs de bar avec des protons et des neutrons délivrant la dose qu'ils absorberaient lors de leur transport vers la lune et à évaluer les effets induits sur le développement embryo-larvaire et l'ADN.





# Recherche en environnement

## PALLAS : une plateforme expérimentale pour la surveillance des colis de déchets



L'IRSN a inauguré, le 6 septembre 2024, sa plateforme expérimentale PALLAS, située au sein de son laboratoire de recherche souterrain de Tournemire (Aveyron). Cette plateforme, pluridisciplinaire et novatrice, concrétise le projet PALLAS, financé par BPI France et piloté par l'Institut depuis fin 2022, qui réunit six partenaires français. La plateforme contribuera aux recherches menées afin d'évaluer des technologies de pointe dédiées à la surveillance de colis de déchets radioactifs destinés à être pris en charge dans une installation souterraine.

PALLAS se compose d'une galerie de 120 mètres de long à partir de laquelle seront creusés des microtunnels permettant de surveiller le comportement de colis factices en conditions in situ, et d'un nouveau bâtiment dénommé « espace maquette », qui offre la possibilité de réaliser des expérimentations complémentaires sur ces colis factices. PALLAS permettra notamment d'évaluer le caractère opérationnel d'une méthode de détection à distance de la déformation des colis, sachant que l'accès limité à ces derniers ainsi que la minimisation du nombre d'équipements (câbles, capteurs...) traversant les barrières de protection ou de confinement constituent les principaux défis liés à la surveillance de toute installation de gestion à long terme de déchets radioactifs.

Le projet contribuera à enrichir l'expertise de l'IRSN sur la sûreté des installations de gestion des déchets radioactifs sur des durées séculaires.

## Clôture du programme européen EURAD

La réunion de clôture du programme européen EURAD (2019-2024), dédié à la gestion des déchets radioactifs, s'est tenue à Bucarest (Roumanie) en avril 2024. L'IRSN s'est particulièrement impliqué dans ce programme, au travers, d'une part, des travaux de recherches, d'études stratégiques communes et, d'autre part, en contribuant à sa gouvernance. La réunion a notamment été l'occasion de souligner des lacunes en matière de gestion des connaissances et plus particulièrement de gestion des données. Aussi, outre de nouvelles recherches et études, la question du management des connaissances mobilisera l'Institut dans le cadre du programme EURAD-2, lancé en octobre 2024 pour cinq ans.

## Risques NaTech

En 2024, l'IRSN a organisé le séminaire de lancement du projet Risques NaTech, dont il est co-pilote avec l'Ineris. Le projet Risques NaTech fait partie du PEPR Risques (IRiMa), un programme dont l'objectif est de formaliser une « science du risque » en France, afin de contribuer à l'élaboration d'une stratégie de gestion intégrée des risques et de leurs impacts dans un contexte de changements globaux. Mené dans le cadre du plan France 2030 et doté d'un budget de 51,9 millions d'euros sur 8 ans, le PEPR Risques fédère plus de 30 laboratoires et organismes de recherche. L'IRSN fait partie des 13 principaux partenaires, contribuant aux orientations scientifiques du programme.



# Sûreté nucléaire

Dans un contexte de relance de l'énergie nucléaire en France, les experts en sûreté de l'IRSN ont mené de front, tout au long de 2024, plusieurs chantiers majeurs visant, d'abord, à reexaminer la sûreté des réacteurs du parc électronucléaire en fonctionnement, avec l'analyse des dossiers de sûreté de la phase générique du 4<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe (RP4-1 300) et la préparation du 5<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe (RP5-900). Il s'agissait, ensuite, de suivre la mise en service de nouvelles capacités de production, avec le démarrage de l'EPR de Flamanville, et enfin, de cerner les enjeux de sûreté liés aux réacteurs de générations III et IV, qu'il s'agisse de l'examen du dossier de demande d'autorisation de création des réacteurs de type EPR2 ou des travaux d'expertise, d'études et de recherche relatifs aux réacteurs modulaires de faible puissance (AMR/SMR).

Dans le domaine du cycle du combustible, les experts de l'Institut ont examiné différents dossiers à fort enjeu, comme le 2<sup>e</sup> réexamen périodique de l'usine Melox de fabrication des combustibles à oxydes mixtes d'uranium et de plutonium (MOX) ou la densification des piscines de refroidissement des combustibles usés situées à La Hague.

Cette intense activité s'est traduite notamment par la remise aux autorités de 399 avis techniques dans les délais convenus avec celles-ci, témoignant de l'efficacité et de la fluidité du processus d'expertise scientifique et technique mobilisé au service de la prise de décisions. Autant d'avis dont la pertinence et la fiabilité se fondent sur le retour d'expérience des travaux menés par l'Institut depuis deux décennies ainsi que sur un effort constant de recherche et de développement. Ce dernier concerne des domaines aussi divers que l'étude des phénomènes physiques mis en jeu dans les systèmes passifs de sûreté dédiés à l'évacuation de la puissance résiduelle d'un réacteur en situations incidentelles ou accidentelles (programme PASTIS) ou la faisabilité de la découpe par laser pour le démantèlement des cuves et des internes de cuves des réacteurs (programme LD SAFE).

## L'IRSN expertise la sûreté de l'EPR de Flamanville à son démarrage

**Le 2 septembre 2024, l'ASN a autorisé la première divergence du cœur du réacteur EPR de Flamanville (Manche) en appuyant sa décision sur, notamment, l'expertise par l'IRSN des essais de démarrage préalables à cette étape. Un processus qui a fortement mobilisé les experts de l'Institut.**

Après avoir achevé en 2023 l'expertise du dossier de demande de mise en service de l'EPR de Flamanville, avec 13 avis remis à l'ASN, les experts de l'IRSN ont suivi tout au long de 2024 les essais de mise en service du réacteur. Ils ont ainsi expertisé les essais de démarrage réalisés par EDF préalablement au chargement du combustible dans la cuve, puis après la divergence, afin de tester étape par étape différentes configurations dans lesquelles pourraient se trouver le réacteur, y compris lors de certaines situations incidentelles ou accidentelles. Qu'il s'agisse d'essais unitaires des circuits, d'essais fonctionnels, d'essais d'ensemble, de l'épreuve enceinte ou des essais de montée en puissance, l'IRSN a porté ces dernières années

une attention particulière à leur caractère exhaustif et à leur représentativité par rapport aux situations de fonctionnement du réacteur.

C'est dans cet esprit qu'ils ont examiné en 2024 les résultats des essais dits « précritiques à froid et à chaud » qui visaient à vérifier notamment le comportement mécanique de l'instrumentation destinée à enregistrer la distribution du flux neutronique dans le cœur (système Aéroball), le fonctionnement des mécanismes de commande des grappes, le temps de chute de grappes à froid et à chaud, le débit primaire à froid et à chaud ou encore l'efficacité du refroidissement automatique par le système de décharge à l'atmosphère.

L'accompagnement du démarrage de l'EPR de Flamanville a mobilisé de nombreux experts de l'IRSN, jusqu'à la veille de la décision de l'ASN. Ceux-ci assurent maintenant le suivi de la montée en puissance et, plus largement, de l'exploitation du nouveau réacteur.





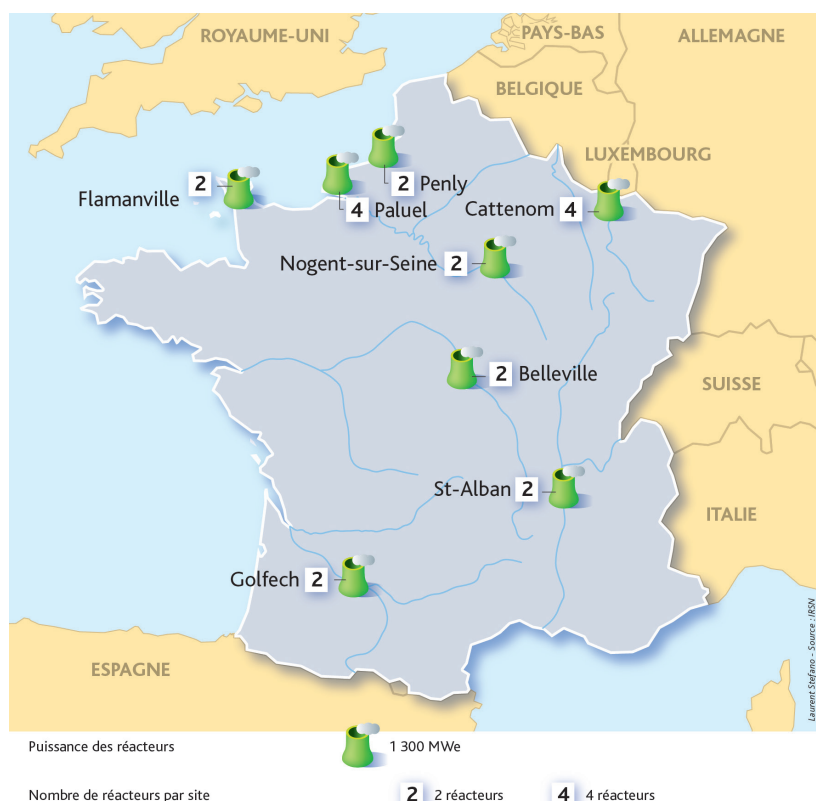
## 4<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs de 1 300 MWe : l'IRSN mobilise de nombreuses équipes d'experts

**En 2024, l'IRSN a poursuivi l'expertise de la phase générique du 4<sup>e</sup> réexamen périodique (RP4 1300) des 20 réacteurs nucléaires de 1300 MWe. Comme pour les réacteurs de 900 MWe, ce réexamen s'inscrit dans l'optique d'une prolongation de leur fonctionnement au-delà de 40 ans.**

Les objectifs de sûreté fixés par l'ASN pour le 4<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs de 1300 MWe sont dans la continuité de ceux fixés pour les réacteurs de 900 MWe. Une étape importante du travail de l'IRSN concernant ce réexamen a été franchie à l'été 2024 avec la fin de l'expertise de nombreux dossiers d'EDF, relatifs aux risques liés aux agressions tant externes d'origine naturelle (comme les inondations externes

ou les canicules) ou anthropique (comme les risques liés à l'environnement industriel, aux voies de communication ou au transport aérien) qu'internes (comme un incendie, une explosion, une inondation interne, une collision ou encore une chute de charge). Les conclusions de l'IRSN ont été présentées au Groupe permanent d'experts pour les réacteurs (GPR) au terme de l'examen de plus de 100 000 pages de documents (Voir encadré « Agressions externes et internes : les conclusions de l'IRSN » en page 21). EDF doit en outre encore produire un certain nombre d'études nécessaires à la complétude de la démonstration de sûreté pour les agressions.

Engagée en 2020, cette phase d'expertise par l'IRSN des études génériques d'EDF s'est poursuivie jusqu'à fin 2024 (présentation au GPR des conclusions des expertises relatives aux accidents avec fusion du cœur, aux études d'accidents du domaine de dimensionnement et complémentaire ainsi qu'à la tenue de la cuve), échéance à laquelle l'IRSN établira un avis de synthèse en 2025 quant à l'atteinte par EDF des objectifs de sûreté de l'ASN précités. Les 4<sup>e</sup> visites décennales des différents réacteurs de 1 300 MWe s'étaleront ensuite de 2026 à 2034.



## Premier bilan de la concertation publique

Du 18 janvier au 30 septembre 2024, le Haut Comité pour la transparence et l'information sur la sécurité nucléaire (HCTISN) a organisé une concertation publique portant sur la phase générique du 4<sup>e</sup> réexamen périodique des 20 réacteurs de 1 300 MWe, répartis sur 8 sites en France\*. Pendant neuf mois, le public a ainsi été invité à s'exprimer sur les dispositions proposées par EDF dans ce cadre de. L'objectif ? Associer le public aux enjeux et objectifs de sûreté liés à la poursuite du fonctionnement de ces réacteurs au-delà de 40 ans, bien en amont des enquêtes publiques qui seront réalisées dans quelques années, réacteur par réacteur. Impliqué dans l'organisation de cette concertation, l'IRSN est intervenu lors de réunions, ateliers ou webinaires pour apporter aux participants des informations claires et objectives tirées de ses propres expertises, mais aussi étendre sa réflexion aux questions soulevées par les parties prenantes et le public. Au total, 763 personnes ont participé aux 8 réunions publiques, 343 personnes ont assisté aux 5 webinaires et 60 personnes étaient présentes lors des 3 ateliers.

Par ailleurs, 290 contributions ont été déposées sur la plateforme web dédiée. Trois sujets ont principalement retenu l'attention du public : l'adaptation au changement climatique, la santé des habitants autour des centrales, et la demande d'une poursuite d'information et de dialogue.

\* Belleville-sur-Loire (18), Cattenom (57), Flamanville (50), Golfech (82), Nogent-sur-Seine (10), Paluel (76), Penly (76) et Saint-Alban (38).



## 2<sup>e</sup> réexamen périodique de l'usine Melox : des dispositions de sûreté en exploitation globalement satisfaisantes

L'IRSN a expertisé le dossier de 2<sup>e</sup> réexamen périodique de l'usine Melox qui fabrique des combustibles MOX (oxydes mixtes d'uranium et de plutonium), exploitée par Orano Recyclage à Marcoule (Gard). Ses experts ont examiné notamment les études probabilistes de sûreté (EPS) nouvellement développées par l'exploitant pour un scénario d'incendie dans l'usine.

Face aux difficultés d'exploitation de l'usine Melox qui ont généré une quantité significative de rebuts de fabrication et une augmentation des doses pour les personnels travaillant dans certains ateliers (liées notamment à l'utilisation d'une nouvelle poudre d'oxyde d'uranium, à des retards dans la maintenance des installations et au vieillissement de certains équipements), Orano a mis en place différents projets visant à rétablir le niveau de production de l'usine, à diminuer les débits de dose aux postes de travail, à rattraper le retard de maintenance ou encore à évacuer les rebuts accumulés. L'exploitant s'est par ailleurs engagé à mettre en œuvre des dispositions complémentaires de maîtrise des risques d'incendie, certaines améliorations ayant été mises en lumière grâce aux EPS.

S'il estime globalement satisfaisantes les dispositions de sûreté retenues dans le cadre du dossier de 2<sup>e</sup> réexamen périodique de l'usine Melox – sous réserve de la mise en œuvre des plans d'actions définis par Orano –, l'Institut souligne la nécessité de porter une attention particulière aux actions visant à limiter l'exposition des travailleurs et de maîtrise des risques d'incendie dans l'usine.

## 5<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe : s'appuyer sur les acquis du 4<sup>e</sup> réexamen

L'IRSN, à la demande de l'ASN, a analysé les orientations définies par EDF pour la phase générique du 5<sup>e</sup> réexamen périodique de sûreté (RP5-900) de ses 32 réacteurs de 900 MWe. Un des objectifs du RP5-900, est de consolider les améliorations de sûreté associées au précédent réexamen (RP4-900).

Les sujets majeurs du 5<sup>e</sup> réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe retenus concernent les agressions en lien avec le changement climatique, les enseignements du séisme du Teil (survenu en 2019) et les éventuelles évolutions de l'environnement des sites nucléaires. Ils se différencient notablement de ceux du RP4-900 (gestions de situations accidentelles...), compte tenu des améliorations de sûreté apportées dans ce cadre.

En outre, sous réserve de compléments pour la thématique « inondation interne et défaillance de tuyauteries », l'IRSN considère satisfaisants à ce stade les éléments présentés par EDF en matière de maintien de la conformité des installations à leurs exigences applicables ainsi que de réévaluation de sûreté.

Ce processus d'examen des orientations de sûreté d'EDF s'est accompagné d'actions d'échange avec la société civile par le biais de webinaires, qui ont permis aux membres de différentes CLI et du public d'appréhender les propositions de l'exploitant et les conclusions de l'IRSN.



## L'IRSN conduit une mission d'expertise de sûreté en Bulgarie

**Au terme d'un appel d'offres international lancé par l'autorité de sûreté nucléaire bulgare BNRA, l'IRSN a été retenu pour expertiser la démonstration de sûreté relative au rechargement de combustibles de fabrication occidentale, en lieu et place du combustible russe, dans des réacteurs à eau pressurisée de conception russe de type VVER-1000.**

BNRA a confié à l'IRSN l'expertise, dans des délais très contraints, d'une sélection de documents du dossier de sûreté établi par la compagnie d'électricité nationale bulgare NEK EAD, qui envisage de remplacer par étapes le combustible d'origine russe alimentant actuellement le réacteur n° 5 de la centrale nucléaire de Kozloduy par du combustible de fabrication américaine (Westinghouse).

L'évaluation menée par l'IRSN au regard du référentiel français et des bonnes pratiques internationales a permis à BNRA, d'une part, de délivrer l'autorisation selon le calendrier souhaité et, d'autre part, d'identifier des évolutions possibles de son référentiel de sûreté.

L'intervention de l'Institut a ainsi contribué à renforcer la mise en œuvre des meilleures pratiques internationales dans les décisions prises en Bulgarie en matière d'évaluation de sûreté. Elle a également permis à l'Institut d'étendre son expertise relative au réacteur VVER-1000 et à son combustible.

## Démantèlement des réacteurs nucléaires : l'IRSN contributeur du projet H2020 LD SAFE

**Enjeu majeur pour l'industrie nucléaire, le démantèlement des réacteurs a besoin de techniques sûres et efficaces afin de garantir la sûreté des opérations et d'en minimiser l'impact environnemental. C'est l'objet du projet LD SAFE, financé par la Commission européenne au titre du programme cadre de recherche H2020 et dont l'IRSN est partenaire. Un ambitieux projet sur quatre ans, clôturé au mois de mai 2024.**

Le projet de recherche LD SAFE, qui réunit six partenaires (CEA, Equans, IRSN, Onet Technologies, Vysus Group et Westinghouse), a démontré la faisabilité et la maturité de la découpe laser pour le démantèlement des cuves et des internes de cuves des réacteurs nucléaires. L'institut y a activement contribué, d'une part, en caractérisant les aérosols émis lors de la découpe par laser de différents types d'aciers en conditions représentatives d'opérations de démantèlement et, d'autre part, en expertisant l'analyse de la sûreté, par rapport aux enjeux radiologiques, de l'utilisation d'un équipement de découpe laser. Cette expertise s'est conclue par des recommandations qui ont été suivies par les partenaires du projet.

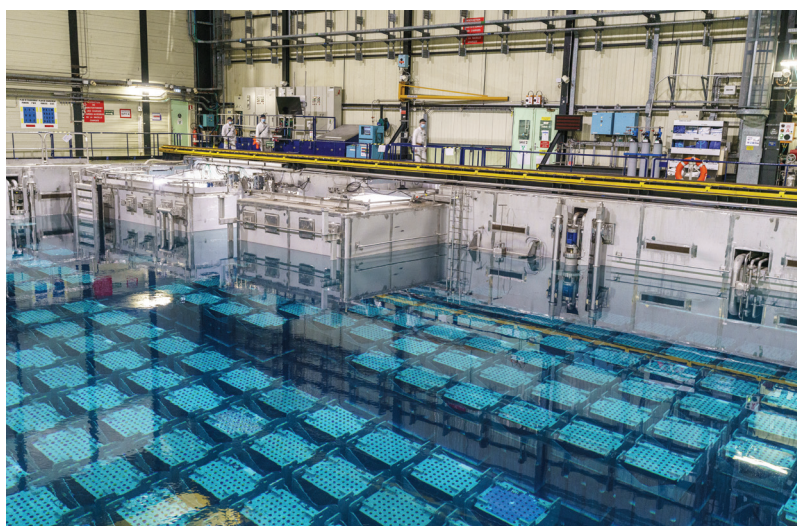
En démontrant comment des avancées technologiques peuvent être appliquées à des défis aussi complexes que le démantèlement d'équipements nucléaires, ce projet constitue un exemple d'intégration réussie entre expertise technique et recherche scientifique.



## Densification des piscines de refroidissement de La Hague : les conclusions de l'IRSN

**L'IRSN a expertisé le dossier de demande de modification relative à la densification des piscines C, D et E d'entreposage des combustibles usés de l'établissement Orano de La Hague (Manche). Cette modification vise à faire face à une éventuelle saturation des capacités de ces trois piscines à l'horizon 2030.**

Les assemblages combustibles usés (à base d'oxyde d'uranium enrichi, d'oxyde d'uranium de retraitement enrichi ou d'oxydes mixtes d'uranium et de plutonium) destinés à être entreposés dans les piscines C, D et E de La Hague sont réceptionnés et déchargés dans des paniers. Le projet de densification analysé par l'Institut consiste à remplacer ceux actuellement utilisés pour accueillir les combustibles en provenance des réacteurs d'EDF par des paniers de section réduite, permettant de diminuer ainsi le pas d'entreposage et d'augmenter corrélativement la capacité opérationnelle totale d'entreposage des piscines concernées, tout en maintenant celle-ci en dessous des limites fixées par les décrets d'autorisation.



Sur la base des documents examinés, l'IRSN estime que les dispositions retenues par Orano pour densifier les piscines C, D et E de La Hague sont globalement satisfaisantes, sous réserve de la prise en compte d'une recommandation de l'Institut visant à s'assurer, avant le démarrage de la densification de chaque piscine, du positionnement correct des paniers actuellement entreposés.

## Réacteurs modulaires de faible puissance : poursuite des échanges techniques préliminaires entre l'ASN, l'IRSN et différents concepteurs

**Plusieurs concepts de réacteurs modulaires de faible puissance (SMR) de générations III et IV sont actuellement portés en France par différentes entreprises avec lesquelles l'ASN et l'IRSN ont engagé ou poursuivi en 2024 des échanges techniques préliminaires en vue de futures demandes d'autorisation.**

En parallèle au cycle de discussions menées au sujet du SMR Nuward (de type REP), l'IRSN et l'ASN ont amorcé des échanges portant sur quatre autres concepts de réacteurs : Naarea (à sels fondus), Jimmy (à haute température), Newcleo (refroidi au plomb) et Calogena (à eau légère).

Ce dialogue technique a permis aux concepteurs de présenter leur contexte, leur vision, leurs innovations et d'identifier les attentes de l'ASN et de l'IRSN, et à ces derniers de cerner les sujets à enjeux sur lesquels il conviendra de mener une expertise ainsi que des actions d'études et recherches. Un premier dossier de demande d'autorisation de création a été déposé par Jimmy en avril 2024.



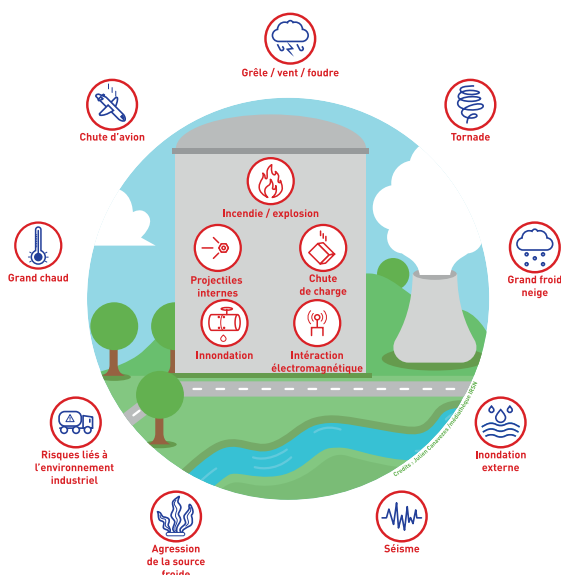
## Agressions externes et internes : les conclusions de l'IRSN

Lors de la présentation de ses conclusions au GP Réacteurs, l'Institut a souligné les efforts d'EDF destinés à renforcer la robustesse de ses installations face aux agressions externes et internes ainsi que l'apport des études probabilistes de sûreté relatives aux agressions dans son approche. Il a toutefois estimé nécessaire de stabiliser le référentiel d'étude de certaines agressions et de démontrer la suffisance des dispositions de protection qu'EDF prévoit de mettre en œuvre.

### POUR EN SAVOIR +

Avis et rapports Réexamen de sûreté associé aux 4<sup>e</sup> visites décennales des réacteurs nucléaires de 1300 MWe (VD4-1300)  
| [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

#### LES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES FACE AUX AGRESSIONS



## L'IRSN poursuit l'examen des études préliminaires de sûreté et d'impact de l'EPR2 de Penly

**Conçu sur la base notamment du retour d'expérience de la construction des différents EPR en service dans le monde, l'EPR2 intègre entre autres des simplifications destinées à en renforcer la constructibilité ainsi que des améliorations en termes de diversification des fonctions de sûreté. En 2024, l'IRSN a poursuivi l'expertise des études préliminaires de sûreté et d'impact environnemental du projet de réacteurs EPR2 de Penly.**

Parmi les principales évolutions entre l'EPR et l'EPR2 figurent des simplifications telles que la redéfinition des conditions de maintenance et d'exploitation permettant le passage de quatre à trois voies de sûreté, une conception avec une simple enceinte en béton au lieu de deux ainsi qu'une diversification des alimentations électriques et de la source froide de sûreté.

En amont de la réception au mois de juillet 2023 du dossier de demande d'autorisation de création d'une paire d'EPR2 à Penly, l'IRSN avait anticipé l'expertise de thèmes structurants en termes de méthodologie d'étude. En 2024, l'Institut a poursuivi cette analyse et affiné avec l'ASN les contours ainsi que le calendrier des expertises à mener d'ici à fin 2025. À cette échéance, l'IRSN aura remis 11 avis, dont trois (relatifs à la protection des systèmes, les agressions et les études d'accidents) seront présentés devant le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs. Parallèlement, l'IRSN a examiné l'étude d'impact environnemental et remis son avis en novembre 2024. Cette étude fera l'objet d'une enquête publique prévue en 2025.

# Radio- protection

L'IRSN attache une grande importance à développer ses actions aux niveaux national et international dans le domaine de la radioprotection tant en ce qui concerne l'expertise que la recherche et la formation.

Au plan national, il a publié une étude bibliographique sur une nouvelle technique de radiothérapie externe dite « FLASH ». Il a présenté le rapport triennal de l'état radiologique de l'environnement français.

Au plan international, l'Institut est reconnu. En témoigne sa nomination par l'AIEA comme « collaborative center » dans le domaine de l'utilisation des rayonnements ionisants dans la lutte contre le cancer. Il en est de même avec la collaboration renouvelée avec les NIH américain concernant les contre-mesures médicales à mettre en œuvre en situation d'accident radiologique ou nucléaire. L'Institut s'exprime aussi au niveau international en publiant un article de référence sur le modèle linéaire sans seuil et en ouvrant le débat sur ce sujet car ce modèle est un pilier du système international de radioprotection. Enfin, avec PIANOFORTE, partenariat européen pour la recherche en radioprotection qu'il coordonne, l'Institut s'engage fortement au service de la dynamique de la recherche en radioprotection au niveau européen.

Cette présence active à l'international porte aussi sur des sujets très opérationnels, par exemple par la participation au projet européen rescUE, piloté par la DGS, qui voit l'IRSN en charge du maintien en conditions opérationnelles d'un stock de dosimètres pouvant être acheminé très rapidement en tout point de l'Union Européenne pour répondre au besoin d'un Etat-Membre.

# Santé des personnes

**200**  
participants au  
séminaire sur le  
modèle LNT

## Modèle linéaire sans seuil et radioprotection

Après avoir publié en 2023 un article détaillant son point de vue sur le modèle linéaire sans seuil (LNT), l'IRSN a organisé en février 2024 un séminaire sur ce modèle – selon lequel il n'existe pas de seuil d'exposition radiologique en dessous duquel il n'y aurait pas de risque d'apparition d'effets cancérogènes –. L'article montrait que les données scientifiques disponibles aujourd'hui ne remettent pas en cause l'utilisation du modèle LNT à des fins de radioprotection et tendent à en renforcer la validité.

Lors de ce séminaire, près de 200 personnes concernées par les questions de radioprotection ont pu confronter leur point de vue. Des présentations ont permis de détailler l'impact des connaissances scientifiques récentes sur le modèle LNT et de discuter de son utilisation en radioprotection. Il a également permis de mettre en perspective l'évaluation des risques de cancers dans le domaine de la radioprotection avec le domaine des risques chimiques et les autres facteurs de risque de cancer connus en France.

## L'excellence de l'expertise de l'IRSN en radioprotection reconnue à l'international

Fin 2024, l'IRSN a renouvelé, pour cinq ans, l'accord de collaboration qui le lie aux National Institutes of Health (NIH) américains avec un objectif commun de recherche de nouvelles contre-mesures médicales en cas d'accident radiologique ou nucléaire. Cette initiative permet le maintien et le développement des compétences d'expertise de l'Institut dans ce domaine, compétences reconnues depuis de très nombreuses années par plusieurs instances internationales. L'Institut est en effet collaboratif avec le centre de l'Organisation mondiale de la Santé depuis 2010 et centre de renforcement des capacités de l'AIEA depuis 2021, lui conférant un statut de référent international dans le domaine.

L'IRSN est également partenaire, depuis 2023, du consortium européen « Resilience » qui a pour but de développer de nouvelles contre-mesures médicales contre la menace nucléaire et radiologique.

Par ailleurs, dans le domaine de la radioprotection et de la lutte contre le cancer, l'IRSN est devenu centre collaborateur de l'AIEA en février 2024, dans la continuité de la démarche Rays of Hope initiée l'année précédente par l'Agence visant à promouvoir l'utilisation sûre des rayonnements ionisants dans le domaine médical pour le diagnostic et le traitement du cancer, en particulier dans les pays émergents.



# ZOOM sur...

## Les Rencontres internationales lycéennes de la radioprotection

L'IRSN de Fontenay-aux-Roses a ouvert ses portes, les 3 et 4 avril 2024, aux Rencontres lycéennes de la radioprotection<sup>1</sup>.

Au total, 110 lycéens et leurs professeurs de France et de Moldavie sont venus présenter le résultat de leurs travaux scientifiques sur les risques liés à la radioactivité, travaux menés durant l'année avec le soutien des enseignants ainsi que d'experts et de chercheurs. Dosimétrie à fibre optique, radon, impacts des rayonnements ionisants sur les cellules, SMR<sup>2</sup>... : les sujets présentés étaient variés. Ces Rencontres ont également permis aux lycéens et à leurs professeurs de découvrir des installations expérimentales de l'IRSN (ALPHEE, LUTECE, LEDI), ainsi que son Centre technique de crise, son Simulateur d'observation du fonctionnement incidentel et accidentel de réacteurs nucléaires (SOFIA) et ses moyens mobiles de crise pour la santé et l'environnement. Ces deux journées ont aussi favorisé le dialogue et la confrontation d'idées entre lycéens, enseignants, experts et chercheurs. Une belle illustration de science participative !

(1) Ces Rencontres sont organisées depuis 2007 sous l'égide d'un comité de pilotage regroupant le CEPN, l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), l'INSTN (CEA), la SFRP, le Pavillon des sciences de Bourgogne-Franche-Comté et l'IRSN.

(2) Les « Small Modular Reactors » sont de petits réacteurs modulaires d'une puissance inférieure à 300 MWe.



## Radiothérapie UHDD et effet FLASH : des questions à approfondir

L'IRSN a publié une étude bibliographique approfondie relative à la radiothérapie dite « FLASH ». Cette nouvelle technique de radiothérapie externe, fondée sur l'utilisation sur un temps très court d'un faisceau de rayonnements ionisants à ultra haut débit de dose (UHDD), semble réduire la toxicité radio-induite au niveau des tissus sains tout en gardant le même contrôle tumoral.

Compte tenu du grand nombre de questions soulevées par cette nouvelle technique, l'IRSN a réalisé une étude bibliographique approfondie en portant son attention sur différents aspects : les mécanismes radiobiologiques associés à l'effet FLASH, la structure temporelle des pulses délivrés, les accélérateurs et le contrôle de qualité associé en mode FLASH, les détecteurs disponibles et leurs propriétés pour un usage dans un faisceau de très haut débit, la planification et la mise en œuvre en clinique ainsi que les études cliniques déjà menées ou en cours, mais aussi le blindage des salles de traitements et la radioprotection des travailleurs.



## Diviser par **2** la dose fœtale grâce aux recommandations de l'IRSN.

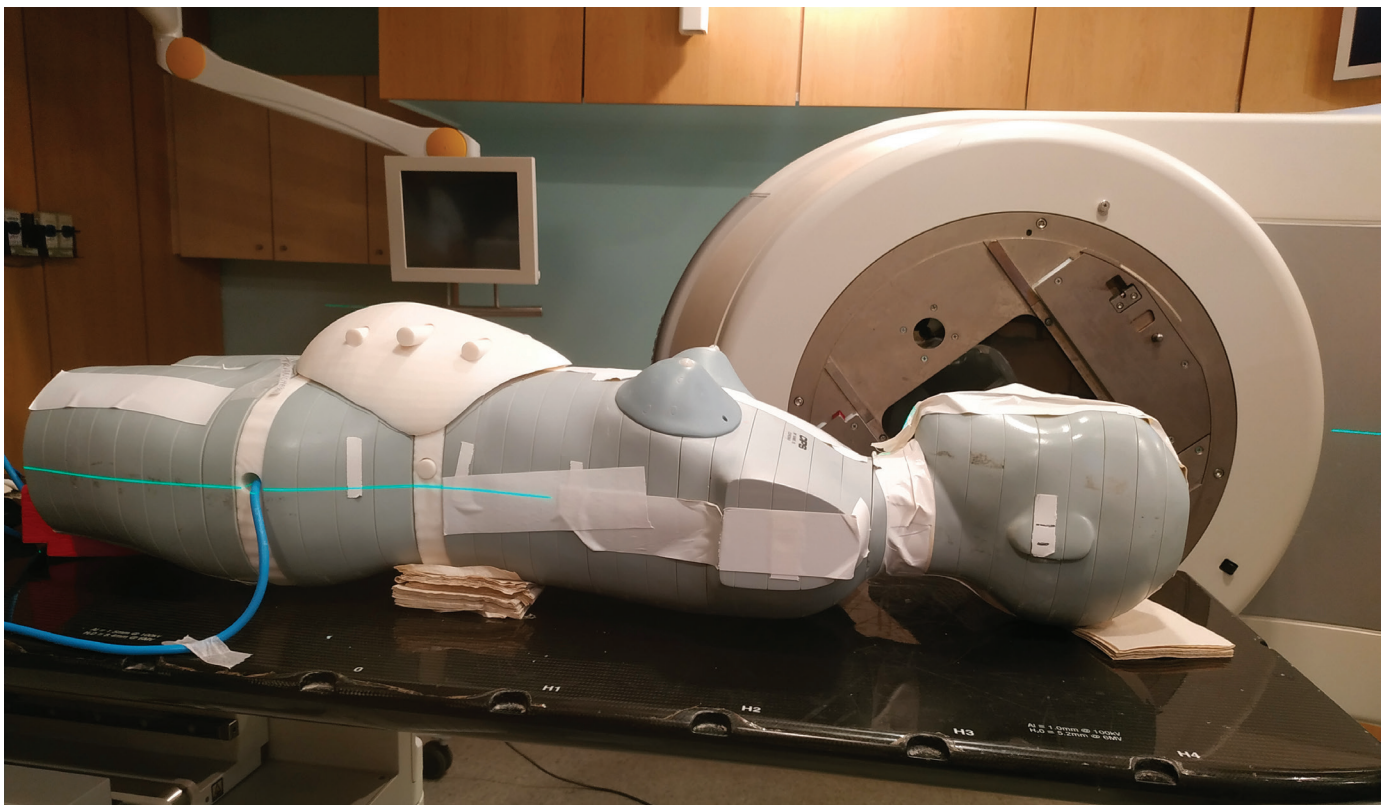
### Mieux estimer l'exposition des fœtus

L'IRSN a publié en 2024 les résultats de travaux concernant la modélisation et la caractérisation d'un fantôme de femme enceinte pour la dosimétrie du fœtus en radiothérapie. Afin d'améliorer l'évaluation des doses reçues par le fœtus lors de traitements par radiothérapie de femmes enceintes et d'émettre des recommandations pratiques pour les centres de cancérologie, les équipes de l'Institut ont développé un fantôme de femme enceinte permettant de simuler les trois trimestres de la grossesse. L'approche retenue est l'impression 3D de ventres de différentes tailles pouvant être apposés sur un fantôme classique de femme.

L'expertise et les différents moyens techniques de l'IRSN ont permis de valider les propriétés de la résine utilisée pour rendre compte des interactions, avec le corps humain, des rayonnements employés pour le traitement.

Des travaux, conduits en lien avec l'hôpital de la Pitié Salpêtrière (AP-HP), ont également permis de comprendre l'impact de la balistique et de la technique de traitement sur la dose fœtale. Les premiers résultats ont été utilisés dans des centres de lutte contre le cancer, notamment le centre Georges-François-Leclerc, à Dijon (Côte d'Or), où l'exposition d'un fœtus a ainsi pu être divisée par deux. En parallèle, l'IRSN est aussi très impliqué dans le projet européen SONORA, retenu dans le premier appel d'offres PIANOFORTE et qui a débuté en 2024. SONORA vise à améliorer la précision de l'estimation des doses fœtales en radiologie diagnostique et interventionnelle et en radiothérapie.

L'ensemble de ces travaux a pour objectif d'établir des recommandations de bonnes pratiques pour l'estimation de la dose fœtale chez les patientes enceintes.



# 360 743

**travailleurs ont  
été suivis dans le  
cadre d'activités  
professionnelles**

## Les NRD : optimiser les doses délivrées aux patients

Depuis 20 ans, les niveaux de référence diagnostic (NRD) accompagnent les professionnels de santé dans l'optimisation des doses délivrées aux patients lors d'examens de radiologie conventionnelle et interventionnelle, de scanographie ou de médecine nucléaire.

Etablis par le code de la santé publique pour la réalisation d'actes d'imagerie présentant un enjeu de radioprotection pour les patients, les NRD constituent des valeurs de référence qui permettent aux praticiens d'évaluer leurs pratiques en matière d'optimisation des doses délivrées à leurs patients. Ils contribuent également à cette optimisation à travers la transmission annuelle des données à l'IRSN qui les analyse et publie un rapport tous les trois ans, dans lequel il formule des recommandations pour adapter le dispositif NRD à l'évolution des pratiques.

Depuis 2004, deux arrêtés ont permis de revoir les valeurs de NRD et d'en établir de nouveaux, par exemple en 2019 pour la radiologie interventionnelle et l'imagerie scanographique en médecine nucléaire. Depuis 20 ans, plus de 8000 évaluations dosimétriques sont transmises chaque année à l'IRSN par les services d'imagerie, avec un taux de participation qui augmente de façon continue depuis en 2004 pour atteindre près de 90 % en médecine nucléaire et scanographie et 50 % en radiologie conventionnelle.

L'analyse des données par l'IRSN a permis de constater que les doses délivrées aux patients, hors médecine nucléaire, se situent en deçà des NRD, entre 15 et 60 % en fonction de la nature de l'examen.

## Suivi des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants : le bilan 2023

L'IRSN a publié son rapport 2023 sur la surveillance des expositions professionnelles aux rayonnements ionisants. Ce rapport indique une baisse de 7 % des personnes suivies : 360 743 travailleurs ont été suivis dans le cadre d'activités professionnelles – nucléaire, industrie, recherche, médical – utilisant des rayonnements ionisants ou des sources radioactives, ou occasionnant une exposition à la radioactivité naturelle. Cette diminution est liée aux dispositions prises lors de la refonte du portail d'enregistrement SISERI, sur la base de l'article R. 4451-66 du code du travail qui précise que seule la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs exposés, au sens réglementaire, doit figurer dans cette base de données.

Le bilan 2023 montre une exposition globalement stable par rapport à celle de 2022, avec de faibles évolutions de la dose collective et de la dose individuelle moyenne : près de 93 % des travailleurs suivis ont reçu une dose efficace annuelle inférieure à 1 mSv, seuil au-delà duquel un travailleur doit être classé (article R4451-57 du code du travail), illustrant l'approche prudente retenue par les employeurs en matière de suivi individuel de l'exposition aux rayonnements ionisants. Parmi les travailleurs suivis, moins de 1 % ont reçu une dose efficace supérieure à 5 mSv et, comme en 2022, six travailleurs ont été exposés à une dose efficace supérieure à la limite réglementaire de 20 mSv fixée par le code du travail.



# Santé de l'environnement

## Les données de la surveillance en Open Data

Depuis l'été 2024, l'IRSN publie sur le site [data.gouv.fr](https://data.gouv.fr) les données acquises dans le cadre de sa mission de surveillance radiologique de l'environnement. Cette action s'inscrit dans le cadre de sa politique de diffusion en Open Data de ses données scientifiques et techniques. Elle fait suite à des travaux de développement de la base de données SYRACUSE permettant de gérer une chaîne intégrée de la mesure environnementale depuis son acquisition jusqu'à sa diffusion. Chaque fichier mis à disposition contient les données annuelles du plan de surveillance régulière de l'IRSN.

## Bilan de l'état radiologique de l'environnement français 2021-2023

Établi par l'IRSN, ce rapport triennal présente et interprète les résultats de mesures radiologiques du Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement ( $\approx 400\,000/\text{an}$ ). Il permet d'actualiser la connaissance de l'état radiologique de l'environnement, hors et sous influence de sites nucléaires, et d'estimer les expositions des populations avoisinantes. Les estimations de doses induites par les rejets radioactifs des sites sont très faibles ( $< 1$  à  $10\,\mu\text{Sv}/\text{an}$ ). Cependant, sur certains sites, les entreposages de matières radioactives engendrent une exposition plus importante de la population avoisinante suivant les scénarios d'exposition considérés.





## Demande d'autorisation de création de Cigéo : les premières expertises de l'IRSN

En 2024, l'IRSN a présenté au groupe permanent d'experts pour les déchets les conclusions de ses expertises portant d'une part sur les données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo (GP1) et d'autre part sur la sûreté en phase d'exploitation de Cigéo (GP2). Ces expertises s'inscrivent dans le cadre de l'instruction du dossier de demande d'autorisation de création (DDAC) de Cigéo déposé en 2023 par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra).

L'expertise du DDAC du projet Cigéo par l'IRSN, qui sera poursuivie en 2025 par la direction de la recherche et de l'expertise en environnement de l'ASNR, est organisée selon trois groupements de thématiques :

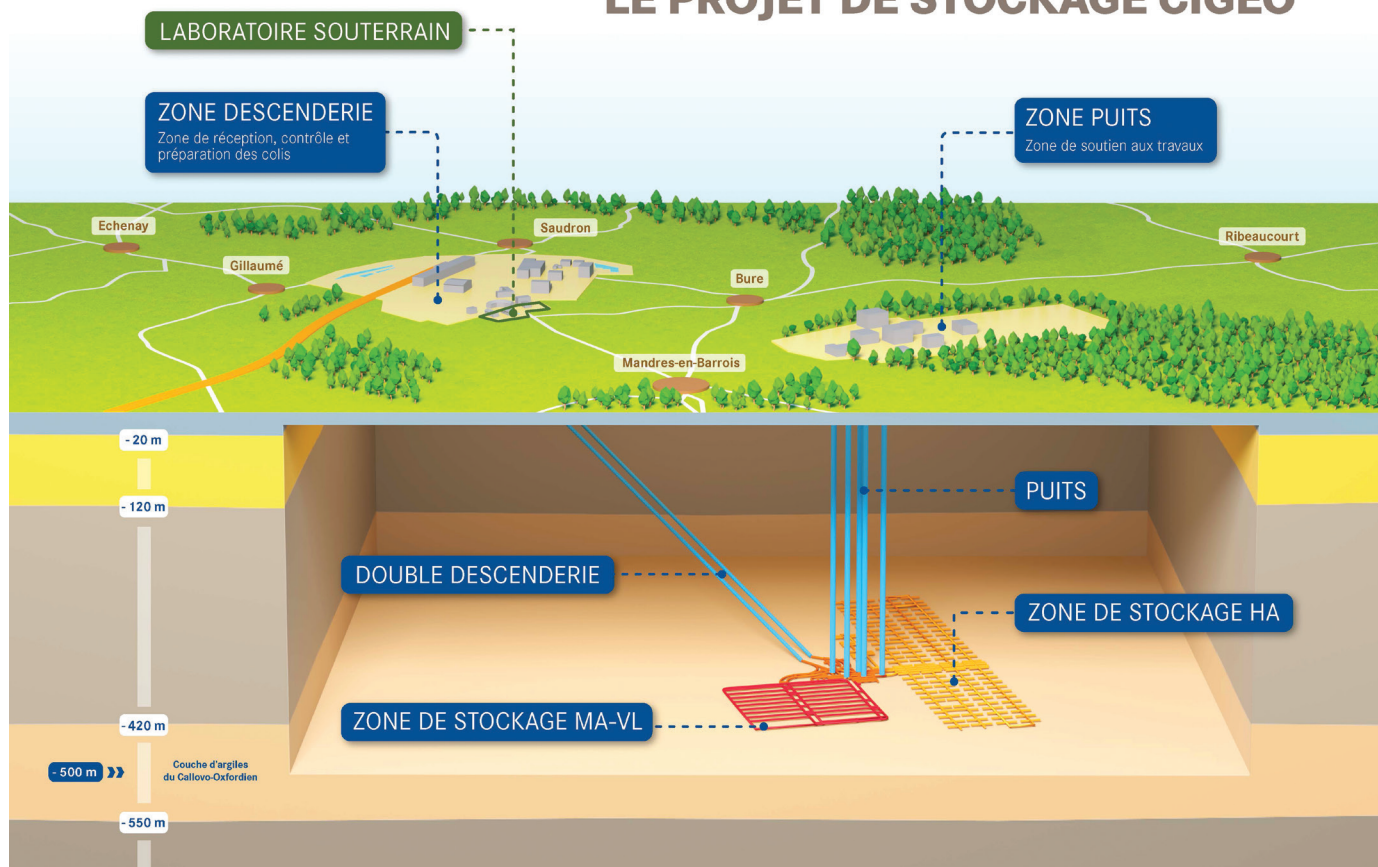
- les données de base retenues pour l'évaluation de sûreté de Cigéo (GP1);
- l'évaluation de sûreté en phase d'exploitation (GP2);
- l'évaluation de sûreté en phase d'après fermeture (GP3).

**Les 24 et 25 avril 2024, l'IRSN a présenté au groupe permanent d'experts pour les déchets (GPD) son expertise de l'examen du premier volet (GP1).**

Ce premier volet était focalisé sur les données nécessaires à la démonstration de sûreté, présentées par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) et concernant notamment les inventaires de déchets, le site de Meuse/Haute-Marne et l'évolution des propriétés des composants.

Dans son avis, l'Institut estime que l'Andra a développé un socle de connaissances qui réunit des données suffisantes pour l'évaluation

## LE PROJET DE STOCKAGE CIGÉO





de la sûreté de Cigéo au stade du DDAC, sur les colis de déchets, le site de Meuse/Haute-Marne, la formation hôte du Callovo-Oxfordien et les matériaux cimentaires. S'agissant des inventaires de référence et de réserve, il considère que les données présentées par l'Andra sont globalement pertinentes, respectivement pour établir la démonstration de sûreté de Cigéo et pour les études d'adaptabilité aux scénarios industriels prospectifs retenus.

L'IRSN identifie par ailleurs des points de vigilance qui devront être levés lors de la phase pilote concernant le stockage des déchets HA et les ouvrages de scellement. Des incertitudes ont en effet été mises en évidence, d'une part concernant la corrosion des composants métalliques des alvéoles HA et la présence potentielle de flexures au droit du quartier de stockage HA, et d'autre part, sur l'endommagement induit par la méthode de creusement des puits au niveau des futurs ouvrages de scellement et sur la conception de ces ouvrages.

**L'IRSN a présenté le second volet de cette expertise (GP2) au GPD les 10 et 11 décembre 2024,**

L'objectif de cette expertise a été d'évaluer la pertinence des dispositions de conception, de construction et d'exploitation de l'installation de stockage vis-à-vis de la démonstration de sa sûreté lors de son fonctionnement jusqu'à sa fermeture. L'expertise a porté plus particulièrement sur l'évaluation des risques nucléaires d'origine interne, des risques liés aux agressions internes et de ceux liés aux agressions naturelles d'origine externe. L'évaluation de l'impact sanitaire et à l'environnement de Cigéo durant la phase d'exploitation fait également partie du périmètre analysé par l'IRSN, ainsi que les spécifications d'acceptation et les contrôles des colis, la phase industrielle pilote, la récupérabilité des colis et l'adaptabilité de Cigéo.

L'IRSN estime que la maîtrise des risques liés à l'exploitation de Cigéo a atteint le niveau requis pour un DDAC, notamment pour les risques internes nucléaires (criticité, dissémination, exposition aux rayonnements) ainsi que pour les agressions externes et internes (incendie, inondation, coactivité). Les principes de conception et le dimensionnement des installations répondent aux attentes, bien que des précisions soient encore nécessaires, notamment sur la surveillance des premiers ouvrages et la maîtrise des risques d'incendie.

Des incertitudes persistent sur la sûreté des alvéoles HA et MA-VL fermés, notamment face aux risques d'explosion et au stockage des déchets bitumés. L'IRSN recommande de poursuivre l'évaluation à travers une phase industrielle pilote de 30 ans avec des démonstrateurs in situ. Il souligne aussi l'importance d'une flexibilité adaptée de l'installation et ne relève aucun obstacle rédhibitoire à l'adaptation de Cigéo aux inventaires de réserve.

**Le troisième et dernier volet de l'expertise du DDAC portera sur l'évaluation de sûreté après fermeture de Cigéo et sera présenté en juin 2025.**

Les travaux d'expertise de l'Institut s'appuient largement sur les programmes de recherche qu'il conduit dans son laboratoire souterrain de Tournemire sur un ensemble de sujets tels que le scellement des puits (programme VSEAL), les matériaux métalliques (BACUCE) et cimentaires (IMCB).

Enfin, l'implication de la société civile dans le processus d'expertise du dossier Cigéo se traduit par des échanges réguliers dans le cadre d'un dialogue technique (cf. encadré).

## Cigéo : poursuite avec succès du dialogue technique

Organisé par l'IRSN, l'Anccli<sup>1</sup> et le Clis<sup>2</sup> de Bure et impliquant la société civile, un dialogue technique portant sur l'expertise relative au dossier de demande d'autorisation de création (DDAC) de Cigéo a débuté en janvier 2023.

En 2024, six réunions ont eu lieu qui ont porté sur les inventaires des déchets radioactifs, les contrôles et la conformité des colis de déchets, la géologie, l'évolution des matériaux et des scellements, les risques d'origine interne et externe, et les impacts sanitaires et environnementaux du projet. Environ 170 questions ont pu être recueillies auprès des participants qui vont permettre aux experts d'enrichir leurs questionnements.

Dans le même ordre d'idées, représentants de la société civile et experts de l'IRSN ont travaillé ensemble à l'élaboration d'un scénario, d'arrêt de l'exploitation et d'abandon du site de stockage. L'Institut réalisera, sur cette base, des modélisations dont les résultats viendront là encore enrichir la réflexion de ses experts.

(1) Association nationale des comités et commissions locales d'information.

(2) Comité local d'information et de suivi.

## Etude d'impact de l'EPR2 de Penly

En 2024, l'IRSN a expertisé le dossier d'étude d'impact environnemental concernant l'implantation de deux réacteurs EPR2 sur le site de Penly (Seine-Maritime) transmis par EDF en 2023. L'examen a porté sur la gestion des effluents radioactifs et chimiques, susceptibles d'être rejetés pendant les phases d'essai et d'exploitation des réacteurs. Il a également porté sur la gestion des besoins en eaux, la diversification des sources d'approvisionnement et leur pérennité, notamment les conséquences potentielles des prélèvements dans la rivière Yères, dans un contexte de changement climatique.

Enfin, l'Institut a examiné les évaluations d'impact sanitaire et environnemental liées aux rejets des effluents, ainsi que les programmes de surveillance de l'environnement du site.

## Un webinaire dédié aux démarches territoriales menées sur le risque radon dans l'habitat

Plus de 80 personnes ont participé au webinaire coorganisé par l'IRSN et la Direction générale de la santé (DGS) en septembre 2024 afin de restituer l'état des lieux des démarches territoriales menées sur le risque lié au radon dans l'habitat, étude réalisée par l'IRSN entre 2000 et 2023. Ce webinaire a mis en lumière, au travers de témoignages d'expériences locales, le rôle incontournable des acteurs locaux, dont les associations, fortement soutenues par les agences régionales de santé, dans la gestion du risque radon et a aussi permis des échanges fructueux et inter-régionaux entre les participants.





## **Evaluation des conséquences en France des incendies de 2020 à proximité de Tchernobyl**

Dans le cadre de sa mission de surveillance radiologique du territoire, l'IRSN mesure épisodiquement des concentrations de césium 137 dans l'air supérieures aux valeurs habituelles, du fait de l'arrivée de masses d'air contaminées par des incendies survenant dans des régions de l'est de l'Europe fortement touchées par les retombées de l'accident de Tchernobyl en 1986. Le dernier événement de ce type a eu lieu en septembre 2024. Dans un contexte de récurrence de ce type d'incendie en lien avec le changement climatique et potentiellement du fait de la guerre d'agression russe en Ukraine, l'IRSN vient de publier un rapport sur les conséquences que peuvent avoir en France de tels événements. Dans ce rapport, l'IRSN revient sur les

conséquences sur le pays des incendies survenus en 2020 qui avaient touché l'environnement immédiat de la centrale ukrainienne, en combinant l'interprétation de résultats de mesures et l'utilisation de modèles numériques. Le deuxième volet de ce rapport traite ensuite d'un scénario extrême d'incendie autour de la centrale de Tchernobyl et de transfert des masses d'air contaminées jusqu'en France ; enfin, le troisième volet estime les conséquences que pourrait avoir un incendie survenant dans une des zones boisées françaises parmi les plus touchées en 1986 par cet accident. Les estimations montrent que les doses, pour toutes ces situations et toutes expositions confondues, demeureraient très faibles, de l'ordre du nano-sievert, soit un millionième de la dose de 1 mSv, qui est la dose limite pour l'exposition du public telle que définie par le code de la santé publique.



# Crise

L'année 2024 a été particulièrement marquée par la préparation de l'organisation de crise de la prochaine ASNR, avec la définition d'un centre de crise unique.

Expert public des risques nucléaire et radiologique, l'IRSN a aussi, cette année, continué à exercer sa mission d'appui technique auprès des autorités de sûreté et de sécurité, de l'ensemble des ministères et, au niveau territorial, des préfets. En effet, les Jeux olympiques et paralympiques de Paris 2024, qui se sont déroulés du 26 juillet au 11 août, et la persistance de l'agression russe en Ukraine, y compris sur des réacteurs nucléaires, ont rappelé la nécessité d'être prêts, à chaque instant, à faire face à une crise nucléaire ou radiologique majeure.

L'IRSN a ainsi participé à la sécurisation et à la surveillance des sites olympiques. Les laboratoires de l'Institut ont, en préparation de cet événement, testé leur mobilisation, en intégrant le LATAC (laboratoire de traitement et d'analyse d'échantillons environnementaux en situation post-accidentelle), mis en service au début de l'année. Et, pour la première fois, l'IRSN a testé l'organisation mise en place de son plateau technique des moyens de laboratoire « santé » COMOD (Cellule Opérationnelle de coordination des MOyens de Dosimétrie). L'Institut a, par ailleurs, continué de suivre la situation nucléaire et radiologique en Ukraine, et a actualisé ses évaluations des accidents envisageables.

L'IRSN a également participé aux exercices de crise nationaux et locaux, et mené un exercice de déploiement de grande ampleur de ses moyens de mesures environnement et santé lors de l'exercice national concernant la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire (18) les 21 et 22 novembre.

Par ailleurs, la modernisation de ses moyens de mesures s'est poursuivie en 2024 avec notamment le projet SYALMA (SYstème Agile et Léger de Mesure d'Anthroporadiométrie) dont un prototype a été réalisé, et la nouvelle version du logiciel CRITER (CRIse TERrain) qui permet de collecter l'ensemble des résultats. De même, le Centre de crise de l'Institut a continué de moderniser et de compléter ses outils informatiques, notamment en intégrant les moyens d'expertise concernant l'EPR de Flamanville.



## Jeux olympiques 2024 : l'IRSN contribue à la sécurisation et à la surveillance radiologique des sites

**Dans le cadre de l'organisation des Jeux olympiques 2024, la direction générale de la sécurité civile et de la gestion des crises a défini une stratégie de réponse à la menace liée aux risques de nature nucléaire, radiologique, biologique, chimique et explosif (NRBC-E). Expert public en matière de crise nucléaire ou radiologique, l'IRSN a été sollicité pour participer à la sécurisation et à la surveillance des sites concernés ainsi qu'à celles des transports de matières nucléaires.**

Au titre de la sécurisation, un vivier d'une soixantaine de spécialistes de l'IRSN a été constitué, formé et intégré aux équipes de sécurisation des sites olympiques (démoneurs, spécialistes du risque biologique et chimique), sous la conduite du Détachement central interministériel d'intervention technique (DCI-HT) et de la direction des applications militaires du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA/DAM). Ces équipes ont participé aux opérations de vérification des sites juste avant le début des JO ainsi qu'à la surveillance pendant les épreuves. L'engagement des participants et l'organisation spécifique mise en place en interne (back-office support logistique et matériels) ont permis le succès de cette mobilisation.

Au titre de sa contribution à la surveillance, l'IRSN a installé sur tous les sites des compétitions une quarantaine de balises permettant de détecter rapidement toute élévation inhabituelle de la radioactivité et a assuré la surveillance continue

de l'ambiance radiologique durant toutes les épreuves, en complément du réseau Téléray existant.

De plus, un dispositif d'astreinte élargi (60 personnes chaque semaine, comprenant 25 personnes supplémentaires dédiées aux aspects santé, à la mobilisation des laboratoires santé et environnement) a été mis en place pendant les cinq semaines de compétitions afin d'être en mesure de se mobiliser rapidement en cas de besoin d'expertise du risque radiologique au profit des autorités à la suite d'un acte malveillant.

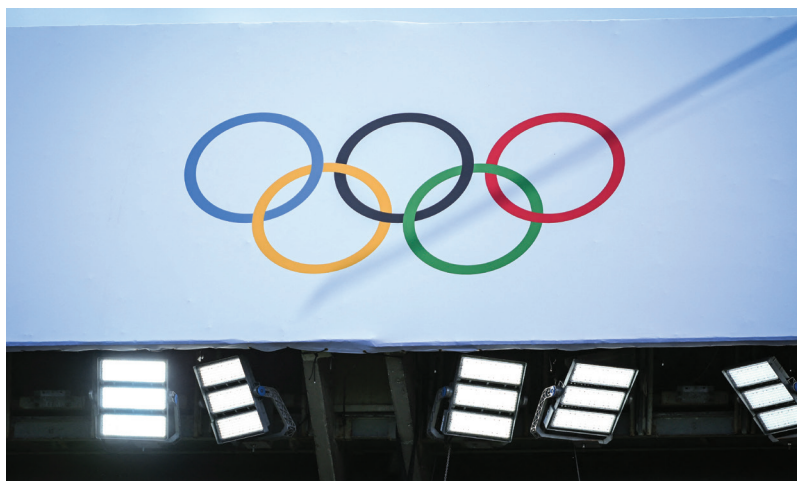
Par ailleurs, l'Institut a réalisé des exercices visant à tester la capacité de réponse de ses laboratoires 24h/24 et 7 jours/7, pour des scénarios d'irradiation des personnes ou de contamination de l'environnement, en organisant la prise en charge d'échantillons biologiques ou environnementaux.

Inédite par son ampleur, la mobilisation des moyens matériels et humains de l'IRSN a été riche en enseignements dans le domaine de la préparation et de la gestion d'une crise radiologique.

### L'IRSN, acteur de la sécurisation des transports de matières nucléaires pendant les JO

Faire en sorte qu'aucun transport de matières nucléaires sensibles ne circule en région parisienne ni dans les départements qui ont accueilli les Jeux olympiques grâce à des itinéraires de contournement et une re planification de ces transports, tel était l'objectif du plan logistique établi en collaboration entre le ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, le principal opérateur national de transport autorisé et l'exploitant EDF.

En tant qu'expert de la sécurité des transports de matières nucléaires, l'IRSN avait été sollicité dès 2021 pour donner son avis sur la problématique des transports circulant pendant la période et avait estimé nécessaire d'étendre la suspension prévue initialement à d'autres catégories de transports sensibles au regard des risques radiologiques potentiellement induits par une attaque même limitée compte tenu de l'impact médiatique que cela aurait engendré.



## L'innovation au service des moyens de mesure

Afin d'évaluer le plus rapidement possible les contaminations des personnes par des rayonnements ionisants en situation d'urgence, l'IRSN dispose de moyens dédiés. Par exemple, sa flotte de véhicules projetables sur le terrain permet la mesure de la contamination interne des personnes par des radionucléides émetteurs gamma. Dans le cadre de la rénovation de ces moyens, un partenariat d'innovation a été lancé, destiné à concevoir, valider puis fabriquer un équipement de mesure anthroporadiométrique appelé SYALMA, dont la mise en œuvre et le maintien en conditions opérationnelles sont optimisés. Ce système autonome, accompagné d'un logiciel de pilotage, d'acquisition et d'exploitation des mesures pourra être déployé dans des centres d'accueil et de regroupement (CARE). Le prototype SYALMA a été livré à l'automne 2024.

Par ailleurs, l'IRSN participe au projet européen rescEU, qui prévoit notamment la mise à disposition de dosimètres qui seraient fournis à un état membre en situation d'urgence radiologique. Le projet implique la production

trimestrielle de plusieurs dizaines de milliers de dosimètres, qui sont conservés dans un local sécurisé sur le site IRSN du Vésinet.

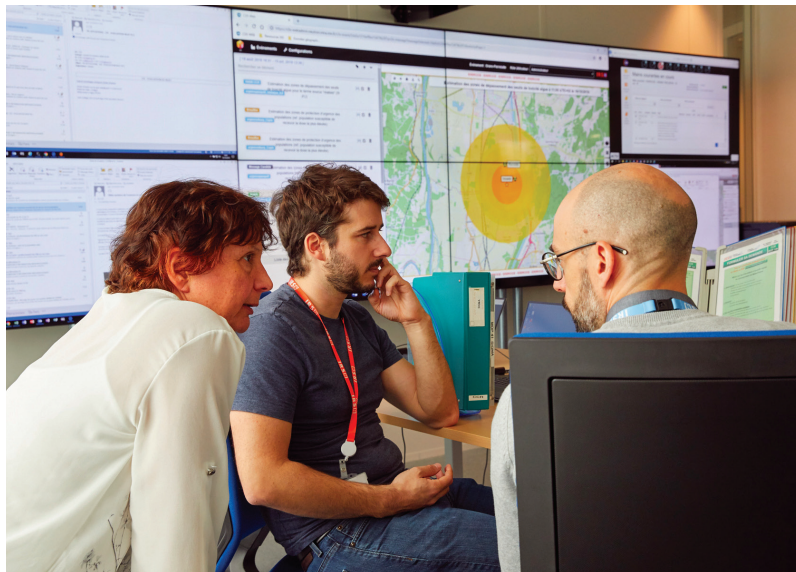
Un dispositif d'astreinte est en place afin de pouvoir, sur demande de l'UE, mettre à disposition ces dosimètres en moins de 12 h. Plusieurs outils visent à faciliter leur distribution dans un pays étranger, notamment des guides utilisateurs et une application spécifique qui a été conçue pour permettre de connaître l'état du stock, l'affectation des dosimètres et de mettre à disposition les résultats d'analyse.

## Crises réelles

### L'organisation de crise activée 4 fois en 2024

À quatre reprises au cours de l'année, l'IRSN a activé son organisation de crise à la suite du déclenchement du plan d'urgence interne et d'une alerte nationale par EDF. Les situations ont concerné trois incendies survenus hors zone contrôlée et une tentative d'intrusion.

La mobilisation de l'organisation de crise de l'IRSN s'est à chaque fois limitée au grément du centre de crise, qui est systématique en cas d'alerte nationale. Les situations ayant été rapidement maîtrisées par EDF, ces mobilisations n'ont duré que quelques heures, au cours desquelles l'Institut a pris connaissance des informations disponibles sur l'événement et échangé avec EDF et l'ASN sur son évolution et les enjeux, enjeux limités compte tenu des circonstances.



# Veille

## Ukraine : maintien d'une veille active en 2024

Dès le lendemain de l'invasion de l'Ukraine par la Russie, survenue le 24 février 2022, l'IRSN a mobilisé son organisation de crise. Depuis, l'Institut assure un suivi continu de la situation et apporte un conseil scientifique et une assistance opérationnelle aux pouvoirs publics français et aux instances internationales.

## Une situation toujours préoccupante

L'année 2024 a notamment été marquée par la multiplication de survols de drones et de missiles au-dessus de centrales nucléaires ukrainiennes et par la perte, à nouveau en ce qui concerne le site de Zaporijia, soit de la seule ligne électrique principale opérationnelle, soit de la seule ligne de secours disponible et ce, à différentes reprises. Compte tenu de cette situation toujours particulièrement préoccupante, l'IRSN a maintenu en 2024 une veille active de la sûreté des installations, de l'état radiologique de l'environnement et de l'activité internationale et médiatique sur le sujet. Chaque semaine, une synthèse intégrant les nouvelles informations a été réalisée en interne à destination des équipes

de crise. En 2024, l'accident de fusion du cœur restant toujours possible en cas de perte de l'ensemble des moyens de refroidissement, l'IRSN a réévalué, au vu du temps écoulé depuis l'arrêt des réacteurs de Zaporijia, à plus d'une vingtaine de jours les délais minimums avant la fusion du cœur et a déterminé que les conséquences potentielles seraient limitées si les enceintes de confinement étaient intègres.

L'Institut a également mis à jour les évaluations concernant les situations pouvant affecter les réacteurs des autres sites qui, eux, sont en fonctionnement et qui pourraient conduire, en cas de perte de l'ensemble des moyens de refroidissement, à des conséquences plus importantes dans des délais courts.

## Des échanges renforcés avec les États-Unis

Par ailleurs, l'IRSN a renforcé cette année ces échanges techniques avec le Département de l'Énergie des États-Unis (US DOE). L'Institut a transmis la liste des termes sources d'accident mise à jour. Des comparaisons de calculs de conséquences ont été effectués et un catalogue commun de fiches d'accident a été réalisé. Un protocole d'échange en crise entre les deux centres de crise a également été défini.





# Exercices

## Un exercice grandeur nature à Belleville-sur-Loire

**Les 21 et 22 novembre 2024, un exercice national de crise a concerné la centrale nucléaire de Belleville-sur-Loire, dans le Cher. L'occasion choisie par l'IRSN pour réaliser un déploiement de grande ampleur de ses moyens de mesure environnement et santé.**

Ce deuxième exercice de grande ampleur sur le volet des mesures — le premier a été réalisé en mai 2023 à Saint-Laurent-des-Eaux, dans le Loir-et-Cher a permis de renforcer la coordination de l'IRSN avec les acteurs locaux et nationaux. En effet, une cinquantaine d'experts et d'intervenants de terrain de l'IRSN a été mobilisée et a collaboré avec de nombreux partenaires : des partenaires habituels comme les sapeurs-pompiers du Service départemental d'incendie et de secours (SDIS) du Cher, les équipes de la Zone d'intervention de premier échelon (ZIPE) du Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) de Saclay, et aussi des équipes de la Base aérienne 123 d'Orléans-Bricy et du 2<sup>e</sup> régiment de dragons de l'armée de Terre.



## Tester l'efficacité de la mise en œuvre des différents moyens de mesure de terrain

Cet exercice a permis de tester l'efficacité de la mise en œuvre des différents moyens mobiles santé et environnement de l'IRSN. Confronté à un scénario d'accident qui entraînait des rejets radioactifs dans l'environnement, sur le terrain, l'ensemble des moyens de mesure de la radioactivité dans l'environnement a été déployé : véhicules d'intervention, moyens de mesure embarqués en hélicoptère (airborne) et en voiture (carbone) pour cartographier les zones impactées par les rejets dans l'environnement, balises autonomes Spider déployées pour permettre un suivi en temps réel et à distance des niveaux de radioactivité ambiants, prélèvements et analyses environnementales dans les véhicules laboratoire, véhicule de transmission/communication...

Sur le volet santé, une chaîne complète de prise en charge des personnes a été organisée par les différentes unités de terrain et mise en œuvre pour une centaine de volontaires : recensement et contrôle de la contamination externe (sapeurs-pompiers), décontamination (militaires), contrôle de la contamination interne des personnes avec un véhicule de type Shelter (IRSN) et prise en charge médicale (médecins)

## Un bilan très positif

Malgré les conditions météorologiques réelles difficiles (neige, verglas), le bilan est très positif : à la fin du deuxième jour, les mesures réalisées dans l'environnement ont permis au Centre de crise de la future ASNR, testé à cette occasion, de proposer, moins de 24 heures après la fin des rejets, au préfet du Cher la mise en œuvre d'une zone d'éloignement.

Sur le volet santé, les résultats des mesures de contamination interne ont conduit le préfet à décider (fictivement) la prise d'iode immédiate pour quelques volontaires.

Cet exercice est riche d'enseignements et l'amélioration continue des stratégies de mesure et des logiques de déploiement des différents moyens de l'IRSN en lien avec les autres acteurs de terrain se poursuivra en 2025 dans le cadre de l'ASNR.



# Chiffres-clés

## 16 exercices locaux

(environ 14 jours d'exercice) organisés par les exploitants nucléaires, auxquels l'IRSN a été convié, dont un exercice réalisé à Flamanville (50) le 17 septembre : 1er test ASNR et 1er exercice sur EPR.

## 7 exercices nationaux

(7,5 jours d'exercice) dont un exercice réalisé sur la base navale de Cherbourg (50) le 14 novembre : 1er exercice national de défense en mode ASNR/ASND, et un exercice réalisé à Belleville-sur-Loire (18) : 1er exercice national civil en mode ASNR et déploiement de moyens de mesure de grande ampleur (lire article ci-contre).

## 1 exercice Piratome

du 27 mai au 7 juin, relatif à une situation malveillante : joué en relation avec la direction générale de la Santé (DGS), le Service de protection radiologique des armées (SPRA) et l'hôpital de La Pitié Salpêtrière, exercice préparatoire aux Jeux Olympiques et Paralympiques de Paris 2024 qui a testé la mise en œuvre des différents laboratoires de santé de l'IRSN.

### L'IRSN partenaire de la 8<sup>e</sup> édition des Rencontres européennes de la participation

À l'occasion des Rencontres européennes de la participation qui ont eu lieu à Toulouse du 1<sup>er</sup> au 3 juillet 2024, les équipes de l'IRSN ont animé un serious game (jeu sérieux) dédié au dialogue avec les populations après une catastrophe nucléaire.

Le pitch :

« Vous êtes un acteur du territoire de la Gironde, vous devez faire face aux conséquences locales et sur le long terme d'un accident dans une centrale nucléaire. Quelles décisions prendre ? Comment les prendre ? Avec qui les prendre ? ».

L'objectif de cet atelier était notamment de favoriser le dialogue entre les acteurs locaux. Ce serious game a suscité un vif intérêt et réuni 42 participants.



# Notes





**Siège social :**

15 rue Louis Lejeune  
92120 Montrouge

**Adresse postale :**

BP 17 - 92262  
Fontenay-aux-Roses cedex

**Divisions territoriales :**

[asnr.fr/nous-contacter](https://asnr.fr/nous-contacter)

[info@asnr.fr](mailto:info@asnr.fr)

Tél. : 01 58 35 88 88

**[asnr.fr](https://asnr.fr)**

