

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Rapport d'activité
2005



Les missions de l'IRSN

RECHERCHE ET MISSIONS DE SERVICE PUBLIC



Définition et mise en œuvre de programmes de recherche nationaux et internationaux

Contribution à la formation en radioprotection

Veille permanente en matière de radioprotection

Contribution à l'information du public et à la transparence

APPUI ET CONCOURS TECHNIQUE AUX POUVOIRS PUBLICS



Appui technique en matière de risque nucléaire et radiologique

Appui opérationnel en cas de crise ou de situation d'urgence radiologique

PRESTATIONS CONTRACTUELLES D'EXPERTISE, DE RECHERCHE ET DE MESURE



Réalisation d'expertises, de recherches et de travaux pour des organismes publics ou privés

Rapport d'activité 2005







[1] ACTUALITÉ, STRATÉGIE ET ORGANISATION

Expert public du risque nucléaire et acteur à part entière de la transparence, l'IRSN prépare l'avenir



Jean-François LACRONIQUE,
Président du conseil d'administration

L'année 2005, comme la précédente, a été une année fertile. Ce rapport en témoigne, à travers la présentation des principales facettes des missions, activités et résultats de l'Institut.

Sur le plan humain tout d'abord, 2005 a marqué la fin de la période transitoire avec le CEA et le passage sous statut IRSN de l'ensemble des salariés de l'Institut. La réussite de cette étape était essentielle pour la pérennité du potentiel d'expertise et de recherche. La stabilisation qui en a résulté ne traduit toutefois pas une fermeture de l'Institut sur lui-même, comme en attestent les 170 entrées et sorties constatées. Ces mouvements, qui s'effectuent en majorité avec le secteur nucléaire (CEA, exploitants, ingénierie) et scientifique (universités, grandes écoles) ont également permis de consolider la présence de cadres détachés de l'IRSN auprès d'institutions internationales (AIEA, UE), et d'accroître le nombre de doctorants et post-doctorants.

Sur le plan financier, 2005 a permis de lever l'hypothèque qui pesait sur l'IRSN depuis sa création. La modification du statut fiscal de l'établissement au regard du régime de TVA, toutes choses égales par ailleurs, a en effet permis de rétablir l'équilibre budgétaire. Les efforts de gestion et de développement des recettes entrepris à tous les niveaux de l'Institut sont venus conforter ce résultat. Enfin, une solution a été esquissée avec l'appui des ministères de tutelle pour financer les charges de démantèlement incombant à l'IRSN, ainsi que certains équipements stratégiques.

Sur le plan opérationnel, les objectifs visés ont été atteints pour la plupart.

L'expertise fournie en appui aux différentes autorités de l'État a atteint un niveau record dans tous les domaines (dossiers d'exploitants, évolutions des réglementations, international, exercices de crise, expertises « matières nucléaires », etc.). Les conventions et protocoles signés avec ces autorités ont permis de réguler l'activité, en fixant priorités et délais, et ainsi de satisfaire les principaux besoins malgré la tendance à la baisse des moyens disponibles. En témoigne l'expertise du « Dossier 2005 Argile » de l'ANDRA, rendue en temps et en heure, puis publiée sur Internet fin janvier 2006, qui a mobilisé plusieurs équipes.

Les missions d'intérêt public assurées par l'IRSN conformément à son décret constitutif ont par ailleurs été menées avec détermination, nombre d'entre elles faisant l'objet d'avancées significatives : déploiement du système SISERI de suivi radiologique des travailleurs, développement de la formation en radioprotection, doublement sur 12 mois du nombre de consultations des sites

« L'expertise fournie en appui aux différentes autorités de l'État a atteint un niveau record dans tous les domaines »

Internet grand public de l'Institut (plus d'un million par an), contribution aux débats publics sur le nucléaire, appui aux Commissions locales d'information et à leur association, l'ANCLI. L'Institut a également engagé un travail de fond sur la modernisation de ses systèmes de surveillance radiologique du territoire national, et de ses procédures et moyens d'intervention en situation de crise nucléaire ou radiologique.

La recherche avance elle aussi à grands pas :

les résultats engrangés sur les traitements de « brûlures » radiologiques sévères ont permis de sauver un accidenté chilien, grâce à une première mondiale de thérapie par auto-greffe de cellules souches effectuée par le Service de santé des armées avec la collaboration des spécialistes de l'IRSN. À l'autre extrémité de l'échelle des doses, la validité de la démarche d'investigation des effets des contaminations chroniques (projet Envirhom) a été établie, publications à l'appui, ouvrant une voie novatrice au champ de la recherche sur les faibles doses. Dans le domaine de la sûreté, de nouveaux programmes ont été conçus dans les domaines de l'incendie (programme PRISME), et du comportement accidentel des combustibles (programme TERME SOURCE). Ils sont cofinancés par de nombreux partenaires, en France (notamment EDF) et à l'étranger. Le savoir-faire des équipes de l'Institut, l'originalité et la qualité des moyens expérimentaux, ceux de l'IRSN ou ceux qui y sont associés au sein du CEA continuent ainsi d'être internationalement reconnus.

Il faut naturellement poursuivre le travail engagé.

Le contrat d'objectifs, signé le 5 juillet 2006, vient consolider les orientations prises depuis trois ans. Un plan à moyen et long terme va être élaboré pour piloter sa mise en œuvre, et accroître la lisibilité de la recherche de l'IRSN.

Ces orientations sont cohérentes avec la loi sur la transparence et la sécurité nucléaire que le parlement vient d'adopter : l'Institut entend être un expert compétent et fiable pour la nouvelle Autorité



Jacques REPUSSARD,
 Directeur général

de sûreté nucléaire, et plus largement pour les pouvoirs publics. Il entend gérer efficacement les missions qui lui ont été confiées par ces derniers, et notamment celle relative à la recherche sur les risques liés aux rayonnements ionisants et aux technologies nucléaires. En répondant aux attentes des acteurs de la société, et en étant un acteur à part entière de la transparence, il entend contribuer à l'application concrète de la loi. Il entend enfin s'impliquer fortement dans les processus européens et internationaux, dont l'importance stratégique va croissant.

Jean-François LACRONIQUE,
 Président du conseil
 d'administration

Jacques REPUSSARD,
 Directeur général

L'IRSN est au cœur du défi global de la sécurité nucléaire



Michel BRIÈRE,
Directeur général adjoint, délégué pour les missions relevant de la défense.

La sécurité nucléaire met en jeu un grand nombre d'organismes et d'autorités. Sa maîtrise au plan national est renforcée par l'existence, au sein de l'IRSN, d'une expertise publique pluridisciplinaire, rassemblée et cohérente.

En matière de sûreté nucléaire des installations intéressant la défense, 2005 a été une année chargée avec des dossiers importants comme le bassin 8 du port de Brest, le réacteur RES de Cadarache, et la chaufferie du futur sous-marin d'attaque de type *Barracuda*.

Cette année a vu également la relance des commissions de sûreté relatives aux laboratoires et usines, aux anciens sites d'expérimentation, aux déchets et aux transports, ainsi qu'une forte activité de préparation à la crise (quatre exercices importants).

Mais l'année 2005 a aussi été marquée par une participation croissante aux efforts pour que les matières nucléaires ou radioactives, ainsi que les installations et les transports qui lui sont associés, soient parfaitement protégés contre les risques de vol, de détournement et de sabotage.

Ainsi, les experts de la Direction de l'expertise nucléaire de défense de l'Institut ont été mobilisés pour vérifier l'application du code de la défense par les opérateurs civils et veiller au respect par la France de ses engagements de non-prolifération nucléaire. Cette mission de sécurité, conduite à la demande des autorités nationales, est prioritaire.

De même, cette direction a été très impliquée dans l'important travail de rénovation réglementaire engagé depuis 2002 pour renforcer la sécurité et mettre en place un corpus de textes plus efficace et à même de répondre aux besoins de notre société face aux risques de malveillance et de terrorisme.

Certains de nos experts ont participé à l'élaboration ou la révision des documents de sécurité de l'AIEA, d'autres ont participé à des missions d'assistance à l'étranger dans le cadre des programmes de sécurité portés par cette agence ou par le G8. D'autres enfin animent des réseaux, au niveau européen notamment, pour développer les capacités techniques de détection, de mesure et de protection des matières nucléaires.

Cette capacité d'expertise en sécurité, vivante, est actuellement soutenue par une activité d'études, notamment dans les domaines de la métrologie des matières nucléaires et de la modélisation des agressions sévères comme l'usage d'explosifs ou d'armes.

L'IRSN est au cœur du défi global de la sécurité nucléaire.

Michel BRIÈRE,
Directeur général adjoint,
délégué pour les missions relevant de la défense

L'IRSN en bref

□ CRÉATION

L'IRSN a été créé par l'article 5 de la loi n° 2001 – 398 du 9 mai 2001, et par le décret d'application du 22 février 2002.

□ STATUT

L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle conjointe des ministères chargés de l'Environnement, de la Santé, de l'Industrie, de la Recherche et de la Défense.

□ DIRIGEANTS

Jean-François LACRONIQUE, Président du conseil d'administration

Jacques REPUSSARD, Directeur général

Michel BRIÈRE, Directeur général adjoint, délégué pour les missions de l'IRSN dans les domaines relevant de la défense

Philippe JAMET, Directeur général adjoint pour les affaires générales

□ EXPERTISE ET RECHERCHE

L'IRSN est l'expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques.

□ DOMAINES D'ACTIVITÉS

- Environnement et intervention
- Radioprotection de l'homme
- Prévention des accidents majeurs
- Sécurité des réacteurs
- Sécurité des usines, des laboratoires, des transports et des déchets
- Expertise nucléaire de défense

□ QUATRE AXES DE DÉVELOPPEMENT

- Refonder sa dynamique de recherche en concertation avec ses grands partenaires
- Optimiser ses missions d'appui aux pouvoirs publics
- Ouvrir son expertise aux attentes de la société
- Développer la dimension européenne et mondiale

□ BUDGET 2005

- Recettes : 287 M€
- Dépenses : 268 M€, dont 26 M€ d'investissements

□ EFFECTIFS

L'IRSN rassemble près de 1 600 salariés parmi lesquels de nombreux spécialistes, ingénieurs, chercheurs, médecins, agronomes, vétérinaires et techniciens, experts compétents en sûreté nucléaire et en radioprotection ainsi que dans le domaine du contrôle des matières nucléaires sensibles.

□ IMPLANTATIONS

Clamart (siège social)

Agen, Cadarache, Cherbourg-Octeville, Fontenay-aux-Roses, La Seyne-sur-Mer, Les Angles-Avignon, Le Vésinet, Mahina (Tahiti), Orsay, Pierrelatte, Saclay, Tournemire.

L'IRSN en 2005

Bilan et perspectives

Au cours de l'année 2005, l'IRSN a consolidé la mise en œuvre des orientations stratégiques fixées en 2003 par son directeur général et approuvées par son conseil d'administration. Dans ce cadre, l'Institut a notamment achevé les fondations de son système de management par la qualité et poursuivi l'adaptation de ses installations de recherche dans le cadre d'une réflexion sur les moyens lourds de recherche en sûreté nucléaire à conserver au plan international. L'IRSN a également achevé la rédaction du contrat d'objectifs qui doit le lier à l'État pour la période 2006-2009. Cet instrument définit les objectifs scientifiques et techniques majeurs de l'Institut en inscrivant les plus importants d'entre eux dans une perspective à moyen et à long terme.

LES AXES DE DÉVELOPPEMENT DE L'IRSN EN 2005

1. REFONDER SA DYNAMIQUE DE RECHERCHE EN CONCERTATION AVEC SES GRANDS PARTENAIRES

□ Promouvoir la production scientifique et technique

L'IRSN a organisé en 2004 un premier séminaire interne sur l'excellence scientifique. Ses recommandations ont conduit à la mise en œuvre, en 2005, de plusieurs actions parmi lesquelles l'élaboration d'un programme d'excellence scientifique et technique, la mise en place d'un comité dédié, une animation scientifique transverse, la formation par la recherche ou encore la mise en place du système d'évaluation de l'excellence scientifique et technique de l'Institut.

□ Évaluer l'excellence scientifique et technique de l'Institut

L'IRSN a mené des évaluations ciblées sur ses activités scientifiques et techniques : résultats d'un programme de recherche, collaborations scientifiques, expertises, etc. Ces actions à caractère pilote ont permis de valider la procédure d'évaluation et de collecter un retour d'expérience utile pour la poursuite de la démarche en 2006, notamment pour ce qui concerne la distinction à opérer entre l'évaluation scientifique et celle des choix stratégiques d'un programme.

□ Adapter l'outil de recherche

Dans le cadre d'une réflexion sur les moyens lourds de recherche en sûreté nucléaire à conserver au plan international, l'IRSN a poursuivi en 2005 la rénovation de CABRI, réacteur d'essais de sûreté pour le combustible nucléaire. L'Institut a également créé un groupe de travail international visant à enrichir la réflexion de l'Institut et du CEA sur le devenir du réacteur PHÉBUS, installation expérimentale permettant l'étude de la dégradation d'un cœur de réacteur nucléaire et du relâchement de produits de fission associés.

2. OPTIMISER SES MISSIONS D'APPUI TECHNIQUE AUX AUTORITÉS ADMINISTRATIVES ET SA CONTRIBUTION AUX POLITIQUES PUBLIQUES

□ Formaliser les relations de l'Institut avec les pouvoirs publics

L'IRSN a complété en 2005 le dispositif formalisant ses relations avec les pouvoirs publics par la mise en place de conventions-cadres avec, en particulier, plusieurs agences sanitaires de l'État. Les protocoles d'application correspondants précisent chaque année le contenu des activités menées dans le cadre de ces conventions. Ceci permet à l'Institut de mieux répondre aux attentes et priorités des pouvoirs publics, et de mieux y adapter ses moyens afin d'améliorer l'efficacité du dispositif global d'expertise.

□ Moderniser les moyens de surveillance radiologique d'intervention

L'IRSN a lancé en 2005 plusieurs actions visant à doter l'Institut de moyens plus efficaces : le renouvellement des véhicules d'intervention de l'Institut, de premières études en vue du renouvellement de son réseau de mesures des aérosols radioactifs, etc. L'Institut a poursuivi la montée en puissance de son système d'information sur la surveillance de l'exposition aux rayonnements ionisants (SISERI).

LES CONVENTIONS SIGNÉES PAR L'IRSN EN 2005

- **7 juin.** Signature de la convention-cadre entre la Direction des relations du travail et l'IRSN définissant les conditions dans lesquelles l'IRSN apporte son appui technique à la DRT dans le domaine de la radioprotection des travailleurs ainsi que les modalités de lancement et d'exécution des actions d'appui technique.
- **29 juin.** Signature à La Seyne-sur-Mer de l'accord-cadre 2005 définissant les termes de la collaboration de l'IRSN et de l'Ifremer à des programmes nationaux et internationaux d'étude et de recherche en Méditerranée.

□ Optimiser l'utilisation des moyens disponibles

En 2005, l'IRSN a lancé une réflexion sur la valeur relative de ses activités d'appui technique aux pouvoirs publics. Une analyse de ses interventions au profit de la DGSNR a ainsi été engagée en collaboration avec celle-ci, afin d'orienter les moyens disponibles vers les activités produisant la plus forte valeur ajoutée.

LE CONTRAT D'OBJECTIFS ÉTAT-IRSN 2006-2009

Mis au point en 2005, le contrat d'objectifs quadriennal 2006-2009 a pour objet d'encadrer l'approche stratégique retenue pour permettre à l'IRSN de remplir pleinement ses missions et de définir ses objectifs scientifiques et techniques majeurs. Ce contrat structure les activités de l'IRSN autour des sept défis énumérés ci-dessous et explicite les objectifs à atteindre en termes d'efficacité des politiques et des instruments de gestion de l'Institut.

- Contribuer à assurer un haut niveau de sûreté et de radioprotection dans les installations existantes, jusqu'à la fin de leur vie.
- Disposer à temps des connaissances et des moyens de l'expertise nécessaire pour les installations nucléaires futures.
- Assurer la surveillance de l'exposition des travailleurs et du public aux rayonnements ionisants, et de la radioactivité sur le territoire national.
- Contribuer à la lutte contre la prolifération des armes nucléaires, biologiques et chimiques ainsi qu'à la maîtrise de la sécurité nucléaire et radiologique face au risque terroriste.
- Développer la capacité de réponse technique et de mobilisation de l'IRSN face au risque de crise radiologique majeure.
- Comprendre les effets de l'irradiation chronique de faible niveau.
- Développer la protection contre les rayonnements ionisants dans le secteur médical.

3. OUVRIR SON EXPERTISE AUX ATTENTES DE LA SOCIÉTÉ

□ Promouvoir la transparence

En 2005, l'IRSN a poursuivi la politique d'ouverture de son expertise à la société civile par différentes actions impliquant des associations, des partenaires sociaux ou d'autres instituts d'expertise. L'IRSN a intensifié ses relations avec les Commissions locales d'information (CLI) en répondant notamment à la sollicitation de l'Association nationale des commissions locales d'information (Ancli) à propos de la gouvernance de la gestion des déchets nucléaires, en menant des actions de terrain avec différentes CLI du bassin de la Loire et en participant au débat public sur le projet EPR tête de série à Flamanville, débat pour lequel l'IRSN a rédigé un « cahier d'acteur ». Dans cette contribution, l'IRSN rappelle qu'il est

impliqué dans une collaboration à ce sujet avec l'Ancli et le Groupement des scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire (GSIEN) et qu'il est prêt à poursuivre dans cette voie.

□ Contribuer à la formation en radioprotection

La formation en radioprotection des professionnels de la santé et des personnes exposées dans l'exercice de leur métier constitue une mission de l'IRSN. Afin de mieux s'en acquitter, l'Institut a doublé en 2005 le nombre de sessions organisées avec l'objectif de concilier la satisfaction des clients et la recherche de la qualité optimale, tant du point de vue du projet pédagogique que des méthodes développées pour l'incarner.

4. DÉVELOPPER LA DIMENSION EUROPÉENNE ET INTERNATIONALE

□ Contribuer à la recherche et à l'expertise européenne

En 2005, l'IRSN s'est attaché à répondre au dernier appel d'offres du 6^e PCRD de l'Union européenne en formulant 14 propositions.

Dans le cadre de la création d'un club des organismes techniques de sûreté, ces organismes fondateurs ont élaboré un programme de travail commun dans les domaines de l'évaluation de la sûreté des réacteurs et installations nucléaires, de l'identification des besoins de la recherche ainsi que de la gestion des connaissances scientifiques et techniques.

□ Promouvoir la sûreté et la sécurité nucléaires dans le monde

Parallèlement, l'Institut a lancé plusieurs programmes internationaux importants comme le programme TERME SOURCE, mené en collaboration avec plusieurs partenaires internationaux (Commission européenne, États-Unis, Canada, Corée du Sud, Suisse, etc.).

L'objectif de cette initiative est d'améliorer la connaissance des rejets susceptibles de se produire en cas d'accident grave avec fusion de cœur d'un réacteur de puissance.

L'IRSN a également renforcé sa contribution aux travaux de l'AIEA, notamment en détachant un nombre accru d'experts de la sûreté nucléaire, de la radioprotection et de la sécurité nucléaire auprès de l'Agence de Vienne, ainsi qu'à la coopération multilatérale menée au sein de l'OCDE/AEN (*voir encadré*). L'Institut participe par ailleurs à de grands programmes internationaux d'assistance, dans le cadre du Partenariat mondial G8 (PM G8), en contribuant à la préparation et à la réalisation d'actions décidées par la Russie et la France, comme la sécurisation de bases nucléaires, un meilleur suivi des sources radio-

actives, etc. Ceci vise notamment à éviter les risques de prolifération. L'IRSN participe également à des programmes internationaux destinés à améliorer la sûreté des installations nucléaires d'Europe de l'Est dans le cadre des programmes européens et de la Berd, notamment dans le cadre du partenariat avec la GRS.

ÉCLAIRAGE

L'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire (AEN) est une agence internationale qui regroupe 28 pays membres d'Europe, d'Amérique du Nord et de la région Asie-Pacifique. Les travaux de l'AEN sont réalisés dans le cadre de sept comités techniques permanents dont le Comité de sûreté des installations nucléaires (CSIN), auquel l'IRSN participe activement.

Le président du CSIN est L. HAHN, Directeur de GRS et le vice-président en est P. JAMET, Directeur général adjoint de l'IRSN.

Ce comité est constitué de groupes de travail spécialisés dans différentes disciplines (évaluation du risque, facteur humain, accidents graves, etc.) et pilote une quinzaine de projets de recherche financés et réalisés dans le cadre de coopérations entre les pays membres et au niveau de la Commission européenne. Parmi ces projets figurent les projets CABRI-Boucle à eau (combustible) et PRISME (propagation des feux) réalisés par l'IRSN, ROSA et PKL (thermohydraulique) effectués au Japon et en Allemagne et MCCI (interaction corium-eau) réalisé aux États-Unis. Ces trois programmes bénéficient d'une contribution française financée par l'IRSN.

L'IRSN en 2005, en quelques chiffres

Les activités de l'Institut

□ L'APPUI TECHNIQUE AUX POUVOIRS PUBLICS

688 avis techniques aux pouvoirs publics (hors activités intéressant la défense)

254 avis aux autorités de sécurité pour les activités intéressant la défense

□ L'ACTIVITÉ INTERNATIONALE

100 accords bilatéraux signés avec des organismes de recherche et d'expertise

15 pays concernés par ces accords

80 projets internationaux en cours

□ LA RECHERCHE

50 % du budget de l'IRSN consacré aux activités de recherche

144 publications dans des revues scientifiques, avec comité de lecture

□ LES RESSOURCES HUMAINES

1 675 personnes employées par l'IRSN, dont 67 mises à disposition de la DGSNR ou d'autres institutions

□ LE PATRIMOINE INTELLECTUEL DE L'IRSN

16 brevets français en vigueur (dont un en copropriété avec le CEA)

20 brevets en vigueur à l'étranger

158 logiciels et bases de données répertoriés, dont 24 en copropriété avec le CEA

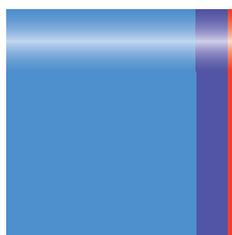
Le budget et sa répartition

Budget 2005



Dépenses fonctionnement/investissement :

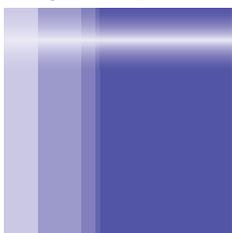
■ Fonctionnement 91 %
■ Investissement 9 %



Origine du financement :

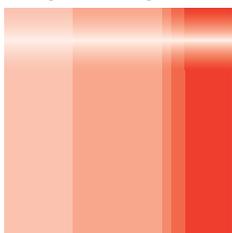
■ Subvention du programme LOLF 82 %
■ Autres ressources d'origine française 15 %
■ Ressources d'origine étrangère 3 %

Autres ressources d'origine française



■ Public 15 %
■ EDF, recherche et développement 19 %
■ Cogema, recherche et développement 6 %
■ CEA 2 %
■ Autres 58 %

Ressources d'origine étrangère



■ CCE 30 %
■ Riskaudit 39 %
■ GRS 4 %
■ Epri 6 %
■ Autres 21 %

Les faits marquants 2005



Janvier

□ **27_ Intervention de Jacques REPUSSARD**, Directeur général de l'IRSN, **sur le stockage réversible ou irréversible** dans les formations géologiques profondes lors d'une audition publique devant l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST).



Février

□ **15_ Lancement du système national d'information dosimétrique** SISERI qui centralise sur une base de données, accessible aux personnes autorisées, les informations sur la dosimétrie individuelle des 250 000 travailleurs exposés aux rayonnements ionisants en France.

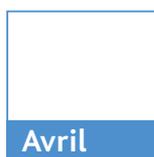
□ **21_ Signature du protocole de fonctionnement d'un groupe de travail technique** entre l'IRSN et Framatome ANP (Areva NP) relatif au projet ANTARES de réacteur à très haute température refroidi à l'hélium.



Mars

□ **16/17_ Rencontre à Londres d'une dizaine de membres du réseau interne Parties prenantes** de l'IRSN avec l'équipe Risk Policy Unit de Health & Safety Executive (HSE) dans le cadre d'un échange d'expériences innovantes d'implication des parties prenantes.

□ **16_ Attribution du prix Pierre Isoard à Davide GUERRA**, en récompense de ses travaux de thèse sur la modélisation du transfert d'un aérocontaminant dans un local ventilé en champ proche d'une source d'émission accidentelle.



Avril

□ **5_ Entrée de l'IRSN au Conseil national de sécurité civile**, qui émet des avis sur la prévention des risques, la veille, l'alerte, la gestion des crises et les actions de protection des populations.

□ **21_ Présentation à la presse des résultats du Baromètre 2004** de l'IRSN sur la perception des risques par la population française. Cette étude fait apparaître que les Français reconnaissent les efforts consacrés à la réduction de certains risques et la qualité du travail des experts scientifiques, mais comptent être mieux écoutés et bénéficier d'une information plus complète qui n'occulte pas les divergences d'interprétations.



Mai

□ **17_ Dépôt de brevet à l'INPI** sur l'utilisation d'un nouveau protocole d'analyse des actinides (uranium, plutonium et américium) dans les urines, destiné à optimiser la surveillance médicale des travailleurs exposés à un risque de contamination interne.

□ **20_ Inauguration, sur le site de Cadarache** (Bouches-du-Rhône), de deux nouvelles installations : AMANDE (accélérateur pour la métrologie et les applications neutroniques en dosimétrie externe) et EPICUR (études physico-chimiques de l'iode confiné sous rayonnement dans le cadre du programme TERME SOURCE).



Juin

□ **1^{er}_ Démarrage des campagnes expérimentales MOZART** (étude de l'oxydation des gaines de zircaloy en présence d'air) et BECARRE (étude de la dégradation des barres de commande en carbure de bore). L'une et l'autre sont associées au programme international de recherche TERME SOURCE.

□ **6_ Obtention de l'agrément de la Fédération de l'enseignement post-universitaire en radiologie** (Fepur) pour les formations en radioprotection des personnels médicaux et paramédicaux.



Juillet

□ **8** _ Ratification de la convention internationale sur la protection physique des matières nucléaires (CPPMN) à Vienne.

□ **21** _ Publication par l'Institut du rapport final du projet CAROL (Camargue-Rhône-Languedoc) relatif à l'observation et à l'étude de la radioactivité dans l'environnement.



Août

□ **12** _ Publication d'un nouvel arrêté préfectoral réglementant l'ensemble des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) de l'IRSN sur le site de Cadarache (Bouches-du-Rhône).



Septembre

□ **1^{er}** _ Lancement, en partenariat avec EDF et le CEA, du programme international TERME SOURCE, associant la Commission européenne, la Suisse, les États-Unis, le Canada et la Corée du Sud. Ce programme de recherche vise à réduire les incertitudes concernant l'évaluation des rejets de produits radioactifs dans l'environnement en cas

d'accident de fusion du cœur des réacteurs à eau.

□ **9/10** _ Exercice national de sécurité sur l'établissement Cogema de La Hague.

□ **13** _ Présentation à la presse des conclusions du programme scientifique et technique international IFA (Initiative franco-allemande) pour Tchernobyl, placé sous le copilotage de l'IRSN et de son homologue allemand la GRS.

□ **30** _ Gréement du Centre technique de crise (CTC) de l'IRSN par suite du déclenchement du plan d'urgence interne de la centrale nucléaire de Nogent-sur-Seine (Aube).



Octobre

□ **1^{er}** _ Participation de l'IRSN au débat public organisé à la Cité des sciences et de l'industrie à Paris sur le thème de l'entreposage de longue durée des déchets radioactifs.

□ **24/27** _ Organisation par l'IRSN d'une conférence aux Vaux de Cernay avec l'université d'Ulm et l'EBMT (European Cooperative Group for Blood and Marrow Transplantation) sur la prise en charge médicale en cas d'accident radiologique ou d'acte terroriste.

□ **27** _ Gréement du Centre technique de crise (CTC) de l'IRSN par suite d'un incident affectant le réacteur n° 3 de la centrale nucléaire du Blayais (Gironde).



Novembre

□ **3** _ Mise en service d'une nouvelle version du code de calcul ASTRAL, développé par l'IRSN et cofinancé par EDF. Ce code permet de quantifier les transferts d'éléments radioactifs dans les milieux agricole et forestier, dans l'hypothèse d'un accident nucléaire provoquant des rejets atmosphériques.



Décembre

□ **12/13** _ Présentation au groupe permanent d'experts de l'avis de l'IRSN sur le « Dossier 2005 Argile » relatif à la faisabilité du stockage géologique en formation argileuse. Le dossier a été préparé par l'Andra en application de la loi du 30 décembre 1991 sur la gestion des déchets radioactifs.

□ **15** _ Réalisation dans l'installation DIVA du premier essai sur la propagation d'incendie dans un environnement de laboratoires et d'usines (programme PICSEL). Les résultats de ce programme contribueront à valider les logiciels de simulation utilisés pour prévoir les conséquences d'un feu accidentel d'armoire électrique sur le confinement des matières radioactives.

Les missions de l'IRSN

Le décret de création de l'IRSN (n° 2002-254 du 22 février 2002) a fixé sept missions à l'Institut en matière de radioprotection et de sûreté nucléaire. Elles sont organisées en trois domaines :

RECHERCHE ET MISSIONS DE SERVICE PUBLIC



Définition et mise en œuvre de programmes de recherche nationaux et internationaux

L'IRSN définit et mène en propre (ou confié à d'autres organismes de recherche français ou étrangers) des programmes de recherche destinés à maintenir et développer les compétences nécessaires à l'expertise dans ses domaines d'activité. Certains programmes sont réalisés dans un cadre européen ou international.



Contribution à la formation en radioprotection

En tant qu'établissement de recherche et d'expertise, l'IRSN a vocation à contribuer à l'enseignement dans ses domaines de compétence : la sûreté et la sécurité nucléaires ainsi que la radioprotection. Les formations qu'il dispense en radioprotection s'adressent notamment aux professionnels de santé et aux personnes professionnellement exposées.



Veille permanente en matière de radioprotection

L'IRSN participe à la veille permanente en matière de radioprotection, notamment en concourant à la surveillance radiologique de l'environnement et en assurant la gestion et l'exploitation des données dosimétriques concernant les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. L'Institut gère également l'inventaire des sources de rayonnements ionisants.



Contribution à l'information du public et à la transparence

L'IRSN contribue à l'information du public sur les risques nucléaires et radiologiques par le biais de publications, d'Internet, d'une exposition itinérante conjointe avec la DGSNR, de colloques, etc. Dans un objectif de transparence dans le domaine de la gestion des risques nucléaires et radiologiques, l'Institut poursuit des actions avec les Commissions locales d'information (CLI). Elles visent à rendre accessibles les expertises et les études de l'IRSN et à impliquer les parties prenantes au sein de groupes d'expertise pluralistes consacrés aux enjeux techniques de sujets complexes ou controversés.

APPUI ET CONCOURS TECHNIQUE AUX POUVOIRS PUBLICS



Appui technique en matière de risque nucléaire et radiologique

L'IRSN apporte aux pouvoirs publics compétents en matière de sécurité nucléaire un appui technique dans le domaine du risque nucléaire et radiologique. Son intervention concerne les installations nucléaires civiles, les installations classées secrètes, les transports de substances radioactives, l'application des traités sur le contrôle des matières nucléaires et sensibles et la protection physique ainsi que la sécurité des applications industrielles et médicales. L'Institut procède dans les domaines de la sûreté et de la radioprotection à des travaux d'expertise, de recherche et développement, d'expérimentation et de développement de modèles, de codes et d'outils de calcul.



Appui opérationnel en cas de crise ou de situation d'urgence radiologique

En cas d'incident ou d'accident impliquant des sources de rayonnements ionisants, l'IRSN propose aux pouvoirs publics des mesures d'ordre technique, sanitaire et médical propres à assurer la protection de la population, des travailleurs et de l'environnement et à rétablir la sécurité des installations.

PRESTATIONS CONTRACTUELLES D'EXPERTISE, DE RECHERCHE ET DE MESURE

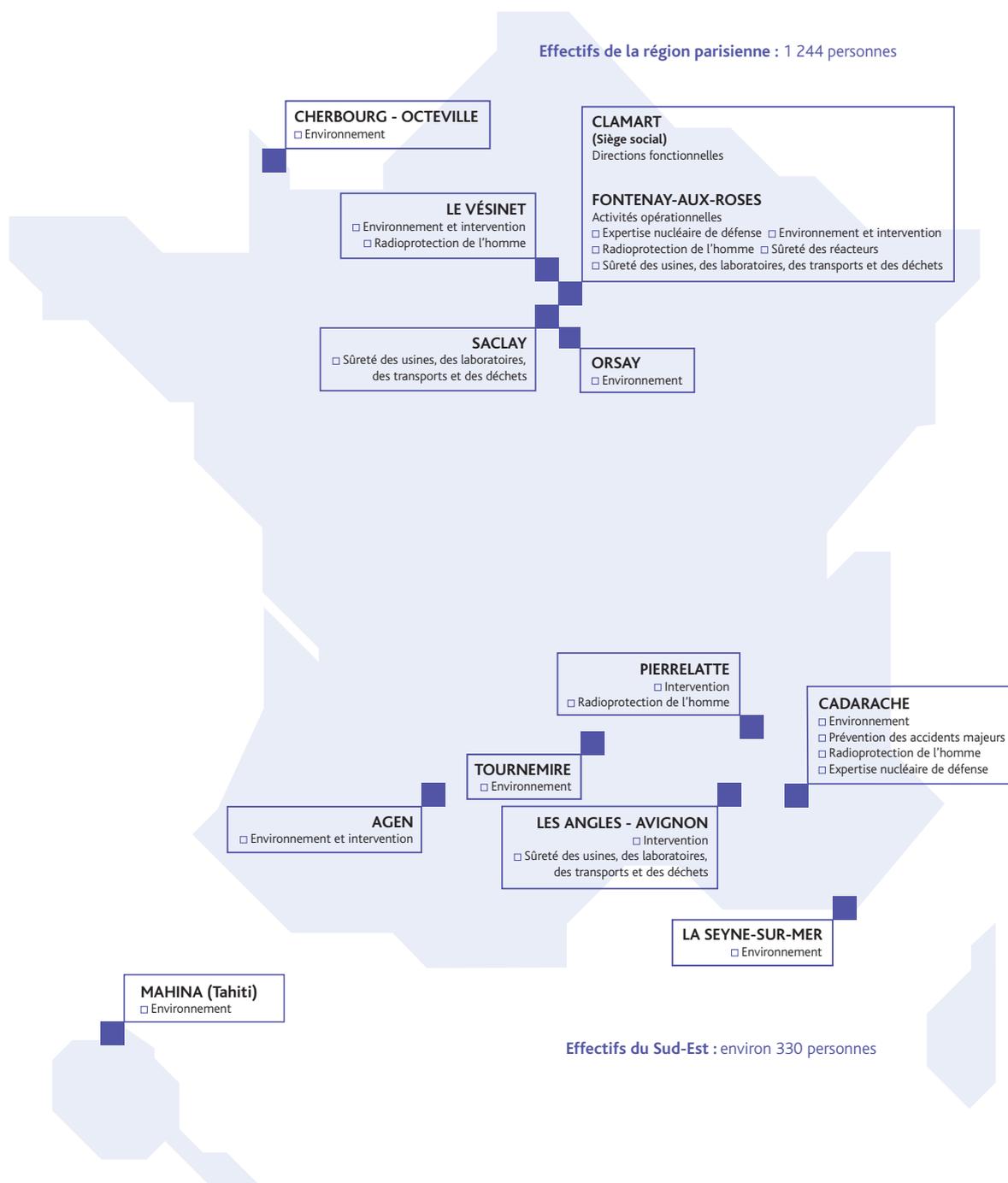


Réalisation d'expertises, de recherches et de travaux pour des organismes publics ou privés

L'IRSN réalise des prestations contractuelles d'expertise, de recherche et de travaux (analyses, mesures ou dosages) pour des organismes publics ou privés français, européens ou internationaux. L'Institut effectue par ailleurs des prestations de tierce expertise pour des installations classées pour la protection de l'environnement hors du secteur nucléaire.

Les implantations

Activités et effectifs



■ Retrouvez les coordonnées de l'ensemble de nos implantations sur le rabat de couverture à la fin du rapport.

Le conseil d'administration

Avril 2006

Le conseil d'administration se réunit au moins quatre fois par an. Il règle par ses délibérations les affaires de l'IRSN, conformément à l'article 10 de son décret constitutif, notamment les conditions générales d'organisation et de fonctionnement de l'établissement. Il délibère sur les programmes de l'Institut ainsi que sur le rapport annuel d'activité. Sur le plan financier, il approuve le budget, les décisions modificatives, le compte financier et l'affectation des résultats.

Le conseil d'administration de l'IRSN est composé de 24 membres : 10 représentants de l'État nommés par décret dont le directeur général à la sûreté nucléaire et à la radioprotection et le délégué à la sûreté nucléaire et à la radioprotection, six personnalités qualifiées également nommées par décret et choisies en raison de leur compétence dans le domaine d'activité de l'Institut, dont un député ou sénateur membre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques et huit représentants des personnels de l'établissement élus. Le mandat des membres du conseil d'administration est de cinq ans, renouvelable une fois pour les six personnalités qualifiées.

Cinq nouveaux administrateurs ont été nommés depuis 2005.

□ REPRÉSENTANTS DE L'ÉTAT

Patrick AUDEBERT

Chef de la mission nationale d'appui à la gestion du risque nucléaire, représentant le ministre chargé de la Sécurité civile

Jean-Denis COMBREXELLE

Directeur des relations du travail, représentant le ministre chargé du Travail

Guillaume SAINTENY

Directeur des études économiques et de l'évaluation environnementale, représentant le ministre chargé de l'Écologie et du Développement durable

Florence FOUQUET

Chargée de la sous-direction de l'industrie nucléaire à la direction générale de l'énergie et des matières premières, représentant le ministre chargé de l'Industrie

Dominique GOUTTE

Directeur du département énergie transports, environnement, ressources naturelles, représentant le ministre chargé de la Recherche

Marcel JURIE de la GRAVIÈRE

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

André-Claude LACOSTE

Directeur général de la sûreté nucléaire et de la radioprotection

Jocelyne BOUDOT

Sous-directrice de la gestion des risques des milieux, représentant le ministre chargé de la Santé et des Affaires sociales

Frédéric EYRIES

Inspecteur général de l'armement, représentant le ministre chargé de la Défense

Le représentant de la direction du budget est en cours de nomination.

□ ADMINISTRATEURS SALARIÉS

Mireille ARNAUD, Hervé BOLL, Betty CATANIA, Jean-Marc DORMANT, Thierry FLEURY, Dominique MARTINEAU, Xavier MOYA, François ROLLINGER

□ PERSONNALITÉS QUALIFIÉES

Jean-François LACRONIQUE

Professeur de médecine, sur proposition du ministre chargé de la Santé, président du conseil d'administration

Claude BIRRAUX

Vice-président de l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques

Jean-Marc CAVEDON

Directeur du département de recherche d'énergie nucléaire et de sûreté de l'Institut Paul Scherrer en Suisse, sur proposition du ministre chargé de la Recherche

Maurice LAURENT

Ancien Directeur de service à l'Assemblée nationale, sur proposition du ministre chargé de l'Industrie

Jean RANNOU

Général d'armée aérienne, sur proposition du ministre chargé de la Défense

La personnalité qualifiée proposée par le ministère de l'Écologie et du Développement durable est en cours de nomination.

□ PERSONNALITÉS PRÉSENTES DE DROIT

Thierry TROUVÉ

Directeur de la prévention des pollutions et des risques, Commissaire du gouvernement

Daniel RACINET

Contrôleur d'État

Jacques REPUSSARD

Directeur général

Michel BRIÈRE

Directeur général adjoint, délégué pour les missions de l'IRSN dans les domaines relevant de la défense

Jean-Claude DALE

Agent comptable

Philippe BOURACHOT

Secrétaire du comité d'entreprise

Le conseil scientifique

Avril 2006

L'IRSN est doté d'un conseil scientifique dont les missions sont définies par le décret de création de l'Institut. Le conseil donne un avis sur les programmes de l'Institut, évalue leurs résultats et peut formuler toute recommandation sur l'orientation des activités de l'établissement. Ses avis ou recommandations sont transmis au conseil d'administration et aux ministres de tutelle. Le conseil donne un avis sur le rapport d'activité de l'Institut, il peut être consulté par le président du conseil d'administration ou par les ministres de tutelle sur toutes recherches dans les domaines de compétences de l'établissement. Son avis peut être sollicité sur toute question ou réalisation engageant l'IRSN. Au cours de l'année 2005, le conseil scientifique a tenu deux réunions plénières (en mai et en novembre) au cours desquelles il a notamment rendu son avis sur le Rapport annuel d'activité 2004 et sur le Rapport scientifique et technique 2005.

Ces réunions ont aussi permis la visite de certaines installations (comme CABRI et AMANDE à Cadarache ou les installations du DEI/SARG à Fontenay-aux-Roses) et ont été l'occasion pour le conseil de prendre progressivement connaissance de tous les aspects des programmes et de l'organisation de la recherche de l'IRSN. Ainsi qu'il est prévu dans le règlement intérieur du conseil, des évaluations plus spécifiques sont menées par des commissions créées à l'initiative conjointe du conseil et de l'IRSN. La commission consacrée aux études et recherches effectuées par l'Institut sur le stockage profond des déchets radioactifs a tenu sa première réunion le 21 septembre 2005 et doit poursuivre ses travaux au premier trimestre 2006. Une deuxième commission, consacrée aux travaux de l'IRSN visant à reconstituer les retombées en France de l'accident de Tchernobyl, mènera ses travaux début 2006.

Le conseil scientifique est composé de 12 personnalités choisies en fonction de leur compétence scientifique ou technique, nommées pour cinq ans par arrêté conjoint des ministres de tutelle du 6 juillet 2004.

Président : Michel QUINTARD

Directeur de recherche CNRS à l'Institut de mécanique des fluides de Toulouse, sur proposition du ministre chargé de la Recherche

Bernard SEVESTRE

Ingénieur général de l'armement, directeur adjoint au Commissariat à l'énergie atomique, sur proposition du ministre chargé de la Défense

Martin SCHLUMBERGER

Professeur de médecine, chef de service à l'Institut Gustave Roussy, sur proposition du ministre chargé de la Défense

Ethel-Esther MOUSTACCHI

Directrice scientifique auprès du Haut-commissaire à l'énergie atomique, sur proposition du ministre chargé de l'Environnement

Victor TESCHENDORFF

Chef de département à la Gesellschaft für Anlagen-und Reaktorsicherheit (GRS, Allemagne), sur proposition du ministre chargé de l'Environnement

André AURENGO

Professeur de médecine, chef de service à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière, sur proposition du ministre chargé de la Santé

Jean-Marc COSSET

Professeur de médecine, chef de département à l'Institut Curie, sur proposition du ministre chargé de la Santé

George YADIGAROGLU

Professeur d'ingénierie nucléaire à l'Institut fédéral suisse de technologie, sur proposition du ministre chargé de l'Industrie

André PINEAU

Professeur à l'École des mines de Paris, sur proposition du ministre chargé de l'Industrie

Philippe LECONTE

Physicien, ancien directeur du programme de recherche de gestion des déchets radioactifs au CEA, sur proposition du ministre chargé de la Recherche

René AMALBERTI

Professeur de médecine, chef de département à l'Institut de médecine aérospatiale, sur proposition du ministre chargé du Travail

Lars-Erik HOLM

Professeur de médecine, directeur général de l'Autorité suédoise de protection contre les radiations, sur proposition du ministre chargé du Travail

L'organigramme

Avril 2006

CONSEIL D'ADMINISTRATION



Jean-François LACRONIQUE, Président

DIRECTIONS FONCTIONNELLES



□ Direction de la stratégie, du développement et des relations extérieures

Michel BOUVET*, Directeur

Directeur adjoint délégué aux relations extérieures :

Jean-Bernard CHÉRIÉ

Directeur adjoint délégué aux programmes :

Yves SOUCHET

- Programmes de recherche
- Programmes d'expertise
- Ouverture à la société
- Relations internationales
- Secrétariat des groupes permanents



□ Direction de l'évaluation scientifique et technique et de la qualité

Joseph LEWI, Directeur

- Enseignements de radioprotection
- Évaluation et animation scientifique
- Management de la qualité
- Hygiène, sécurité et protection de l'environnement
- Ingénierie de la connaissance scientifique et technique
- Ressources en information scientifique



□ Secrétariat général

Jean-Baptiste PINTON, Secrétaire général

- Affaires financières
- Ressources humaines
- Relations commerciales et appui juridique
- Gestion de l'immobilier et services généraux
- Administration de systèmes d'information



□ Direction de la communication

Marie-Pierre BIGOT, Directrice

- Communication interne
- Information et relations avec les médias
- Programmes et relations avec les publics

* À compter du 1^{er} janvier 2006.

SERVICES GÉNÉRAUX



Agence comptable

Jean-Claude DALE, Agent comptable

DIRECTION GÉNÉRALE



Jacques REPUSSARD, Directeur général



Michel BRIÈRE, Directeur général adjoint délégué pour les missions de l'IRSN dans les domaines relevant de la défense



Philippe JAMET, Directeur général adjoint pour les affaires générales

DIRECTIONS OPÉRATIONNELLES



□ Direction de l'expertise nucléaire de défense

Jérôme JOLY, Directeur

- Application des contrôles internationaux
- Appui technique aux pouvoirs publics et études
- Évaluation de la sûreté dans le domaine de la défense
- Sécurité des installations nucléaires



□ Direction de la radioprotection de l'homme

Patrick GOURMELON, Directeur

- Études et expertise en radioprotection
- Radiobiologie et épidémiologie
- Dosimétrie externe
- Dosimétrie interne



□ Direction de l'environnement et de l'intervention

Didier CHAMPION, Directeur

- Étude du comportement des radionucléides dans les écosystèmes
- Étude et surveillance de la radioactivité dans l'environnement
- Analyse des risques liés à la géosphère
- Traitement des échantillons et métrologie pour l'environnement
- Intervention et assistance en radioprotection
- Situations d'urgence et organisation de crise



□ Direction de la sûreté des réacteurs

Martial JOREL, Directeur

- Réacteurs à eau sous pression
- Réacteurs refroidis au gaz, à neutrons rapides et d'expérimentation
- Matériels et structures
- Systèmes et risques
- Thermohydraulique, cœur et conduite des installations
- Accidents graves et conséquences radiologiques
- Facteurs humains



□ Direction de la prévention des accidents majeurs

Michel SCHWARZ, Directeur

- Études et recherches expérimentales sur les accidents
- Instrumentation et ingénierie expérimentales
- Études et modélisation du combustible en situations accidentelles
- Études et modélisation de l'incendie, du corium et du confinement

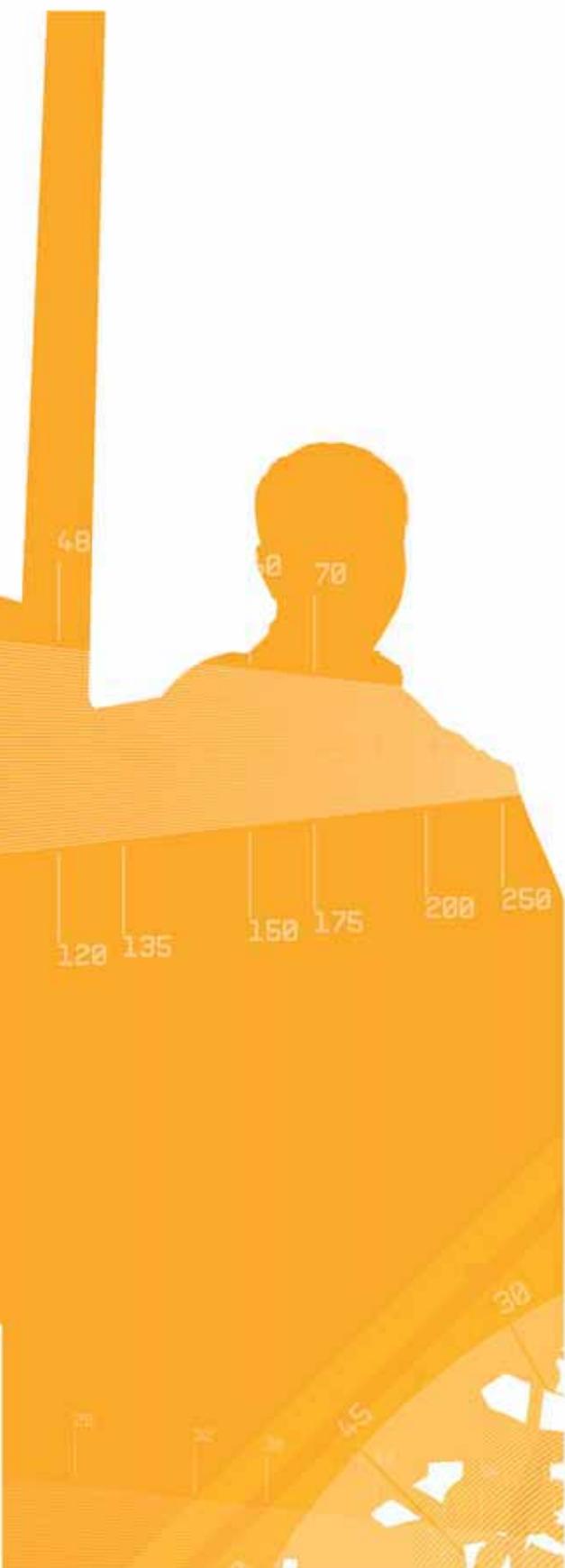


□ Direction de la sûreté des usines, des laboratoires, des transports et des déchets

Thierry CHARLES, Directeur

- Transports et installations du cycle du combustible
- Laboratoires, irradiateurs, accélérateurs et réacteurs à l'arrêt définitif
- Déchets radioactifs
- Risques industriels, incendie et confinement
- Criticité
- Aérodispersion des polluants





[2]

PILOTAGE ET SUPPORT

PILOTAGE ET SUPPORT

Afin de renforcer la qualité, la pertinence et la lisibilité des actions menées au quotidien par ses équipes aux plans scientifique, technique et opérationnel, l'IRSN assure un ensemble de fonctions transversales dans les domaines de l'excellence scientifique et technique, de la sécurité et de la santé au travail, de la qualité, de la communication et des ressources humaines.

L'Institut évalue les risques professionnels auxquels sont exposés ses salariés, en tenant compte des évolutions du cadre légal et réglementaire dans ce domaine. Il développe un système de management par la qualité visant à obtenir la certification ISO 9001 à l'horizon 2007 et poursuit une démarche de communication destinée à accroître la notoriété de ses activités et compétences. Enfin, l'Institut s'attache à toujours améliorer l'efficacité de ses salariés par des actions de formation et de gestion des carrières.

23

Excellence scientifique et technique

28

Qualité

30

Sécurité et santé au travail

33

Communication de l'IRSN

36

Ressources humaines, au service du développement de l'IRSN

Excellence scientifique et technique

La politique d'excellence scientifique et technique de l'IRSN est fondée sur la promotion de cette excellence, sur la mise en place d'un système d'évaluation scientifique et technique de l'ensemble des activités de l'Institut, et sur la valorisation des activités contribuant à la notoriété de l'IRSN. Dans le domaine de l'ingénierie de la connaissance scientifique et technique, les activités de l'IRSN s'articulent autour de deux axes principaux : l'information scientifique et technique et la gestion des archives. En 2005, plusieurs actions ont été lancées afin de faciliter et d'élargir l'accès à la documentation scientifique et technique dont les ingénieurs et chercheurs de l'IRSN ont besoin pour remplir leurs missions.

23 accords signés avec les universités, les écoles ou le CNRS

11 km d'archives

Le COXST, comité dédié à l'excellence scientifique et technique

Mis en place en 2005, ce comité est une instance de discussion, d'examen et de suivi des orientations en matière de politique d'excellence scientifique et technique, des recommandations résultant des évaluations scientifiques et techniques réalisées par l'Institut ou par le Conseil scientifique, et des actions en matière de communication scientifique. Sa compétence s'applique, au sein de l'IRSN, aux actions associées à la promotion, à l'évaluation et à la reconnaissance de l'excellence des activités et équipes de l'Institut.

Mise en œuvre du programme d'excellence scientifique et technique

Ce programme mis en place dès 2004 regroupe les actions à caractère transversal ou générique qui concourent à la recherche de l'excellence dans les programmes de l'IRSN et à la promotion et la valorisation de ses compétences et de ses travaux. Son contenu porte sur des activités spécifiques qui ne se retrouvent pas dans les autres programmes de l'Institut :

- ▣ la formation par la recherche et l'enseignement ;
- ▣ l'animation scientifique ;
- ▣ l'évaluation scientifique et technique ;
- ▣ la communication scientifique et technique ;
- ▣ la recherche exploratoire.

Évaluations « ciblées » à caractère pilote

Une évaluation « ciblée » consiste à examiner d'un œil indépendant une activité particulière afin d'en avoir une image assez pertinente pour permettre de formuler un avis et des recommandations. L'évaluation peut porter sur toute activité à caractère scientifique ou technique de l'IRSN (prestation, expertise, recherche, étude). Elle fait appel à des experts n'ayant pas été impliqués dans l'activité concernée et, dans la mesure du possible, externes à l'Institut.



Le directeur de l'évaluation scientifique et technique entouré de trois de ses collaborateurs.

Des actions à caractère pilote ont été lancées sur différents sujets afin d'établir le type de questionnement et les modalités pratiques des évaluations menées en concertation avec les équipes concernées : les résultats d'un programme de recherche, la réorientation de celui-ci, des collaborations scientifiques, une expertise de sûreté, une équipe, etc. Ces évaluations pilotes ont permis de tester la démarche et de tirer des enseignements pour de futures évaluations. Elles ont montré que la phase de cadrage réalisée par l'évaluation avec l'équipe concernée est essentielle pour bien définir les éléments à prendre en compte afin que celle-ci en tire bénéfice. Elles ont également mis en lumière la distinction entre une évaluation scientifique et celle des choix stratégiques pour un programme, de même que la difficulté d'évaluer une activité d'expertise sans verser dans la contre-expertise.

Les directions ont proposé en fin d'année une quinzaine de sujets qui pourraient faire l'objet d'une évaluation scientifique et technique en 2006-2007.

Évaluation scientifique et technique globale : mise en place d'indicateurs

Les indicateurs visent à remplir une triple fonction : constituer des outils internes en vue d'atteindre des objectifs d'amélioration, servir à positionner l'IRSN par rapport à l'extérieur, et enfin contribuer à la reconnaissance de la qualité scientifique et technique de sa production.

Un recueil de critères très complet a été établi en vue de définir des indicateurs permettant de suivre les évolutions en matière d'excellence scientifique et technique, tant au niveau des unités qu'au niveau de la direction générale.

Les indicateurs destinés à l'évaluation scientifique et technique doivent être cohérents avec ceux préparés dans le cadre de la Loi organique relative aux lois des finances (LOLF) ou du contrat d'objectifs. Par ailleurs, l'Institut a pris rang pour participer activement à un projet de production d'indicateurs à caractère comparatif sur la recherche nationale.

Mise en œuvre d'une animation scientifique et technique transverse

L'animation scientifique et technique interne vise à mutualiser les connaissances et à mieux identifier, coordonner et exploiter les actions transversales aux



L'échelon central de la Division d'ingénierie de la connaissance scientifique et technique.

unités opérationnelles. Un premier groupe d'animation traitant des codes d'interaction rayonnement-matière a été mis en place en 2005 dans le cadre de l'utilisation de codes Monte Carlo.

Les objectifs de ce groupe ont été définis en cinq points lors du séminaire de lancement tenu en septembre :

- identifier, apprendre et mettre en œuvre les meilleures méthodes et pratiques ;
- mutualiser et maintenir les compétences techniques ;
- accroître la maîtrise de l'utilisation des codes de calcul ;
- sensibiliser aux procédures et aux méthodes de validation des résultats de calcul ;
- préparer le futur.

Recherche exploratoire : définition et modalités d'application

Favoriser l'expression de la créativité des chercheurs au bénéfice des programmes futurs de l'IRSN, tel est l'objectif de la recherche exploratoire. Sur ce sujet, l'Institut a réuni à partir d'octobre 2005 un groupe de travail composé de représentants des différentes directions. Ce groupe a élaboré une définition de la recherche exploratoire ainsi que des modalités de proposition, de sélection et de mise en œuvre de propositions.

Relations avec les universités et les organismes scientifiques

Elles sont essentielles pour un organisme de recherche comme l'IRSN. En effet, bien qu'orientées vers l'acquisition de connaissances en relation avec l'expertise, les recherches de l'Institut doivent pouvoir être soumises à l'appréciation d'experts extérieurs à des fins d'analyse critique, d'évaluation et d'apport d'idées nouvelles. Les relations avec les universités sont un moyen privilégié de faire évoluer et d'améliorer les compétences de l'IRSN. En permettant aux agents de l'Institut d'intervenir dans les formations dispensées par les universités et les grandes écoles, ces relations contribuent à faire connaître l'Institut, à y attirer des jeunes et à remplir sa mission de formation.

Les études développées en commun avec les universités, les grandes écoles et les laboratoires du CNRS s'accompagnent de la signature d'accords de collaboration portant sur des recherches communes et sur l'accueil de stagiaires. En 2005, des conventions de collaboration ont été signées avec différentes universités ou écoles (*voir Focus ci-contre*). Dans le cadre d'un accord national de coopération conclu en 2003, 11 accords spécifiques ont ainsi été signés avec différents laboratoires du CNRS. Ils portent sur des sujets variés comme la spectrométrie de masse à hautes températures, le fluage en traction des bétons, l'analyse du comportement thermomécanique de gaines de combustibles, la modélisation du transfert radiatif dans un milieu poreux, etc.

Réflexion sur une politique en matière de publications

Une réflexion a été menée sur la politique de l'IRSN en matière de publications scientifiques et techniques. L'Institut se doit de publier dans des revues scientifiques approuvées, correspondant à ses champs de compétence, qu'il s'agisse de recherche ou d'expertise, pour valoriser les résultats obtenus. Le temps nécessaire à cette activité doit être prévu dans ses programmes.

Accords signés en 2005 entre l'IRSN et les universités, les écoles ou le CNRS

FOCUS

Accords-cadres de collaboration avec :

- l'université de la Méditerranée Aix-Marseille 2 – 11 août 2005
- l'université Joseph Fourier de Grenoble – 17 octobre 2005
- l'université Paris XII – 17 novembre 2005

Accords spécifiques de collaboration avec :

- l'université de Harvard – 17 janvier 2005
- l'École des mines de Saint-Etienne – 20 octobre 2005
- l'École nationale supérieure de chimie de Paris – 18 novembre 2005

Six accords spécifiques avec les laboratoires d'Armines

Accords spécifiques avec des laboratoires du CNRS :

- IMF (Institut de mécanique des fluides) de Toulouse – 9 février 2005
- Département génie civil et bâtiment de l'ENTPE (École nationale des travaux publics d'État) de Vaulx-en-Velin – 10 mars 2005
- Géosciences Azur – 21 mars 2005
- LaMCoS (Laboratoire de mécanique des contacts et des solides) de l'INSA (Institut national des sciences appliquées) de Lyon – 22 avril 2005
- EM2C (Laboratoire énergétique moléculaire et macroscopique, combustion) de l'École centrale de Paris – 23 mai 2005
- CEREGE (Centre de recherche en sciences de gestion) de Poitiers – 27 juillet 2005
- LPM2C (Laboratoire de physique et modélisation des milieux condensés) de Grenoble – 9 août 2005
- LSGC (Laboratoire des sciences du génie chimique) de Nancy – 23 août 2005
- LMGC (Laboratoire de mécanique et génie civil) de Montpellier – 29 août 2005
- LTCPM (Laboratoire de thermodynamique et de physico-chimie métallurgiques) de l'École nationale supérieure d'électrochimie et d'électrometallurgie de Grenoble – 18 novembre 2005
- LMT (Laboratoire de mécanique et technologie) de l'École normale supérieure de Cachan – 29 novembre 2005

[FOCUS]

Formation par la recherche : des résultats encourageants



Une collaboration efficace entre universitaire et chercheur.

L'encadrement des thèses est une occasion pour l'IRSN d'entretenir des relations étroites avec le monde universitaire, dans la mesure où la plupart des thèses préparées au sein de l'Institut sont dirigées par des chercheurs qui lui sont extérieurs. Aussi l'IRSN a-t-il engagé dès 2004 un effort dans le domaine de la formation par la recherche. Cet effort commence à porter ses fruits, puisque 27 nouveaux doctorants ont été accueillis en 2005, contre 18 en 2004. Dans le même temps, une vingtaine de docteurs récemment diplômés complètent leur formation dans le cadre d'un stage post-doctoral à l'IRSN. Une proportion non négligeable d'entre eux sera ensuite recrutée par l'Institut⁽¹⁾.

En outre, l'Institut encourage ses chercheurs à soutenir l'habilitation à diriger les recherches (HDR), manifestant ainsi sa volonté d'ouverture vers le monde de la recherche universitaire. En 2005, trois nouvelles HDR ont été délivrées à des chercheurs de l'IRSN.

(1) Sur 8 thésards ayant soutenu en 2004, 4 ont été embauchés par l'IRSN.

Formation par la recherche, enseignements réalisés et publications : mise en place de bilans annuels

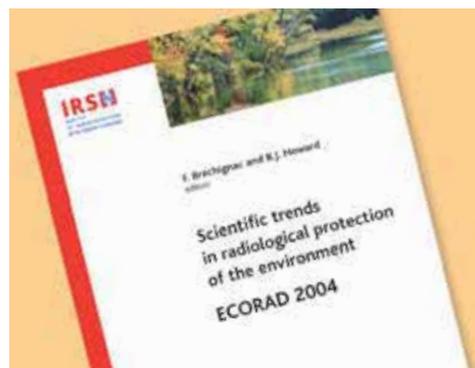
L'IRSN a mis en place une organisation permettant d'établir des bilans annuels en matière de formation par la recherche, d'enseignements réalisés et de publications. Plusieurs des chiffres présentés dans ce rapport annuel proviennent de ces bilans. (voir Focus ci-contre)

Communication scientifique : restructuration du site web scientifique de l'IRSN

Le site Internet scientifique de l'IRSN (www.irsn.org/net-science) a pour vocation de faire connaître les équipes et les travaux de l'Institut à la communauté scientifique. En 2005, sa structure a été revue et son graphisme amélioré pour une lisibilité accrue et un accès simplifié aux informations. Cette refonte, effective en juillet, a produit ses premiers résultats positifs avec une fréquentation en hausse de 40 % entre 2004 et 2005.

Édition scientifique : deux livres publiés en 2005

L'IRSN édite une collection d'ouvrages scientifiques. Traduction d'une publication de la CIPR parue à la fin de 2004, le guide pour les médecins praticiens intitulé *Vos patients et les rayons* a connu un vrai succès avec 4 000 livres diffusés sur demande au monde médical. Deux autres livres ont été publiés en 2005. Le premier est une traduction en français de la publication 91 de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) intitulée *Cadre*



Des publications pour partager les connaissances scientifiques de l'IRSN.

méthodologique pour évaluer l'impact des rayonnements ionisants sur les espèces non humaines (collection Lignes directrices). Le second, intitulé *Scientific trends in radiological protection of the environment*, rassemble les contributions des orateurs invités au congrès Ecorad 2004.

Archives de l'IRSN : achèvement de l'inventaire

L'inventaire des archives a pris fin en 2005 avec la constitution d'une base de données permettant d'effectuer des recherches dans les 11 km d'archives de l'Institut et l'acquisition d'un nouveau logiciel de gestion des archives. Des historiens exploitent ainsi dès à présent les archives historiques de l'IRSN. Une réflexion est également engagée sur l'archivage électronique.

Un accès électronique élargi à la documentation scientifique et technique

À la disposition de l'ensemble du personnel, le Centre de ressources en information scientifique (CRIS) a étendu la mise à disposition du texte intégral de documents scientifiques et techniques à plusieurs centaines de revues électroniques pour l'ensemble de l'Institut. Deux nouvelles bases de données bibliographiques – dont une avec texte intégral – ont été mises en ligne.

Entre autres informations, la nouvelle base de données bibliométriques du CRIS précise désormais le facteur d'impact des revues scientifiques inter-



Des recherches d'archives facilitées par une base de données.

nationales, aidant ainsi les chercheurs à publier dans les meilleures conditions. Le portail d'interrogation des bases de données Dialog a été amélioré, quatre bases de brevets ont été ajoutées et six normes Afnor de référence sont consultables en ligne. Ces informations sont accessibles à l'ensemble du personnel via intranet. Par ailleurs, un nouveau logiciel de gestion documentaire permettra de consulter les références du fonds documentaire du CRIS dans l'intranet.

Le CRIS a fait connaître les outils et services qu'il propose aux différentes directions au moyen de présentations et d'un mini-guide diffusé à 500 exemplaires.

Projet de capitalisation des connaissances scientifiques et techniques : lancement de la phase préparatoire

L'objectif du projet est de mettre en place un outil qui permettra à chaque salarié de l'IRSN de trouver rapidement, dans l'ensemble des documents produits par l'Institut, celui dont il peut avoir besoin pour l'exercice de ses activités, dans le respect des règles d'accessibilité et de diffusion de l'information. En 2005, l'Institut a réalisé la phase préparatoire du projet en produisant trois rapports intitulés respectivement : *Inventaire des outils et projets existants en gestion des connaissances*, *Proposition d'une stratégie pour un système de gestion des connaissances et analyse du besoin et faisabilité du projet de capitalisation* : périmètre, architecture fonctionnelle et organisation.



Les documents scientifiques et techniques disponibles pour l'ensemble du personnel.

Qualité

Lancé à l'été 2003, le projet Certification de l'IRSN se poursuit avec l'objectif d'obtenir la certification ISO 9001 à l'horizon 2007. La « pose des fondations » du système de management par la qualité de l'Institut a été achevée en 2005, permettant d'engager la construction des macro-processus (qui représentent les grands axes d'activité de l'Institut) et celle de leurs processus constitutifs.

La construction des macro-processus de l'IRSN repose sur un travail de description des processus d'autant plus important que les missions qu'ils contribuent à réaliser impliquent en parallèle plusieurs directions de l'Institut. Il comporte les étapes suivantes :

- > l'examen de l'ensemble des activités des unités de l'IRSN et ventilation de celles-ci dans les 17 macro-processus de l'Institut (voir schéma ci-dessous) ;
- > l'identification des interfaces entre macro-processus ;

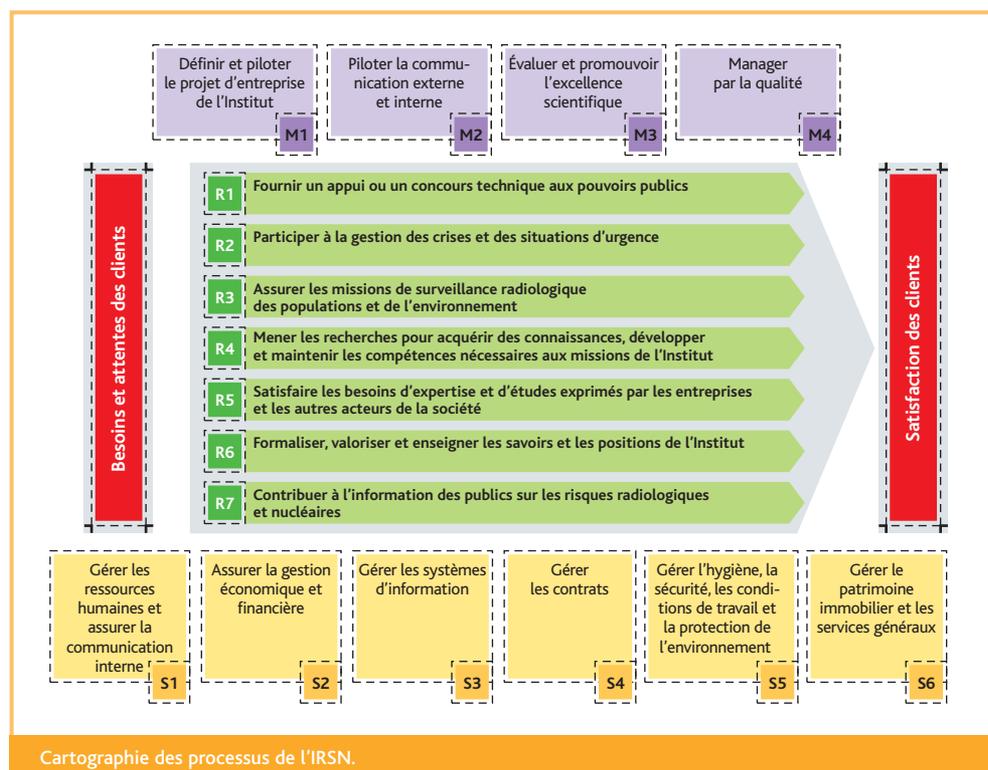
- > la définition, pour chaque macro-processus, de ses processus constitutifs ;

- > la définition d'objectifs à la fois pertinents et réalistes, puis d'indicateurs permettant d'apprécier l'atteinte de ces objectifs ;

- > l'identification des points critiques pour le fonctionnement des processus et définition des dispositions de maîtrise associées.

On notera également les actions suivantes réalisées en 2005 :

- > la poursuite de l'effort de formation et de communication, notamment par la réalisation de trois demi-



[FOCUS]

Démarche pour une accréditation « organisateur de comparaisons interlaboratoires »



Laboratoire des étalons et des intercomparaisons de l'IRSN.

Le Service de traitement des échantillons et de métrologie pour l'environnement de l'IRSN (Steme) a obtenu en 2005 le maintien de ses accréditations « Cofrac Essais » et l'extension qu'il avait demandée concernant la détermination des isotopes de l'uranium dans les eaux,

selon le référentiel de la norme NF EN ISO/CEI 17025, pour les programmes 135 et 99-4.

La démarche a été poursuivie en vue d'une accréditation du Steme par le Cofrac en 2006 comme « organisateur de comparaisons interlaboratoires ». Pour mieux répondre aux critères de la norme, les laboratoires dédiés à cette activité ont été réaménagés, et un logiciel spécifique de gestion des essais interlaboratoires a été développé. Après un audit à blanc en juin 2005, le dossier de demande initiale d'accréditation a été déposé auprès du Cofrac en juillet. Cette accréditation sera la reconnaissance de la compétence organisationnelle et technique de l'IRSN dans le domaine.

L'accréditation Cofrac offre aux clients une garantie de confiance dans les prestations effectuées. Signataire de l'accord multilatéral européen de reconnaissance mutuelle pour les essais, les étalonnages et la certification, ainsi que pour des accords internationaux équivalents, le Cofrac est aussi un passeport pour l'exportation.

Ces démarches d'accréditation sont compatibles avec la démarche de certification de l'IRSN. En effet, les exigences relatives au système de management contenues dans la norme NF EN ISO/CEI 17025 satisfont aux principes de l'ISO 9001 version 2000.

jours d'information sur le management par la qualité sur les principaux sites de l'Institut, le début d'une campagne de stages de « formation à être audité » visant à préparer les agents à l'audit de certification, la diffusion au personnel d'une plaquette présentant les principaux aspects du projet « certification » et d'une première édition du manuel qualité de l'IRSN, et enfin la diffusion d'un bulletin trimestriel d'information du personnel sur l'avancement du projet ;

➤ la réalisation, le 30 novembre 2005, d'une revue de direction de l'IRSN, précédée de revues de direction des unités (directions et services) de l'Institut. Ces revues ont permis d'élaborer les plans d'action 2006 aux différents niveaux hiérarchiques. Ces plans couvrent la phase du projet, allant du deuxième semestre 2005 jusqu'à l'audit « à blanc » (automne 2006), qui devrait être l'occasion d'une évaluation globale du système de management par la qualité mis en place avant le dépôt du dossier de certification.

LES AUDITS « QUALITÉ » EN 2005

Une trentaine d'audits internes, dont sept transversaux concernant plusieurs directions de l'Institut, ont été réalisés à l'IRSN en 2005. Les programmes d'audit seront désormais élaborés de façon à auditer au moins une fois chacun des quelque 100 processus constitutifs de l'Institut en trois ans.

De plus, la formation des nouveaux auditeurs recrutés en 2004 a été presque entièrement réalisée. Certains ont déjà participé à des audits.

Sécurité et santé au travail

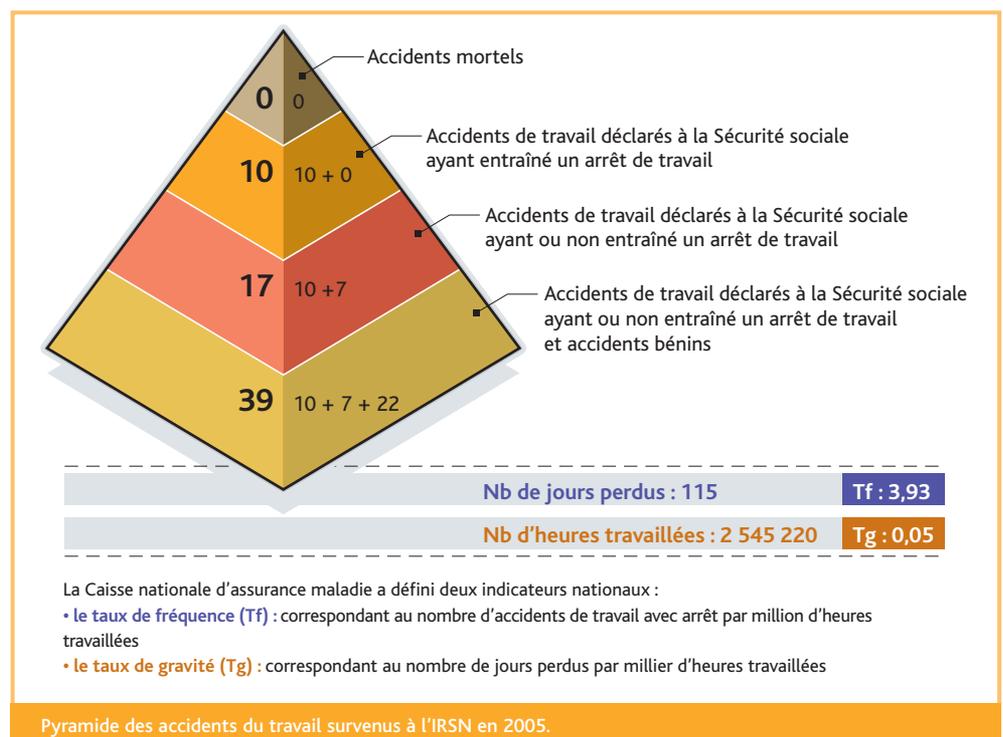
La sécurité, les conditions de travail et la santé au travail constituent des priorités pour l'IRSN. La politique de l'Institut dans ce domaine, diffusée à l'ensemble du personnel en mai 2005⁽²⁾, se décline dans un programme de prévention annuel élaboré sur la base de l'évaluation des risques professionnels et de l'analyse des évolutions du cadre légal et réglementaire.

Risques professionnels

L'identification et les résultats de l'évaluation des risques auxquels les salariés sont soumis à leurs postes de travail ont été retranscrits dans un document unique sur chaque site d'implantation de l'IRSN. L'évaluation tient compte de l'ensemble des risques et notamment des expositions aux rayonnements ionisants et aux produits chimiques cancérigènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction. Les chefs d'unité s'appuient sur ce document pour mettre en place des actions de prévention, y compris en termes de formation du personnel, de travaux ou d'achat d'équipements de protection individuelle.

Mise à jour des fiches d'exposition individuelle

L'évaluation des risques a conduit l'IRSN à actualiser le contenu de la fiche d'exposition individuelle des salariés, qui comprend dorénavant les informations relatives aux expositions accidentelles. Cette fiche permet au médecin du travail d'effectuer la surveillance médicale préventive adaptée aux spécificités de chaque poste de travail. Conservée dans le dossier médical du salarié après son départ, elle permet également de reconstituer un historique de son exposition professionnelle.



(2) Plaquette diffusée en interne et mise sur l'intranet HSE.

Mise à niveau des installations : un investissement de 4,9 M€ en 2005

Des travaux de mise à niveau aux plans technique et réglementaire ont été menés dans les installations les plus exposées aux risques électriques et aux risques d'incendie. Au Vésinet notamment, ces travaux ont permis de mettre en conformité les installations électriques et la ventilation des laboratoires de métrologie des radionucléides dans l'environnement.

Pour l'ensemble des installations de l'IRSN, le repérage de la présence d'amiante et de l'état des matériaux a été réalisé par des organismes spécialisés. Ce diagnostic, qui a conduit à la constitution des dossiers techniques « amiante », confirme la présence d'amiante dans la plupart des installations anciennes, qui nécessiteront des opérations de surveillance, de retrait ou de confinement.

Prévention des risques et premiers secours : formation du personnel

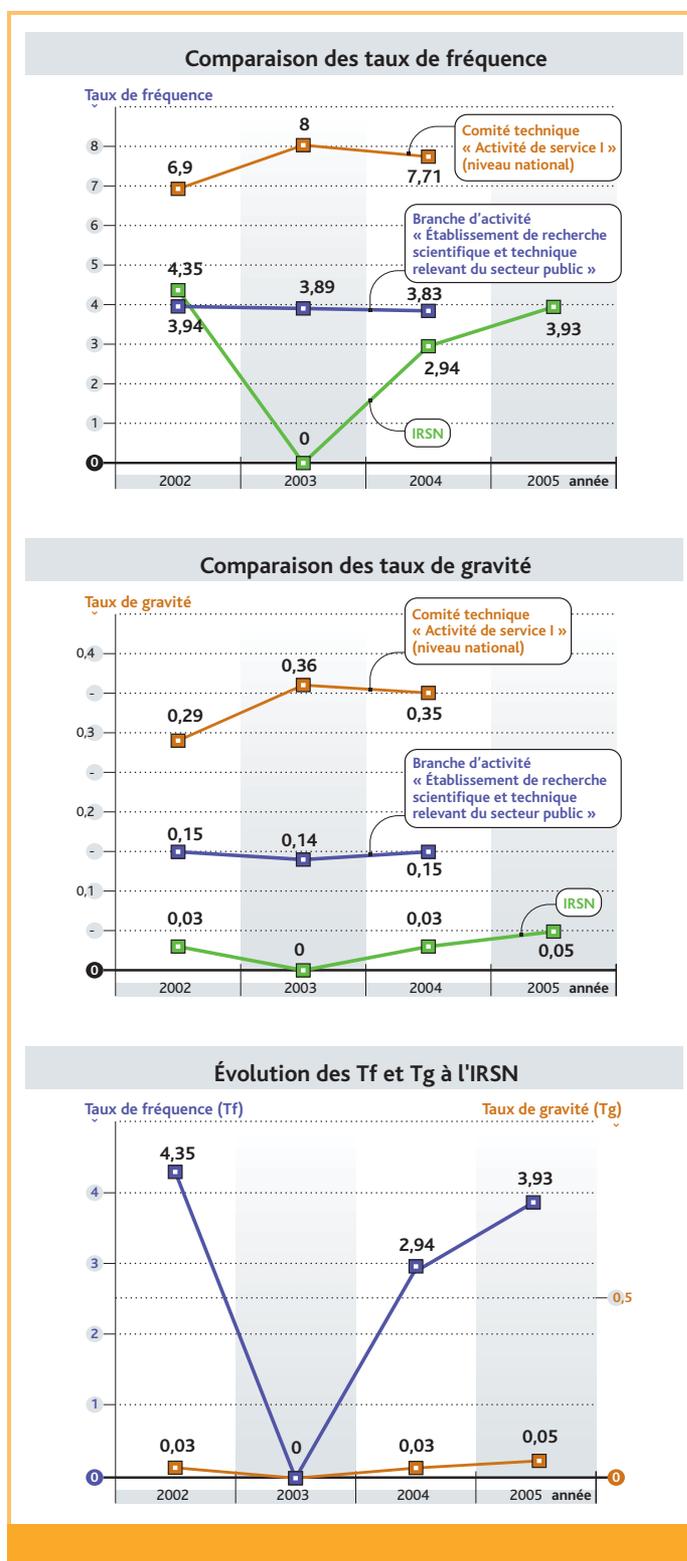
Plus de 2 000 personnes de l'IRSN ont été formées à la sécurité en 2005, soit une augmentation de 64 % par rapport à 2004, avec un renforcement sur le thème de l'intervention de premiers secours en cas d'incendie. À ces formations générales s'ajoutent des formations spécifiques de sensibilisation au management en hygiène, sécurité et protection de l'environnement.

Radioprotection : adaptation aux évolutions réglementaires

L'IRSN a engagé plusieurs actions pour l'application en son sein du décret du 31 mars 2003 relatif à la protection des travailleurs. L'Institut a notamment désigné les personnes compétentes en radioprotection pour l'ensemble de ses sites et mis en place un programme de contrôle réglementaire de ses installations et sources de rayonnement par un organisme agréé. Pour les personnes compétentes en radioprotection et les médecins du travail, l'Institut a mis en place des protocoles d'accès aux résultats de la dosimétrie de son personnel, résultats enregistrés sur le système national SISERI.

Préparation aux situations incidentelles et accidentelles

L'IRSN s'est doté d'un dispositif lui permettant, d'informer sa direction 24 heures sur 24 sur tout



événement survenant dans les installations et susceptible de porter atteinte aux personnels, aux biens ou à l'environnement de l'Institut, et d'effectuer les déclarations aux autorités concernées.

Mise en place d'un comité central d'hygiène et de sécurité

L'accord d'entreprise signé en mai 2003 par la direction de l'IRSN et les organisations syndicales prévoyait la mise en place d'une instance centrale composée de représentants de la direction et du personnel. Dotée d'une compétence générale pour l'ensemble des sites en matière d'hygiène, de sécurité et de conditions de travail du personnel, cette instance s'est réunie pour la première fois le 3 mai 2005, renforçant le dispositif de l'Institut en matière d'amélioration de ses résultats dans les domaines de la sécurité et de la protection de l'environnement.

Règlement intérieur de l'IRSN : définition des règles applicables

Le 25 mai 2005, la direction a mis en application le règlement intérieur de l'Institut, document qui définit notamment les règles applicables dans le domaine de la sécurité par les salariés et collaborateurs.



Le règlement intérieur pour définir les règles dans le domaine de la sécurité notamment.

Maîtrise des impacts sur l'environnement

Dans le domaine de la maîtrise de l'impact de ses activités sur l'environnement, l'Institut a notamment veillé, en 2005, à réduire au strict minimum nécessaire le nombre de sources radioactives qu'il détient, ce qui l'a conduit à éliminer auprès des fournisseurs 950 des 1 000 sources sans emploi dont il avait hérité à sa création.

Renforcement des règles de sécurité pour les ICPE et réduction des dangers à la source

Le préfet des Bouches-du-Rhône a signé le 12 août 2005 un arrêté réglementant l'ensemble des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) de l'IRSN à Cadarache, qui étaient précédemment exploitées par le CEA. Outre le renforcement des exigences techniques en matière de prévention des risques, cet arrêté prévoit une diminution des rejets autorisés dans l'environnement. Pour le site de Fontenay-aux-Roses, le préfet des Hauts-de-Seine a demandé en septembre 2005 l'engagement d'études d'impact et de dangers.

FOCUS

Les installations et les activités réglementées de l'IRSN

Activités soumises au code de l'environnement

Installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

- soumises à autorisation : 10 dont neuf relevant des rubriques 1 700 (utilisation ou dépôt de substances radioactives)
- soumises à déclaration : 15 dont quatre relevant des rubriques 1 700

Activités nucléaires soumises au code de la santé publique

Nombre d'autorisations délivrées par la DGSNR : 15

Travailleurs exposés aux rayonnements ionisants

- Catégorie A : 110 (24 femmes, 86 hommes)
- Catégorie B : 860 (336 femmes, 524 hommes)

Communication de l'IRSN

L'action de l'IRSN dans ce domaine comporte deux aspects : la communication externe, destinée au public, à l'égard duquel l'Institut poursuit une démarche d'explication de ses activités et compétences, et la communication interne en direction des personnels de l'Institut, destinée à favoriser l'émergence de valeurs communes.

Communication externe

L'effort de communication externe de l'IRSN contribue à la notoriété de l'Institut. Il consiste également à faire connaître son action de dialogue avec la société et son regard d'expert indépendant.

La diffusion des informations scientifiques nourrit et renforce l'image de l'Institut

Le réseau Internet, qui constitue le principal vecteur de diffusion d'informations provenant de l'IRSN, contribue fortement à la notoriété de l'Institut. Différents sites Internet thématiques créés par l'Institut sont accessibles via son portail, www.irsn.org. La modernisation de ces sites s'est poursuivie en 2005, notamment en vue d'accroître leur ergonomie. Par ailleurs, l'IRSN a poursuivi en 2005 l'édition d'un ensemble d'ouvrages destinés à ses différents types de lectorat, dont le rapport annuel passant en revue l'ensemble de ses activités. Édité en français (5 000 exemplaires), en anglais (1 500 exemplaires) et en version bilingue multimédia (7 500 minicédéroms), le tout est mis en ligne sur le portail de l'Institut.

L'Institut a également actualisé sa fiche de présentation, distribuée à 10 750 exemplaires en français, et 11 400 exemplaires en version anglaise.

L'IRSN a édité plusieurs livrets distribués à l'occasion de salons professionnels :

➤ *Face à un accident* (1 500 exemplaires), *Prestations dans le domaine non nucléaire* (1 700 exemplaires) et *La radioprotection* (2 400 exemplaires) ont été diffusés lors du salon Pollutec ;

➤ Les livrets *Exposition médicale aux rayonnements ionisants* (8 400 exemplaires), *Rayonnements ionisants et santé* (6 000 exemplaires) et *Assister les équipes médicales* (4 500 exemplaires) ont été diffusés à l'occasion du Medec.



Renforcement de l'identité visuelle

En 2005, l'IRSN a fait évoluer son identité visuelle en développant une logique de collection, visant à rendre ses ouvrages immédiatement identifiables par le public.

Communication interne

La communication interne de l'IRSN repose sur trois piliers :

- l'information interne ;
- l'écoute et le dialogue ;
- la construction d'une identité commune.

L'information interne

L'année 2005 a vu l'achèvement de la mise en place du dispositif d'information interne du personnel de l'IRSN. Celui-ci repose sur les quatre outils que sont :

- le journal interne *Repères* ;
- les flashes internes ;
- les espaces d'information dans les unités ;
- le site intranet.

En 2005, une enquête menée auprès des lecteurs de *Repères* a confirmé l'intérêt qu'y portent les collaborateurs de l'Institut. Une évolution du site intranet a été entreprise en 2005 afin d'en favoriser la fréquentation grâce à la mise en ligne de nouveaux services pratiques. Ce site contribue à améliorer l'efficacité de l'Institut à travers une meilleure compréhension de ses diverses activités.

L'écoute et le dialogue

L'organisation, en 2005, du séminaire du management de l'IRSN et de petits-déjeuners a permis aux collaborateurs de l'Institut de dialoguer avec leur directeur général et de s'imprégner ainsi des orientations prises par l'Institut. À l'instar de ces rendez-vous, des rencontres ont été organisées entre



Exemples de collections thématiques édités par l'IRSN.

la direction de la communication et le personnel afin de lui présenter l'action de l'Institut dans ce domaine.

La construction d'une identité commune

Plusieurs actions ont été menées en 2005 pour favoriser la construction d'une identité partagée par les collaborateurs de l'IRSN, dès leur arrivée. Les directions des ressources humaines et de la communication mettent à la disposition des nouveaux arrivants un dossier d'accueil, un film de présentation de l'Institut ainsi que des séminaires.

Le personnel de l'Institut est également convié à des événements fédérateurs, internes ou externes, comme la Fête de la science



La Fête de la science.

INTERVIEW



Marie-Pierre BIGOT,
Directrice de la communication
de l'IRSN

> Comment l'IRSN conçoit-il son rôle en matière de communication externe ?

À travers ses actions de communication et d'information, l'Institut a pour objectif d'accroître la confiance des Français – qu'il s'agisse du grand public, des professionnels ou des médias – dans le dispositif d'expertise institutionnel concernant la protection des personnes et de l'environnement à l'égard des risques liés à l'utilisation des rayonnements ionisants. C'est ainsi qu'il se fait progressivement connaître – et reconnaître – comme l'expert public du risque nucléaire et radiologique au service de la société.

> À quels enjeux répond la politique de communication interne de l'Institut ?

L'IRSN est une entité encore très jeune, qu'il convient de doter d'une identité et d'une culture affirmées. La diversité des origines de ses personnels, de leurs profils, de leurs cultures et de leurs responsabilités, est l'une des richesses de l'Institut. Le sens de l'action de communication interne menée au sein de celui-ci est de faire de cette pluralité une force. À cet égard, le respect de la charte d'utilisation du logotype de l'IRSN et de la charte de communication contribue à l'affirmation progressive de l'identité de l'Institut, et au renforcement maîtrisé de sa présence institutionnelle et médiatique.



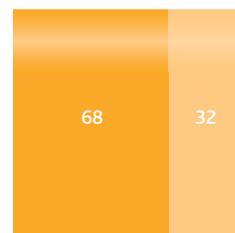
Ressources humaines, au service du développement de l'IRSN

La politique de gestion des ressources humaines menée par l'IRSN accorde une place centrale au développement des compétences. Dans cet esprit, l'année 2005 a été marquée par la réalisation d'importantes actions témoignant, dans différents domaines tels que la formation, la protection des salariés ou l'épargne d'entreprise, du dynamisme de la politique conduite par l'Institut en matière de ressources humaines et de relations sociales.

Un effectif désormais 100 % IRSN

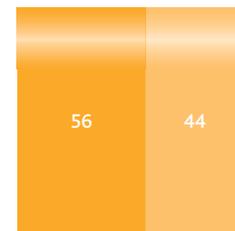
La période d'option des salariés mis à disposition de l'Institut par le CEA s'étant achevée le 28 février 2005, l'effectif est maintenant totalement composé de salariés signataires d'un contrat de travail IRSN. Au 31 décembre 2005, l'IRSN comptait ainsi 1 574 salariés en CDI, y compris les salariés mis à disposition de la DGSNR. L'effectif employé au sein des unités de l'Institut correspondait à 1 488,5 postes équivalents temps plein pour un effectif objectif de 1 524 postes à temps plein. Cet effectif est constitué de 68 % de cadres et 32 % de non cadres. Il se compose par ailleurs de 56 % d'hommes et de 44 % de femmes.

Répartition par catégories socio-professionnelles



■ Ingénieurs, chercheurs et cadres 68 % (68 % en 2004)
 ■ Non cadres 32 % (32 % en 2004)

Répartition par sexe



■ Hommes 56 % (55 % en 2004)
 ■ Femmes 44 % (45 % en 2004)

2005, aboutissement de nombreuses réflexions et actions

La gestion des ressources humaines de l'IRSN s'inscrit dans la démarche globale de l'Institut. Dans ce cadre, plusieurs actions engagées l'année précédente se sont concrétisées en 2005 :

➤ **Filière Experts.** L'IRSN a souhaité proposer à ses salariés de nouveaux parcours professionnels motivants, notamment par la création d'une fonction Expert. Les missions des salariés concernés devront pleinement contribuer à l'atteinte des objectifs de la politique scientifique et technique de l'Institut et à sa reconnaissance dans la communauté scientifique internationale. Un peu plus de 20 salariés ont ainsi été nommés en 2005 à des fonctions d'experts ou d'experts seniors lors de la première campagne de nomination.

➤ **Management.** Réaffirmant le rôle central des responsables d'unité dans la mise en œuvre de la

stratégie de l'Institut et la motivation de ses équipes, l'IRSN a lancé en 2005 les Ateliers du management. Les travaux qui y ont été menés doivent notamment déboucher en 2006 sur un programme de formation à la prise de responsabilités hiérarchiques et sur une charte du management formalisant ce que l'Institut attend de ses managers.

➤ **Entretiens annuels.** Un nouveau dispositif d'entretien de développement a été mis en œuvre, il a permis de dynamiser cet entretien.

➤ **Frais de mission.** Un nouveau régime de remboursement des frais de mission, fondé sur le principe des frais réels plafonnés a été mis en place à l'été 2005, en remplacement de l'ancien système des forfaits hérité du CEA.

Des processus et des outils clarifiés de gestion des ressources humaines

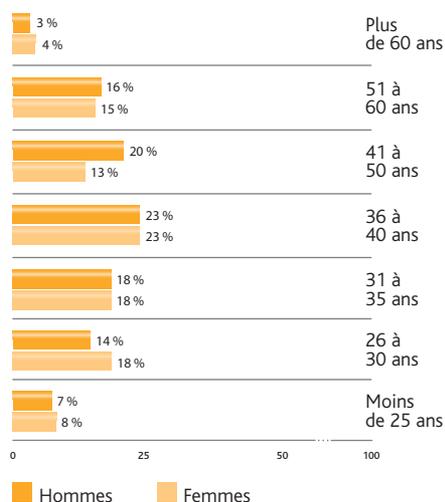
➤ **Recrutement.** Un entretien systématique de la direction des ressources humaines avec les candidats présélectionnés par les directions a été introduit afin d'apporter aux directeurs un conseil et une vue plus complète pour leur prise de décision. Ce processus de recrutement a été appliqué pour les 122 embauches réalisées par l'Institut en 2005.

➤ **Mobilité.** Élargir son ouverture sur la communauté scientifique, en développant ses relations avec des organismes de recherche français et internationaux,



Entretien de recrutement entre la direction des ressources humaines et un candidat.

Pyramide des âges



constitue un objectif prioritaire de l'IRSN. En 2005, quelques salariés de l'Institut ont ainsi rejoint des organismes extérieurs afin de poursuivre leur parcours professionnel.

Protection sociale, rémunérations, élections, épargne : une politique sociale dynamique

Le cadre social de l'IRSN et les accords d'entreprise assurent un haut niveau de protection des salariés.

➤ **Protection sociale des salariés.** La mutuelle choisie en 2004, en accord avec les organisations syndicales, a permis de faire bénéficier les salariés de l'IRSN d'une bonne couverture des frais de santé pour un taux de cotisation réduit.

➤ **Rémunérations.** En 2005, les négociations salariales n'ont pas abouti à un accord et se sont déroulées dans un contexte marqué par une mobilisation significative des salariés contre les mesures proposées par la direction dans le respect du cadrage salarial de 3 % fixé à l'Institut. Dans le même contexte, des négociations ont également porté sur la mise en place d'un système de rémunération des cadres adapté à l'IRSN, et un nouvel accord destiné à remplacer celui issu du CEA a été signé par deux organisations syndicales. Ce nouveau système n'a néanmoins pas pu être appliqué compte tenu du droit d'opposition exercé par les trois organisations syndicales non signataires. Par ailleurs, un dispositif conventionnel a fait

l'objet d'un accord permettant à l'Institut d'assurer sa mission d'organisme de formation en sûreté et en radioprotection en s'appuyant sur ses salariés.

► **Élections.** Les instances du comité d'entreprise et des délégués du personnel de l'IRSN ont été renouvelées pour deux ans en juin 2005 et ont tenu une quarantaine de réunions au cours de l'année. Doté d'un budget de 1,15 M€ pour les activités sociales et culturelles, le comité d'entreprise a assuré la responsabilité directe de l'intégralité de ses missions.

► **Épargne salariale.** Avec la poursuite des ouvertures de Plans d'épargne entreprise de l'IRSN en 2005, le nombre d'adhérents atteignait presque 30 % des salariés en fin d'année. L'Institut a par ailleurs développé sa politique en matière de 1 % logement et choisi deux organismes collecteurs partenaires pour l'attribution de logements locatifs ou de prêts immobiliers aux salariés. Enfin, un dispositif de prêts directs au personnel a permis à une quinzaine de salariés de bénéficier en 2005 d'une aide pour l'acquisition d'un logement ou d'un véhicule.



Un développement croissant de la formation des étudiants par la recherche.

Accueil des jeunes : augmentation du nombre des thésards

L'augmentation du nombre d'étudiants doctorants préparant leur thèse au sein des laboratoires de l'IRSN (66 au 31 décembre 2005 contre 58 l'année précédente) s'inscrit dans le cadre de la politique de l'Institut en matière de développement de la formation par la recherche. Avec 15 jeunes chercheurs, le nombre de post-doctorants accueillis à l'IRSN en 2005 est resté stable. Par ailleurs, sur les 118 stagiaires étudiants de l'enseignement supérieur présents à l'IRSN, 77 étaient en fin d'études longues dans un domaine scientifique : école d'ingénieur ou deuxième année de maîtrise universitaire. Enfin, l'IRSN a accueilli 16 apprentis l'an passé, majoritairement dans le cadre de formations techniques de l'enseignement supérieur.



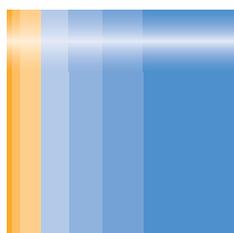
Les élections du comité d'entreprise.

Formation continue : un effort croissant

En 2005, les dépenses de formation de l'IRSN se sont élevées à environ 4,5 % de la masse salariale pour un temps passé estimé à 42 000 heures, avec 2 100 participations. Le montant des frais pédagogiques dépensés auprès d'organismes de formation s'est ainsi monté à environ 1,33 M€. Deux actions phares ont marqué l'année 2005 :

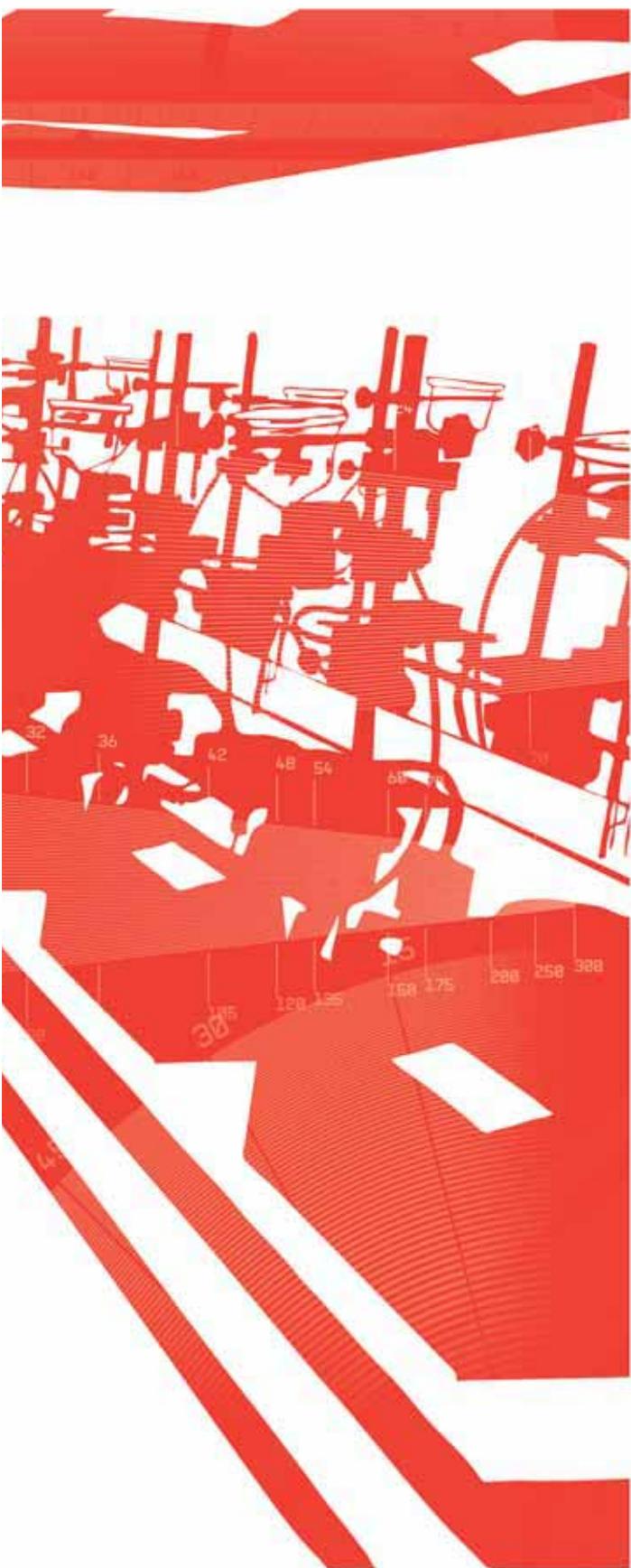
- ▣ la mise en place de stages d'accueil des nouveaux embauchés, qui permet aux participants de découvrir l'ensemble des missions et objectifs de l'IRSN, et d'échanger avec des salariés des autres unités – 83 nouveaux salariés en ont bénéficié en 2005 ;
- ▣ une campagne, lancée en cours d'année, de formation à la prise de parole destinée aux responsables de l'Institut.

Répartition par domaine des heures de formation réalisées en 2005



- ▣ Économie, gestion 2,11 % (2 % en 2004)
- ▣ Qualité 3,59 % (9 % en 2004)
- ▣ Informatique 9,25 % (13 % en 2004)
- ▣ Relations, communication, management 12,21 % (5 % en 2004)
- ▣ Sécurité, prévention 14,59 % (10 % en 2004)
- ▣ Langues étrangères 17,94 % (18 % en 2004)
- ▣ Sciences techniques 40,31 % (43 % en 2004)





[3] ACTIVITÉS DE L'IRSN

Des programmes au service des missions

Pour assurer au mieux les missions qui lui sont confiées, l'Institut a organisé ses activités en 31 programmes thématiques couvrant, pour certains d'entre eux, plusieurs missions. Les activités liées à ces programmes peuvent ainsi se trouver ventilées dans plusieurs missions. Pour une lecture globale de chaque programme, voir la table des matières proposée à la fin du présent document.

RECHERCHE ET EXPERTISE EN MATIÈRE DE RISQUE NUCLÉAIRE

Fiabilité humaine et organisationnelle

PAGES
51
108

Le programme regroupe l'ensemble des actions de l'IRSN sur la fiabilité humaine et l'analyse des organisations dans les installations nucléaires ou autres conditions d'exposition aux rayonnements ionisants.

Il répond ainsi à la demande croissante des autorités de sûreté et de radioprotection et prend en compte les changements liés à un large renouvellement des équipes de conduite et à l'évolution des compétences liées notamment à celles des technologies.



Analyse de la sûreté des REP et des autres réacteurs en exploitation

En soutien aux autorités de sûreté, l'IRSN assure le suivi en exploitation des réacteurs de puissance et des réacteurs expérimentaux. L'IRSN examine les informations et les dossiers de sûreté transmis dans le cadre réglementaire par les exploitants des réacteurs. Il identifie et hiérarchise les problèmes de sûreté et analyse le retour d'expérience. Ce suivi fait l'objet d'avis ou de rapports destinés à répondre aux questions de l'autorité de sûreté.

PAGES
100
à 105

Appui à l'analyse de sûreté des réacteurs en exploitation

L'IRSN effectue des études et des actions de R&D concernant la sûreté des installations actuelles et futures. Les activités de l'IRSN se déclinent selon trois axes : développement des études probabilistes de sûreté, réalisation d'études en support à l'analyse, acquisition et développement de logiciels et R&D associée.

PAGES
50
51
106
107

Vieillessement des réacteurs à eau sous pression

Le vieillissement d'une centrale nucléaire se traduit par une dégradation des composants qu'il convient de prévenir, de surveiller et de pallier pour que l'installation puisse continuer de fonctionner dans des conditions de sûreté satisfaisantes.

La recherche et les analyses de sûreté réalisées par l'IRSN couvrent les différents aspects du problème (vieillessement des composants, étude du comportement dans le temps des enceintes de confinement, contrôles non destructifs).

Dans ce domaine, l'Institut réalise ses propres travaux en complément de ce que fait l'exploitant pour garantir son indépendance d'appréciation.

PAGES
51
52
108



Le combustible et sa gestion en fonctionnement normal et accidentel

PAGES 52 à 54 109

Pour des raisons économiques, EDF cherche à prolonger la durée d'utilisation des combustibles et s'oriente vers de nouveaux matériaux. Pour ces nouvelles conditions d'exploitation, les travaux de l'IRSN concernent les études et recherches sur la pertinence des critères de sûreté existants ou la définition de nouveaux critères, l'appréciation des marges de sûreté associées et l'amélioration des connaissances.

Réacteurs du futur et projets innovants

PAGE 110

Ce programme doit permettre à l'Institut d'identifier et d'évaluer les problèmes de sûreté des projets envisagés pour succéder aux générations actuelles de générateur de puissance. Le programme vise les réacteurs de génération IV, dont les objectifs sont des améliorations en matière de sûreté, une réduction des déchets, une résistance à la prolifération et aux actes de malveillance. Il s'appuie dans un premier temps sur des contacts étroits avec les organismes concepteurs ainsi qu'avec les organismes de R&D impliqués.

Accidents graves des réacteurs

PAGES 56 à 59 109 à 111

Les études et recherches que mène l'IRSN sur les accidents de fusion du cœur d'un réacteur à eau (accidents graves) visent à une compréhension suffisante des phénomènes pour apprécier les risques associés à ces accidents et les dispositions retenues

par l'exploitant à leur égard. L'objectif est d'améliorer la prévention de ces accidents, d'étudier les moyens, de limiter leurs conséquences et de préparer l'IRSN à la gestion de la crise en cas d'accident.

Sûreté des usines, des transports et du démantèlement

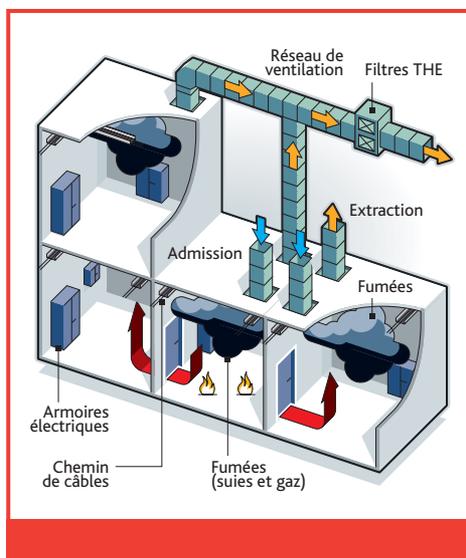
PAGES 60 à 62 111 à 114 138 139

Les installations nucléaires de l'amont et de l'aval du cycle du combustible, ainsi que les transports de matières nucléaires et radioactives présentent également des risques spécifiques qui nécessitent une importante activité d'appui technique au profit des autorités compétentes ainsi que des activités d'étude et de recherche, plus particulièrement dans le domaine du risque de criticité. Ce programme doit porter également sur la sûreté des installations en démantèlement, alors qu'EDF a décidé d'accélérer son programme dans ce domaine, en identifiant le cas échéant des voies d'amélioration de la sûreté de ces opérations.

Incendie, explosion et dispersion

PAGES 65 à 68 117 137 141

Ce programme couvre les activités de l'IRSN dans le domaine de la maîtrise des risques liés à l'incendie, à l'explosion et à l'aérodispersion des polluants radioactifs ou toxiques dans les installations nucléaires et dans l'environnement. Les études, recherches et expertises relevant de ce programme ont pour but de contribuer à l'amélioration du niveau de sûreté des installations et donc à une meilleure protection du public, des travailleurs et de l'environnement.



EXPERTISE NUCLÉAIRE DE DÉFENSE

Sûreté des installations, des systèmes et des transports intéressant la défense

PAGE
150

L'IRSN exerce une activité d'appui technique à l'autorité de sûreté, en matière d'évaluation de la sûreté des systèmes nucléaires militaires, des installations nucléaires de base secrètes et des transports intéressant la défense. Les activités sont centrées sur l'expertise des documents de sûreté, l'analyse de l'expérience d'exploitation, l'évaluation des plans d'urgence interne ainsi que sur la préparation à la crise.



Protection et contrôle des matières nucléaires et sensibles

PAGES
154
à 158

Les activités de l'IRSN portent sur l'évaluation du niveau de protection des matières nucléaires à l'égard du risque de vol ou de détournement à des fins malveillantes et sur le respect des engagements internationaux de la France dans l'utilisation des matières pouvant servir à la fabrication d'armes nucléaires ou chimiques.

Dans ce cadre, l'Institut apporte son concours technique direct aux pouvoirs publics (inspections nationales, accompagnement d'inspections internationales, missions à caractère opérationnel) et son appui technique aux autorités administratives (expertise de dossiers, contribution à l'élaboration de doctrines et de règlements).

Protection contre les actions de malveillance

Ce programme vise à prendre en compte des actions de malveillance dans la conception et l'exploitation des installations nucléaires. Il porte également sur l'évaluation des conséquences possibles d'éventuelles actions de malveillance sur des emballages de transport de matières nucléaires ou radioactives.

PAGES
159
à 161

PROTECTION DE L'HOMME ET DE L'ENVIRONNEMENT CONTRE LES RAYONNEMENTS IONISANTS

Surveillance de l'environnement

Le but de ce programme est de connaître en permanence les niveaux de radioactivité auxquels les populations sont soumises, d'en déterminer l'origine et de détecter précocement toute élévation anormale des champs de rayonnement ambiants dans les différents milieux.

PAGES
72
91
92
119
120
134
138

Sûreté de la gestion des déchets

Les activités relevant de ce domaine visent à apprécier les risques associés aux déchets radioactifs et à identifier, le cas échéant, des possibilités d'amélioration de leur gestion, du point de vue de la sûreté et de la radioprotection. Les actions de ce programme sont relatives :

PAGES
62
à 65
114
à 116
139

- à la connaissance des matières et matériaux sans emploi, des déchets et des colis ;
- aux stockages et aux entreposages de déchets radioactifs quels que soient leur origine, leur activité ou les radionucléides concernés ;
- à la gestion des sources usées ;
- aux sites pollués.

Elles concernent l'évaluation des dossiers des exploitants, l'élaboration de doctrines techniques ainsi que les études et recherches destinées à comprendre les phénomènes susceptibles d'affecter la sûreté des stockages.

Risques chroniques

Ce programme contribue à l'évaluation des effets d'une exposition chronique à des contaminants faiblement radioactifs. Bien qu'il s'agisse de risques

PAGES
72
à 75

faibles pour un individu donné, ces risques s'appliquent à de vastes populations humaines et à de vastes écosystèmes, ce qui pourrait induire des conséquences notables au plan collectif. Affiner leur évaluation peut donc avoir un intérêt dans une perspective de gestion sanitaire ou de gestion de l'environnement.

Radioécologie

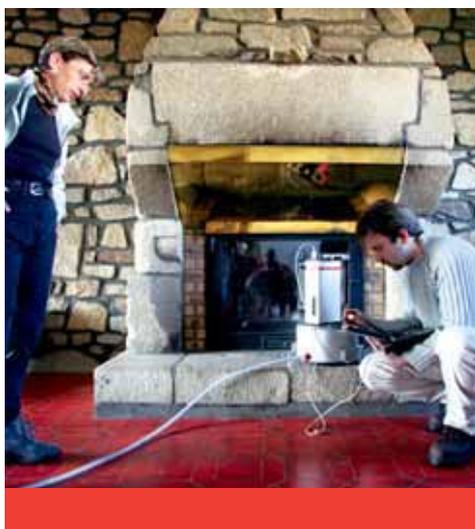
Les recherches et études menées au sein de l'IRSN contribuent à la connaissance et à la compréhension de l'origine et du devenir des radionucléides rejetés ou préexistants dans l'environnement. L'objectif est d'évaluer leur impact radiologique en cas de fonctionnement normal, d'incident ou d'accident. Au plan opérationnel il s'agit de se préparer à la gestion de la crise en cas de rejets radioactifs grâce à des outils d'aide à la décision comme la prédiction des rejets et de leur évolution ou la réhabilitation de l'environnement proche et lointain d'un site accidenté.

PAGES
69
71
118
140
141

Radon

L'IRSN étudie le radon sous tous ses aspects depuis plus de 20 ans : formation et migration dans le sol, exhalation puis dispersion dans l'atmosphère, météorologie, cartographie, accumulation dans les bâtiments, risque pour la santé, réduction des concentrations, etc. Les connaissances et l'expérience acquises, sans équivalent en France, permettent à l'Institut d'apporter son appui aux pouvoirs publics ainsi qu'aux acteurs chargés d'appliquer une politique de gestion du risque lié au radon.

PAGES
75
76
120
121
134
141



Radioprotection des travailleurs

Ce programme regroupe les actions de l'IRSN concernant les expositions internes et externes des travailleurs dans les installations nucléaires, ou non, ainsi que dans les postes de travail qui conduisent à des expositions aux rayonnements ionisants. Sa finalité est d'identifier les situations les plus critiques et d'analyser les moyens de diminuer les expositions.

PAGES
76
77
122
123
135

Radioprotection dans le domaine médical

Les expositions médicales constituent la source principale d'exposition de la population aux rayonnements ionisants d'origine artificielle. Ces expositions peuvent présenter des risques pour les patients et les praticiens. Ce programme se décline selon trois axes :

- ▣ les recherches sur les complications tardives chez des patients traités par radiothérapie ;
- ▣ la surveillance des expositions médicales ;
- ▣ l'expertise médicale.

PAGES
79
80
123
124
143
144

Évaluation de l'exposition et équipements de protection

Ce programme vise à améliorer la connaissance de l'exposition des individus en situation normale et à réaliser des expertises dosimétriques dans des situations complexes selon plusieurs axes de travail :

- ▣ l'expertise en radioprotection et l'épidémiologie des populations ;
- ▣ la dosimétrie, les moyens de mesure en routine ;
- ▣ la dosimétrie, les moyens de mesure en développement.

PAGES
77
à 79
92
93
136
142
143

Doctrine en radioprotection

PAGES
86
87

La doctrine en radioprotection s'élabore au niveau international dans diverses instances à caractère scientifique, technique ou réglementaire (CIPR, AEN, AIEA, Euratom, etc.).

L'action de l'IRSN dans ces instances concerne l'évolution de la doctrine, l'engagement de nouveaux sujets de réflexion et la construction d'un dialogue avec l'ensemble des acteurs français concernés par la radioprotection.

AGRESSION ET SITUATION DE CRISE

Agressions d'origine naturelle

PAGES
68
69
117
118

Les actions menées par l'IRSN visent à évaluer la sûreté des installations face à des agressions d'origine naturelle comme les séismes ou les inondations et à identifier, le cas échéant, des possibilités d'amélioration. Ce programme porte sur :

- ▣ les risques d'inondation et d'étiage sévère qui peuvent affecter les installations nucléaires ;
- ▣ le développement, l'optimisation et la validation des méthodes et des outils permettant l'évaluation de l'aléa sismique.

Gestion des situations d'urgence

PAGES
126
à 130

L'IRSN maintient opérationnels et améliore ses moyens (Centre technique de crise, moyens mobiles, etc.) pour être en mesure d'apporter son assistance aux pouvoirs publics en cas de situation accidentelle ou postaccidentelle en France. L'Institut prépare des scénarios accidentels et participe à des exercices de crise. Cette activité permet d'entraîner ses équipes en interaction avec les autres acteurs de la crise, d'animer des exercices au niveau national et de préparer des scénarios à vocation nationale ou



internationale. Le retour d'expérience dans ce domaine est un facteur de progrès essentiel.

Ce programme se décline en deux axes :

- ▣ les études et développements, les exercices de crise ;
- ▣ le maintien opérationnel du Centre technique de crise et de ses moyens mobiles.

Gestion des situations postaccidentelles

La gestion postaccidentelle d'une crise nucléaire ou radiologique peut concerner un grand nombre d'acteurs appelés à gérer dans la durée de multiples volets interdépendants : la protection radiologique et le suivi sanitaire des populations, la réhabilitation des territoires, le redéploiement des activités industrielles et agricoles, l'indemnisation des victimes, etc. Ce programme vise à mettre en place une organisation, des méthodes et une plate-forme d'outils techniques, ainsi qu'un réseau de contacts extérieurs, afin de permettre à l'ensemble des partenaires d'assurer efficacement leurs missions.

PAGES
82
83
130
131

Accidents d'irradiation et de contamination

Lors d'une exposition accidentelle aux rayonnements ionisants, les équipes médicales doivent pouvoir évaluer les dommages subis par la personne irradiée dans un minimum de temps afin d'établir un diagnostic fiable et de mettre en œuvre un protocole thérapeutique adapté. L'objectif de l'IRSN, en tant que support technique aux structures hospitalières, est d'améliorer le diagnostic en mettant à profit une forte interface entre la dosimétrie, la recherche en biologie et les applications médicales.

PAGES
80
à 82

Intervention et assistance en radioprotection

Ce programme couvre :

- ▣ les actions de contrôle, d'essai et d'expertise sur l'efficacité des circuits de ventilation et des systèmes de filtration des installations nucléaires ;
- ▣ l'assistance et l'intervention en radioprotection opérationnelle pour caractériser l'état radiologique de locaux ou de sites et concourir à la gestion des situations anormales ;
- ▣ les actions de contrôle suivant le décret relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants.

Ces activités s'exercent dans le cadre de conventions établies avec les pouvoirs publics.

PAGES
121
122
136
137
144
145

FORMATION ET RAYONNEMENT

Contribution à l'information du public et à la transparence

PAGES
94
à 97

Dans le cadre de ses missions, l'Institut contribue à l'information du public et des pouvoirs publics en matière de sûreté nucléaire et de protection de l'homme et de l'environnement. Il assure la diffusion des résultats scientifiques issus de ses programmes d'étude et de recherche.

Par ailleurs, l'IRSN souhaite ouvrir son expertise aux attentes de la société. Pour une plus grande transparence dans le domaine de la gestion des risques nucléaires et radiologiques, l'Institut s'est engagé dans plusieurs actions pilotes. Menées avec les acteurs sociaux, elles permettent de construire les modalités d'accès des commissions d'information locales aux expertises et études de l'IRSN. En complément, l'Institut développe des actions visant à impliquer les parties prenantes au sein de groupes d'expertise pluralistes destinés à réfléchir aux enjeux techniques de sujets complexes ou controversés.

Enseignement et formation par la recherche

PAGES
88
à 90

Les actions de formation permettent de formaliser, de valoriser et d'enseigner les savoirs de l'Institut. Elles passent par la mise en place de formations externes ou internes, la participation à des enseignements externes et l'encadrement de thèses ou



de stages. Par ailleurs, la politique d'excellence scientifique et technique de l'IRSN vise le meilleur niveau d'excellence scientifique et technique possible dans l'ensemble des activités de recherche et d'expertise de l'Institut et la reconnaissance de cette excellence.

Assistance internationale, soutien aux programmes et accords

Les activités internationales de l'Institut concernent :

PAGES
84
à 86
125
146
147

- ▣ des relations bilatérales avec ses homologues étrangers ;
- ▣ des relations avec les organismes internationaux,
- ▣ une implication particulière dans les relations avec les institutions européennes ;
- ▣ des actions de soutien à des autorités de sûreté étrangères ;
- ▣ des contributions aux activités internationales des autorités de sûreté françaises.

INVESTISSEMENTS

Mise à niveau de l'installation CABRI

La mise à niveau de l'installation CABRI porte sur le renforcement sismique des bâtiments et des équipements, la rénovation du circuit de ventilation et la mise en place d'une boucle à eau pressurisée en remplacement de la boucle à sodium. Cette installation permettra, dans le cadre du programme international CIP, d'étudier le comportement du combustible lors d'un accident de réactivité dans des conditions représentatives du cœur d'un réacteur à eau sous pression.

PAGES
55
56

AMANDE

Cette nouvelle installation produit des faisceaux de neutrons monocinétiques de qualité métrologique, nécessaires pour l'étude et la caractérisation des détecteurs de neutrons servant à la radioprotection. Le projet AMANDE vient renforcer les installations de référence déjà détenues par l'IRSN et lui permet d'avoir des références comparables à celles des grands laboratoires internationaux de métrologie.

PAGE
79



Chiffres clés 2005

Chiffres clés 2004

14 % : part des recettes externes de cofinancement des programmes de recherche

14 %

Près de 10 000 mouvements de sources enregistrés

6 200

38 000 échantillons prélevés dans l'environnement

38 000

603 personnes ont suivi une formation en radioprotection dispensée par l'IRSN

283

864 996 connexions sur le site Internet IRSN

689 038

RECHERCHE ET MISSIONS DE SERVICE PUBLIC

Les programmes de recherche menés par l'IRSN poursuivent plusieurs objectifs : disposer des compétences nécessaires à une expertise pertinente dans les domaines d'activité de l'Institut et préparer les évolutions nécessaires en matière de maîtrise des risques liés aux activités nucléaires. Par ailleurs, l'IRSN a la responsabilité de missions de service public comme la veille en radioprotection, la contribution à la formation en matière de radioprotection et la contribution à l'information du public et à la transparence.



Définition et mise en œuvre de programmes de recherche nationaux et internationaux



Contribution à la formation en radioprotection



Veille permanente en matière de radioprotection



Contribution à l'information du public et à la transparence



Définition et mise en œuvre de programmes de recherche nationaux et internationaux

Les programmes de recherche développés par l'IRSN sont pour l'essentiel des programmes de recherche finalisés, sans exclure des travaux relevant de la recherche de base. Ils visent à apporter des connaissances utiles à l'expertise à court, moyen ou long terme. Ces activités de recherche sont réalisées via les collaborations nationales et internationales, l'accueil de thésards, le développement de programmes en partenariat et la création d'unités mixtes de recherche.

72 thèses en cours
(63 en 2004)

24 post-doctorants
(16 en 2004)

42 doctorants d'État ou habilités à diriger des recherches (37 en 2004)

350 communications dans des congrès
(349 en 2004)

31 thèmes d'études et recherches en cours
(31 en 2004)

25 ICPE au titre du code de l'environnement
(26 en 2004)

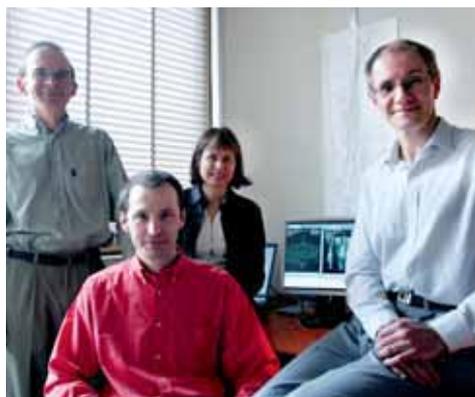
15 activités nucléaires autorisées au titre du code de la santé publique
(14 en 2004)

10 projets européens en cours en radioprotection et en sûreté (8 en 2004)

21 scientifiques étrangers accueillis
(38 en 2004)

TRAVAUX DE RECHERCHE EN APPUI À L'ANALYSE DE SÛRETÉ DES RÉACTEURS EN EXPLOITATION

C'est pour se doter de moyens d'évaluation des systèmes programmés et pour apprécier les possibilités offertes par le développement de méthodes de contrôles non destructifs que l'IRSN mène des actions de recherche et de développement concernant la sûreté des réacteurs en exploitation.



Les experts de l'IRSN chargés de l'évaluation des systèmes programmés.

Évaluation des systèmes programmés

La complexité croissante des logiciels utilisés dans les systèmes et matériels de contrôle-commande les rend de plus en plus difficiles à évaluer. L'IRSN mène un effort soutenu de R&D pour développer des outils d'aide à l'analyse et pour inciter les exploitants à améliorer, le cas échéant, les moyens et méthodes qu'ils mettent en œuvre pour leurs propres vérifications.

En 2005, ces travaux ont été axés sur l'évaluation de la couverture des tests à l'aide de l'outil GATEL, sur la vérification des règles de conception des systèmes multi-tâches à l'aide de l'outil CHRONOSCOPE, développé dans le cadre d'une thèse, et l'analyse statique des codes sources avec l'outil VALVIEWER.

Des logiciels au service des examens non destructifs

En collaboration avec le CEA, l'IRSN développe des logiciels de simulation des examens non destructifs. Ils sont destinés à connaître l'état des matériaux et à s'assurer ainsi de l'absence de défauts préjudiciables à la sûreté des composants concernés. Le logiciel CIVA de modélisation des contrôles par ultrasons et par courants de Foucault permet à l'Institut d'évaluer, indépendamment des exploitants, les performances des contrôles réalisés.

Il permet également de justifier, le cas échéant, des demandes d'amélioration des contrôles auprès des exploitants.

Simulateur SIPA

En 2005, le simulateur SIPA (*voir Focus ci-contre*) a été utilisé pour :

- ▣ des études thermohydrauliques, notamment pour l'étude probabiliste de sûreté (EPS) de niveau 2 des réacteurs de 900 MWe ;
- ▣ des formations à la physique et à la conduite des réacteurs ;
- ▣ l'établissement de trois scénarios d'exercices nationaux de crise.

RECHERCHE SUR LE VIEILLISSEMENT DES REP

L'IRSN mène en collaboration avec le CEA des actions de R&D relatives aux mécanismes de dégradation des matériaux d'équipements importants pour la sûreté des installations nucléaires.

En 2005, les principaux thèmes de recherche ont été : l'usure de pièces en contact, la fatigue de tuyauteries vibrant sous l'effet d'un écoulement, la fatigue thermique des zones de mélange de deux fluides de températures différentes et la corrosion sous contrainte. L'objet général de ces recherches est de mieux cerner des conditions ou des cinétiques de dégradation qui demeuraient peu ou pas connues (*voir également Focus**).

*
FOCUS
p.52

TRAVAUX DE RECHERCHE SUR LA FIABILITÉ HUMAINE ET ORGANISATIONNELLE

L'IRSN réalise des études sur le fonctionnement et l'évaluation des organisations.

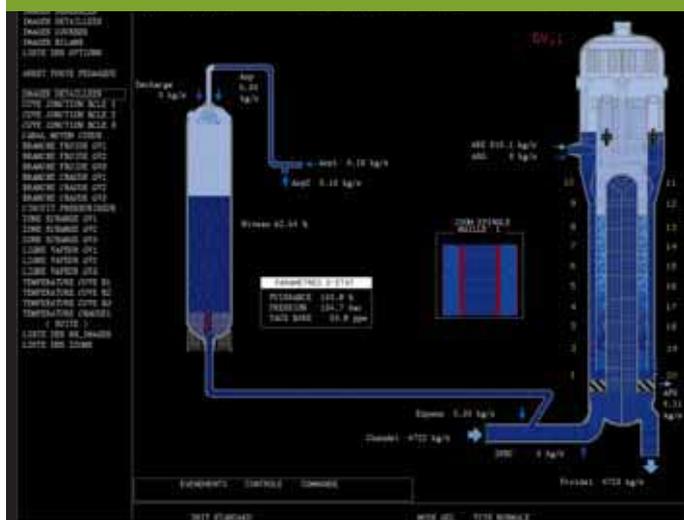
Évaluation des organisations

En 2005, l'IRSN a poursuivi ses recherches sur l'intégration des facteurs humains dans la conception des installations. Un travail préparatoire mené avec des partenaires industriels a conduit par ailleurs à lancer une étude sur la sous-traitance de la maintenance et la maîtrise de la sûreté. Ces travaux font l'objet de thèses.

Analyse des pratiques d'expertise

L'IRSN a engagé en 2005 une recherche en collaboration avec l'École nationale supérieure des mines de Paris afin de consolider la connaissance des pratiques d'expertise mises en œuvre dans le domaine des facteurs humains et organisationnels.

Rénovation du simulateur SIPA 2



Simulation d'un scénario accidentel à l'aide de SIPA.

Après une année de réflexion approfondie, 2005 a été consacrée à la mise en place du projet de rénovation du simulateur SIPA, qui permet de simuler le comportement en situation accidentelle des réacteurs de 900 MWe et 1 300 MWe.

En décembre 2005, l'IRSN et Framatome ont signé un contrat pour rénover ensemble leurs simulateurs respectifs.

Ce contrat fixe le partage des coûts et la mise en commun des compétences nécessaires pour mener le projet.

Le simulateur SIPA 2 fonctionne à l'IRSN depuis 1992 et sa rénovation est rendue nécessaire pour des raisons d'obsolescence des matériels informatiques et d'accroissement des coûts de maintenance. Le projet débutera en 2006 et prévoit la réalisation de nouvelles configurations de simulation pour les réacteurs de 900 MWe, de 1 300 MWe et de 1 450 MWe d'ici à 2009.

Ces configurations seront réalisées conjointement par l'IRSN et Areva NP avec le support de l'industriel canadien L3-COM-MAPPS pour la fourniture des matériels et logiciels informatiques.

Outre une souplesse accrue dans l'utilisation, les nouvelles configurations du simulateur permettront de simuler le comportement de tous les réacteurs EDF, y compris EPR à terme.

[FOCUS]



FOCUS

Séminaire international sur l'impact du vieillissement sur la fiabilité



Cinquante experts ont participé au séminaire sur l'impact du vieillissement sur la fiabilité.

L'IRSN a organisé avec l'Institut de l'énergie des Pays-Bas (Institute for Energy), un séminaire sur les applications pratiques des modèles de fiabilité dépendant de l'âge et l'analyse des données issues de l'expérience d'exploitation. L'objectif de cette rencontre internationale était de présenter et d'échanger les expériences concernant l'application pratique de modèles de fiabilité des composants et des systèmes en fonction du temps. En effet, les études probabilistes de sûreté (EPS) sont de plus en plus utilisées pour l'appréciation de la sûreté des installations. Cependant, les EPS habituellement réalisées ne comportent pas de modèles de fiabilité dépendant du temps pour les composants et systèmes, et ne permettent pas d'apprécier les effets de la maintenance sur la fiabilité et la disponibilité des systèmes importants pour la sûreté.

Ce séminaire a été l'occasion de réfléchir sur :

- ▣ la gestion du vieillissement et le traitement des effets du vieillissement dans les EPS ;
- ▣ la modélisation du vieillissement des composants ;
- ▣ l'expérience d'exploitation ;
- ▣ les essais de vieillissement accéléré.

Cinquante experts issus de pays et de secteurs différents (organismes de recherche, organismes de sûreté, groupes industriels, consultants) ont participé à ce séminaire au cours duquel 18 communications ont été présentées, dont deux par l'IRSN.

Pour en savoir plus : www.energyrisks.jrc.nl/APSA/Workshops.htm
http://seminaire_apsa2005.irsn.org/index.php

LE COMBUSTIBLE ET SA GESTION EN FONCTIONNEMENT NORMAL ET ACCIDENTEL

Parmi les travaux de recherche menés par l'IRSN, l'étude du comportement du combustible concerne essentiellement l'accident d'éjection d'une grappe de contrôle ainsi que les accidents de perte de réfrigérant primaire et de dénoyage des piscines d'entreposage du combustible irradié.

En 2005, l'IRSN a entrepris un nouvel examen des critères de sûreté à appliquer au combustible en fonctionnement normal, en situation incidentelle et en situation accidentelle. Ce réexamen est rendu nécessaire par des évolutions récentes :

- ▣ des matériaux de gainage et de structure ;
- ▣ des conditions d'exploitation, notamment l'augmentation du taux d'épuisement du combustible et de l'enrichissement en matière fissile ;
- ▣ des connaissances acquises, notamment grâce aux programmes de R&D sur le combustible en fonctionnement normal ou accidentel qui sont menés par l'IRSN ou auxquels il participe.

Ce nouvel examen s'inscrit dans le cadre de l'élaboration d'un référentiel de sûreté pour les futures gestions de combustible. L'aboutissement de ces réflexions sera présenté au Groupe permanent pour les réacteurs nucléaires en 2007 ou 2008.

Accident d'éjection d'une grappe de contrôle

Concernant plus spécifiquement l'accident d'éjection d'une grappe de contrôle, la démonstration de sûreté est à ce jour fondée principalement sur les résultats des essais CABRI REP-Na dont une synthèse sera publiée en 2006.

En 2005, la collaboration internationale autour du nouveau programme CABRI International Project (CABRI-CIP) qui fait suite aux essais CABRI REP-Na s'est concrétisée par la tenue d'un séminaire technique et par la réunion du Groupe technique d'experts. Ce groupe a poursuivi l'élaboration de la matrice des essais qui seront réalisés dans la boucle à eau sous pression et qui ont fait l'objet d'études quantitatives détaillées. Dans le cadre de ce pro-

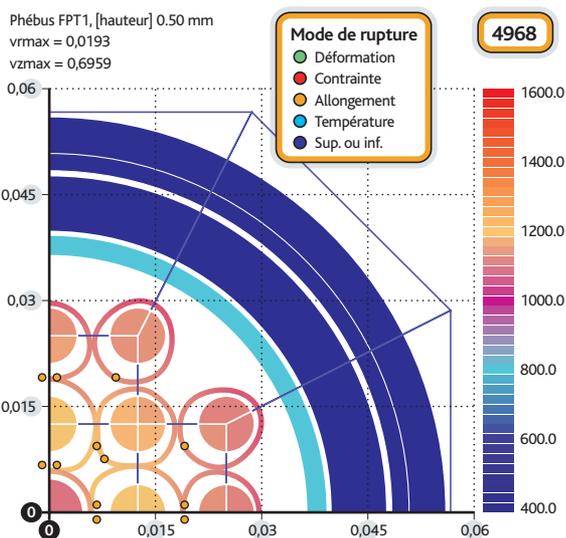
gramme, l'IRSN examine les possibilités d'utilisation du réacteur japonais NSRR, exploité par JAEA, pour l'étude du comportement des gaz de fission présents dans le combustible irradié lors d'un échauffement rapide. Un ingénieur de l'IRSN a été détaché dans l'équipe NSRR.

Les développements du logiciel SCANAIR, utilisé pour la préparation et l'interprétation des essais CABRI ainsi que pour la transposition à l'échelle des réacteurs de puissance, ont été poursuivis. Ce logiciel modélise le comportement d'un crayon combustible soumis à une brusque variation de puissance. Le principal développement introduit en 2005 est un

modèle d'évaluation des échanges de chaleur entre la gaine d'un crayon et le réfrigérant, dans les conditions des essais réalisés dans le réacteur NSRR. Ce développement a permis d'enrichir la base de validation du logiciel SCANAIR.

Des actions de modélisation détaillée utilisant des méthodes récentes pour prédire la fissuration des gaines sont cofinancées par EDF et Areva depuis 2005. Elles ont fait l'objet en 2005 de la soutenance d'une thèse sur la modélisation de la propagation de fissures dans la gaine d'un crayon lors d'un accident d'éjection de grappe ou lors d'une rampe de puissance.

Accident de perte de réfrigérant primaire (APRP)



Calcul DRACCAR de la déformation des gaines de l'essai Phébus FPT1.

L'IRSN participe activement à la définition et à l'interprétation des essais de programmes expérimentaux relatifs au comportement du combustible irradié lors d'un APRP, qui sont en cours aux États-Unis (ANL), au Japon (JAEA) et en Norvège (Halden). Les deux premiers programmes comportent des essais hors

pile sur un tronçon de crayon combustible irradié extrait d'un réacteur de puissance. Le principe de ces essais consiste à soumettre le tronçon de crayon, qui présente initialement une pression interne, à une brusque variation de température représentative de la variation calculée pour un crayon combustible en réacteur. Ceci en vue d'étudier son comportement lors des principales phases de l'évolution de l'accident : le gonflement et la rupture du gainage, le déplacement éventuel du combustible fragmenté dans les zones ballonnées des gaines, l'oxydation et l'hydruration à haute température du gainage et le comportement à la trempe lors du renoyage. Ces essais de type intégral sont complétés par un ensemble d'essais mécaniques réalisés à basse température sur des tronçons de gainage vierge, pré-hydruré ou irradié ayant subi une oxydation à haute température. Ces essais permettent de mesurer les caractéristiques mécaniques résiduelles du gainage dans la phase postaccidentelle au cours de laquelle les crayons peuvent être soumis à des sollicitations diverses (hydrauliques, sismiques, manutention).

Les essais du 3^e programme portent sur un seul crayon. Ils sont réalisés dans le réacteur d'essais d'Halden et ont pour principal objectif de caractériser les déplacements de fragments de combustible irradié à l'intérieur des zones ballonnées qui se forment pendant le gonflement du gainage. L'IRSN a réalisé une synthèse de l'ensemble des programmes APRP menés à bien depuis 1973. Cette réalisation a permis à l'Institut d'identifier des manques de connaissance associés à l'utilisation des nouveaux combustibles à fort taux de combustion. Elle a également permis à l'Institut de proposer à ses partenaires français et internationaux un programme de R&D sur l'APRP axé sur ces aspects.

[FOCUS]



Accident de perte de réfrigérant primaire (APRP)

L'IRSN a commencé l'étude de la définition d'un référentiel d'étude de l'APRP où doivent être précisés :

- ▣ le transitoire de référence (grosse et/ou petite brèche) étudié au titre de la démonstration de sûreté pour justifier de l'efficacité du système d'injection d'eau de sécurité ;
- ▣ les phénomènes physiques à considérer ;
- ▣ la validité des critères de sûreté associés.

Cette action se place dans un contexte international où l'ensemble des acteurs, en particulier l'US-NRC, se sont engagés dans l'élaboration d'une nouvelle

approche. Celle-ci s'appuie sur les résultats de programmes de R&D auxquels l'IRSN a largement participé (voir Focus*).

Le développement du logiciel DRACCAR a démarré. Il a pour objectif de modéliser les déformations subies par un ensemble de crayons combustibles lors d'un APRP, en tenant compte des interactions thermiques et mécaniques entre crayons, alors que les outils actuels ne modélisent qu'un seul crayon « moyen ». Il permettra des avancées importantes dans l'interprétation de la base expérimentale existante. La transposition des résultats à l'échelle du réacteur permettra une meilleure évaluation des

* FOCUS p.53

FOCUS

Accident de vidange d'une piscine d'entreposage de combustibles irradiés



Piscine d'entreposage de combustibles à l'usine de La Hague.

Un programme de R&D a démarré à l'IRSN en 2005 pour étudier les conséquences d'un accident de vidange d'une piscine d'entreposage de combustibles irradiés (piscine de désactivation d'un REP ou piscine de l'usine de retraitement de La Hague). Une vidange accidentelle de l'eau dans laquelle baignent les assemblages entreposés conduirait à une montée en température d'autant plus rapide que la puissance résiduelle du combustible après irradiation en réacteur est élevée. Cet échauffement intensifié par l'exposition directe des crayons à l'air (la réaction d'oxydation du gainage par l'oxygène est plus exothermique que celle par la vapeur d'eau) pourrait dans certains cas entraîner des ruptures de gaines sous l'effet de la pression interne dans les crayons. Ces ruptures conduiraient alors au relâchement de produits de fission.

Une incertitude importante demeure quant aux conséquences de l'oxydation des gaines en zircaloy par l'air.

Le programme de R&D comporte un premier volet d'étude et de mise au point de modèles permettant de calculer ce type d'accident. Un autre volet concerne la réalisation et l'interprétation d'essais à effets séparés destinés à mieux comprendre les mécanismes d'oxydation et de nitruration des gaines en zircaloy en présence d'air. Un troisième volet, dont la faisabilité sera examinée en 2007, concerne la réalisation d'essais à caractère semi-intégral sur des maquettes d'assemblages, de façon à apporter des éléments globaux de validation des modèles utilisés. (voir aussi le Focus Risque de vidange de la piscine d'entreposage des combustibles irradiés*)

* FOCUS p.102

déformations subies par les crayons les plus chauds lors d'un APRP. L'objectif poursuivi est d'évaluer l'efficacité du refroidissement du cœur durant l'accident, à court et long terme.

Accident de dénoyage des piscines d'entreposage des combustibles irradiés

L'Institut mène un programme de R&D relatif aux accidents de dénoyage d'assemblages de combustibles irradiés en cours de manutention ou dans les piscines d'entreposage (voir Focus page de gauche). L'effort a porté en 2005 sur l'étude d'un accident de dénoyage d'un assemblage en cours de manutention.

TRAVAUX DE MODIFICATION DE L'INSTALLATION CABRI

Les travaux de modification de l'installation CABRI permettront de réaliser des essais dans des conditions représentatives d'un réacteur à eau sous pression. Ces travaux comportent notamment la mise en place d'une boucle à eau sous pression, en remplacement de la boucle à sodium précédemment utilisée pour l'étude du combustible des réacteurs à neutrons rapides puis des réacteurs à eau (programme précédent REP-Na).

Les programmes de recherche menés dans le réacteur de recherche CABRI du CEA (Cadarache, Bouches-du-Rhône) sur le comportement des combustibles fortement irradiés lors d'une brusque variation de puissance permettent de recueillir des données expérimentales sur les effets d'une augmentation du taux de combustion de ces combustibles.

Les travaux d'implantation de la boucle à eau sont accompagnés d'une mise à niveau de la sûreté de l'installation. Le rajeunissement de certains équipements est également prévu. En parallèle, l'IRSN met au point un dispositif d'essai instrumenté destiné à recevoir les tronçons de crayons combustibles irradiés qui seront soumis aux essais. Le programme international CABRI CIP comportera une dizaine d'essais à compter de 2009, à raison de trois par an en moyenne.

QU'EST-CE QU'UN ACCIDENT GRAVE ?

Un accident grave aurait pour origine un défaut de refroidissement du cœur par l'eau, qui ne permettrait plus d'évacuer la puissance produite dans le réacteur, y compris après l'arrêt de la réaction en chaîne (puissance dite résiduelle). En une à quelques heures, à la suite de défaillances multiples humaines ou matérielles, une dégradation du combustible puis une fusion du cœur pourraient survenir. Des phénomènes complexes se dérouleraient, dont l'impact dépendrait des conditions initiales de l'accident et des actions des opérateurs. Pour les REP actuels, l'accident comporterait quatre grandes phases :

- Sous l'effet de la puissance résiduelle, les combustibles présents dans le cœur du réacteur perdraient leur intégrité, libéreraient l'hydrogène par oxydation des gaines par la vapeur d'eau et relâcheraient des produits de fission dans l'enceinte de confinement.

- Si de l'eau n'était pas injectée dans la cuve, le cœur fondrait et la masse de matériaux fondus ainsi créée (appelée corium) finirait par attaquer puis par percer le fond de la cuve. Dans le cas particulier d'une percée de la cuve sous pression, l'éjection du corium dans l'enceinte de confinement pourrait conduire à un échauffement direct de l'atmosphère de cette enceinte. De plus, en cas de dégradation avancée, une explosion de vapeur pourrait se produire ; l'enceinte de confinement pourrait également être sollicitée par les effets d'une explosion de l'hydrogène présent (déflagration, voire détonation).

- Sous l'effet de la chaleur libérée par le corium, le béton du radier sous la cuve subirait une dégradation pouvant aller jusqu'à son percement. Cette dégradation aurait aussi pour conséquence de libérer différents gaz qui, ajoutés à la vapeur d'eau déjà créée, entraîneraient une augmentation progressive de la pression dans l'enceinte.

- Une certaine quantité de produits de fission (gaz rares, iode, césium, etc.) pourrait sortir de l'enceinte de confinement dès lors que celle-ci serait endommagée sous l'effet des sollicitations induites par les événements mentionnés ou dès lors que serait mise en œuvre la procédure d'urgence dite U5 (décompression volontaire avec filtration visant à limiter la pression de l'enceinte à une pression voisine de sa pression de dimensionnement).

Un tel accident sur les REP actuels pourrait donc conduire à des rejets radioactifs importants dans l'environnement.



Avancement des travaux

L'année 2005 a été consacrée à l'installation du caisson contenant les éléments essentiels de la boucle à eau sous pression (pressuriseur, pompe, réservoir de décharge, etc.) et à la première tranche des travaux de mise à niveau sismique relative à la cuve du réacteur piscine CABRI.

Avancement des études

En 2005, les études sur la représentativité du dispositif d'essai CABRI par rapport au cas d'un REP ont été achevées en coopération avec SERCO, société anglaise de services en ingénierie (Londres). Elles démontrent que les essais qui seront réalisés dans l'installation CABRI seront transposables au cas d'un réacteur.

Les partenaires nationaux et internationaux du programme expérimental CABRI CIP se sont réunis en 2005. Les conditions de la moitié des essais du programme sont maintenant définies.

FOCUS

ASTEC, colonne vertébrale du réseau SARNET



L'équipe du logiciel ASTEC.

Codéveloppé par l'IRSN et son homologue allemand GRS pour la simulation de l'ensemble d'un accident grave dans un REP, le logiciel ASTEC joue un rôle central dans le développement du réseau SARNET.

Une première synthèse a été réalisée en 2005 sur l'évaluation des possibilités du logiciel. Ce travail a été effectué par 27 organismes sur la base de comparaisons entre calculs et résultats de programmes expérimentaux et de résultats de calculs de scénarios d'accident pour des réacteurs REP et VVER réalisés avec d'autres logiciels.

Certaines améliorations des modélisations du comportement des produits de fission ont fait l'objet d'un consensus des spécialistes du réseau. Elles seront introduites dans le logiciel dès 2006. Par ailleurs, des spécifications générales ont été écrites afin d'adapter les modèles physiques ASTEC à d'autres réacteurs à eau de types REB, CANDU et VVER. ASTEC devrait ainsi devenir le logiciel européen de référence en matière d'accidents graves.

TRAVAUX DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES ACCIDENTS GRAVES* AVEC FUSION DU CŒUR D'UN REP



La démarche retenue pour ce programme est fondée sur l'établissement de scénarios accidentels, l'identification des phénomènes physico-chimiques, la réalisation d'expériences à effets séparés pour la mise au point de modèles mathématiques élémentaires et l'écriture de logiciels de calcul intégrant ces modèles ainsi que leur qualification sur des expériences plus globales.

Déploiement du réseau européen SARNET

Ce réseau a pour principal objectif de mieux coordonner le développement des connaissances dans le domaine des accidents graves en mettant en commun des efforts d'expérimentation et de modélisation. Il a démarré le 2 avril 2004 dans le cadre du 6^e PCRD de la Commission européenne. Coordonné par l'IRSN, il rassemble 49 organismes relevant de 18 pays européens impliqués dans la recherche sur la sûreté des réacteurs nucléaires (organismes de sûreté, universités, industriels, etc.). En 2005, le réseau SARNET a poursuivi son déploiement et a organisé, du 14 au 16 novembre à Aix-en-Provence, son premier séminaire international sur les accidents graves des réacteurs à eau intitulé ERMSAR. Ce séminaire a rassemblé plus de 120 participants. Il s'est achevé par une session de

bilan et de discussion sur les orientations et priorités à donner à SARNET. Ces conclusions seront mises à profit pour la définition du prochain plan d'actions du réseau.

Le retour d'expérience des 27 organismes du réseau utilisateurs du logiciel ASTEC (*voir Focus page de gauche*) a été intégré dans la version V1.2 livrée en juillet 2005. Il a notamment permis d'améliorer la robustesse du logiciel. Une vingtaine de cercles d'experts du réseau ont poursuivi leurs travaux d'analyse des domaines qu'il serait utile d'appréhender en termes de R&D, d'interprétation d'essais et d'élaboration de modèles. Une méthode d'élaboration des priorités a été élaborée et mise en œuvre pour réactualiser les priorités définies en 2003 dans le cadre du projet EURSAFE⁽³⁾, sur lesquelles s'était basé le réseau pour démarrer son activité. Afin d'intégrer au mieux les connaissances acquises dans le cadre des programmes nationaux et internationaux, le réseau SARNET a établi des relations avec :

- ▶ l'institut russe ISTC, afin de participer à la définition et à l'exploitation des programmes de recherche sur les accidents graves en Russie ;
- ▶ le programme TERME SOURCE (*voir Focus ci-contre*), les paramètres des essais sont définis de manière concertée et les premiers résultats sont interprétés dans le cadre des cercles d'experts du réseau ;
- ▶ le groupe de travail GAMA de l'OCDE, dans le cadre duquel un exercice de comparaison des résultats de codes de calcul sur des scénarios d'accident avec dégradation du cœur d'un réacteur est piloté par l'IRSN.

Les informations publiques relatives au réseau sont accessibles sur le site Internet www.sar-net.org ouvert depuis début 2005.

ERMSAR 2005 EN CHIFFRES

Participation :

- 120 spécialistes ;
- 50 organismes dont 12 organismes invités (4 électriciens, 4 autorités de sûreté, 3 organismes de recherche et 1 université) ;
- 19 pays dont 3 hors Europe (Canada, Corée, Russie).

(3) Projet européen du 5^e PCRD visant à hiérarchiser les besoins d'acquisition de connaissances nouvelles dans le domaine des accidents graves.

Démarrage du programme TERME SOURCE

FOCUS



L'installation BECARRE.

L'IRSN a démarré en 2005 un nouveau programme de recherche appelé TERME SOURCE. Engagé pour une durée de cinq ans, il a pour objectif de réduire les incertitudes concernant l'évaluation des rejets de produits radioactifs dans l'environnement en cas d'accident de fusion du cœur d'un réacteur à eau. Mené en France dans un cadre tripartite avec le CEA et EDF, ce programme coopératif de recherche a reçu un support international et sera notamment cofinancé par la Commission européenne, l'Institut Paul Scherrer à Villigen (Suisse), l'organisme de recherche AECL (Canada) et l'US-NRC (États-Unis).

Le programme expérimental couvre quatre champs d'investigation :

- ▶ la chimie de l'iode dans le circuit primaire du réacteur (essais CHIP) et dans l'enceinte de confinement (essais EPICUR) ;
- ▶ l'effet de l'air sur la dégradation des éléments combustibles, en particulier sur l'oxydation des gaines (essais MOZART) ainsi que sur le relâchement du ruthénium, et sur son comportement chimique dans l'enceinte de confinement ;
- ▶ l'effet de la dégradation des barres de contrôle en carbure de bore sur la progression de l'accident et sur les rejets radioactifs associés (essais BECARRE) ;
- ▶ les relâchements des produits de fission à partir de combustibles irradiés (UO₂ et MOX).

L'année 2005 a été marquée par l'inauguration, en mai, de l'installation EPICUR puis par la réalisation des premiers essais dans cette installation et enfin par la réalisation d'essais MOZART et BECARRE.



FOCUS

Programme PHÉBUS : premiers résultats de l'essai FPT3



Stockage des échantillons PHÉBUS.

En 2005, des mesures non destructives du dispositif d'essai (radiographies, tomographies, spectrométrie γ) ont été réalisées et des prélèvements d'aérosols et de vapeurs effectués lors de l'essai PHÉBUS FPT3 (réalisé en 2004) ont été analysés. Les mesures de l'émission γ des 320 échantillons d'aérosols recueillis (prélevés par filtrage ou dépôts sédimentaires) permettront, au cours des différentes phases de l'essai, de quantifier les rejets et les dépôts d'aérosols et de vapeurs de produits de fission (dont l'iode organique et l'iode moléculaire) dans les circuits et dans le réservoir simulant le circuit primaire et l'enceinte de confinement d'un REP.

Les profils de l'émission γ , la radiodensitométrie et les tomographies γ et x du dispositif d'essai confirment que l'objectif de dégradation modérée du combustible (fusion limitée du combustible) a été atteint. Les premiers calculs d'interprétation, réalisés à l'aide du logiciel ICARE 2, ont permis de reproduire la thermique de l'assemblage combustible au cours de l'essai, mais sous-estiment son état final de dégradation. Cela pourrait être dû à un défaut de prise en compte de l'influence du carbure de bore de la barre de contrôle.

Études et recherches sur les accidents graves menées par l'IRSN en 2005

Dégradation du cœur et comportement du corium en cuve

Cette phase de l'accident est étudiée à l'IRSN à l'aide du logiciel ICARE/CATHARE développé par l'Institut. Dans le cadre de l'EPS de niveau 2, qu'il développe pour les réacteurs de 900 MWe, les calculs de nouvelles séquences d'accidents, réalisés avec la version 1 du logiciel, ont permis d'étudier les brèches induites dans le circuit primaire, notamment au niveau des tubes des générateurs de vapeur, en cas de fusion du cœur en pression.

Des développements importants ont été réalisés pour préparer la version 2 du logiciel. Elle sera livrée en 2006 pour effectuer des calculs de renouage d'un cœur dégradé dans le cadre de l'EPS de niveau 2, réalisée par l'IRSN pour les réacteurs de 1 300 MWe. Cette version permettra de traiter la thermo-hydraulique et les mouvements de matériaux dans le cœur en bidimensionnel. D'autres améliorations ont été apportées en 2005 sur la modélisation des phénomènes de rayonnement dans le cœur et sur l'oxydation sous air des gaines des crayons.

Les 17 et 18 novembre 2005, l'IRSN a organisé le deuxième séminaire international du Club des utilisateurs du logiciel ICARE/CATHARE à Aix-en-Provence. Ce séminaire a regroupé une trentaine de participants, dont 15 provenaient d'organismes étrangers. L'ensemble des exposés a permis de dresser un tableau complet des atouts et des limitations de la version actuelle V1, et d'identifier les apports attendus de la V2.

Le comportement des produits de fission

L'étude du comportement des produits de fission à l'IRSN a été très liée, ces dernières années, au développement du programme international PHÉBUS-PF. En 2005, l'exploitation des premiers résultats du dernier essai FPT-3, réalisé en 2004, a débuté (voir Focus ci-contre).

Les recherches sur le comportement des produits de fission lors d'un accident de fusion du cœur seront poursuivies dans le cadre du programme TERME SOURCE (voir Focus*).

La tenue du confinement

Ces études visent principalement à mieux appréhender le risque de rejets précoces et directs de produits radioactifs dans l'environnement.

* FOCUS
p.57

Concernant les explosions d'hydrogène, l'année 2005 a vu l'achèvement du développement de base du logiciel TONUS. Des actions expérimentales, menées en collaboration avec le CNRS d'Orléans, ont été poursuivies en vue d'affiner les critères d'accélération de flamme et d'améliorer la prédiction du déclenchement de détonations.

Les derniers essais d'aspersion du programme expérimental TOSQAN et le début d'interprétation de leurs résultats ont été réalisés en 2005. Ces essais permettront de qualifier la prédiction par les logiciels TONUS-CFD et ASTEC/CPA de la distribution d'hydrogène et de l'évolution de la pression dans l'enceinte de confinement. Deux d'entre eux servent de référence à un exercice comparatif international entre logiciels. Un programme expérimental sur l'échauffement direct de l'atmosphère de l'enceinte, mené en collaboration avec le centre d'études allemand FzK dans son installation DISCO, s'est achevé avec succès. Ces résultats seront utilisés pour améliorer les modèles du logiciel ASTEC/RUPICUV et mieux évaluer les conséquences de l'éjection sous pression de corium dans l'enceinte de confinement.

Concernant les risques d'explosion de vapeur (*voir Focus ci-dessous*), la version V3.5 du logiciel MC3D a été livrée. Elle tient compte du retour d'expérience de l'utilisation du logiciel et des dernières actions de qualification menées.

Synthèse du programme RECI

[FOCUS]

Le programme RECI (RECombineur et Iode) a été achevé en 2005. Ce programme de l'IRSN visait à améliorer les connaissances sur le comportement des produits de fission dans l'enceinte de confinement d'un réacteur nucléaire lors d'un accident grave.

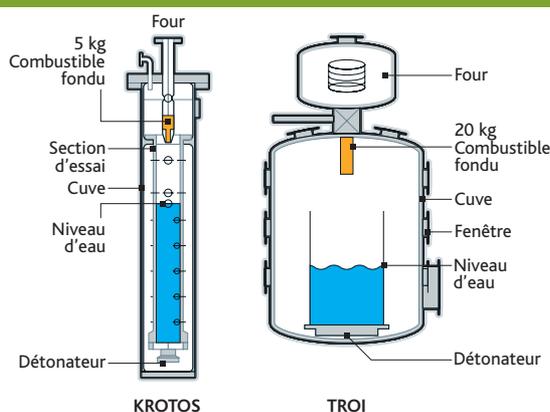
Les expériences RECI ont permis de mettre en évidence des réactions physico-chimiques génératrices d'iode volatil par dissociation d'iodures métalliques solides. Ces réactions interviendraient lors d'un échauffement de ces iodures à l'intérieur des recombineurs d'hydrogène en fonctionnement.

Compte tenu de l'échelle très réduite des expériences analytiques du programme RECI, les résultats obtenus sur les iodures de césium et de cadmium ne peuvent pas être directement extrapolés au cas du réacteur.

En revanche, ils permettent de dimensionner un banc expérimental plus représentatif des situations réelles, et autorisent d'ores et déjà une première estimation (à l'aide du module IODE du logiciel ASTEC) de l'impact des recombineurs catalytiques d'hydrogène sur les rejets d'iode.

[FOCUS]

Bilan et perspectives du programme SERENA de l'OCDE/AEN



KROTOS et TROI : deux installations complémentaires pour l'étude de l'explosion de vapeur.

Mené de 2001 à 2005, le programme SERENA a regroupé les principaux experts internationaux en matière d'explosion de vapeur afin d'évaluer la compréhension des phénomènes et les possibilités de calcul apportées par les outils numériques. L'IRSN a participé à ce programme avec son logiciel MC3D, en partenariat avec le CEA.

De réelles divergences d'appréciation existent quant à la nature même du phénomène. De même, la dispersion des résultats des calculs réalisés avec les divers logiciels montre que des efforts substantiels restent à accomplir pour mieux comprendre la phase d'explosion.

Le CEA et l'IRSN, associés aux instituts coréens KAERI et KINS, ont proposé une seconde phase d'étude, adossée aux programmes expérimentaux KROTOS (CEA) et TROI (KAERI) afin de mieux cerner les conséquences d'une explosion de vapeur pour des combustibles et des situations représentatifs des cas réacteurs.



SÛRETÉ DES LABORATOIRES, DES USINES, DES TRANSPORTS ET DU DÉMANTÈLEMENT

Les travaux d'étude et de recherche dans ce domaine concernent notamment les risques de criticité et de dispersion de matières radioactives hors des enceintes de confinement.

Études, recherches et développements en criticité

Les études qui permettent d'évaluer le risque de criticité font appel à des logiciels de calcul utilisant des bibliothèques de données nucléaires (sections efficaces). Ces logiciels doivent pouvoir résoudre des problèmes de neutronique très différents les uns des autres en raison de la diversité des milieux fissiles rencontrés et de la géométrie des appareils qui les contiennent.

L'Institut développe un logiciel de simulation multigroupes de transport des neutrons à trois dimensions, dénommé MORET 4, fondé sur la méthode de Monte Carlo, ce logiciel est un composant important du formulaire de calculs de criticité CRISTAL. En 2005, l'IRSN a étudié la possibilité d'utiliser d'autres bibliothèques de données nucléaires, ponctuelles ou multigroupes, et mené des travaux visant à diminuer les incertitudes de calcul par l'amélioration des méthodes statistiques utilisées et à améliorer l'analyse détaillée des résultats de calcul. Certains travaux sont réalisés dans le cadre de coopérations sous l'égide de l'OCDE/AEN.

La qualification des logiciels de criticité est obtenue par comparaison de résultats de calculs à des données expérimentales. C'est pourquoi des études expérimentales de criticité sont menées dans le cadre de partenariats nationaux ou internationaux. Elles consistent à réaliser en grandeur réelle des configurations aux caractéristiques radiochimiques et géométriques parfaitement connues, très proches de l'état critique. Ces expériences sont ensuite simulées par calcul. La comparaison entre calculs et expériences permet d'apprécier la précision des logiciels de criticité et de déterminer les marges de sécurité à retenir dans les études de criticité.

En 2005, la qualification du logiciel MORET 4 a été étendue à plus de 1 300 cas expérimentaux. De nouveaux programmes expérimentaux menés par l'IRSN ont débuté en 2005 (voir Focus page de droite).

Dans le cadre de l'optimisation des opérations de l'aval du cycle du combustible aux États-Unis, l'objectif du DOE (Department of Energy) américain est de valider une méthode de calcul permettant de transporter et d'entreposer de manière plus dense les assemblages combustibles usés. La démonstration de la sûreté de cette densification exige des calculs complexes de criticité.

Dans ce cadre, l'IRSN a mis à la disposition du DOE les résultats d'expériences permettant la validation des codes de calcul de criticité et tenant compte de la diminution de la réactivité des assemblages combustibles après leur passage en réacteur (*credit burnup*). Ce programme expérimental a été réalisé dans les installations du CEA à Valduc avec un cofinancement de Cogema et de l'IRSN (voir Focus page de droite). Par ailleurs, l'Institut a poursuivi en 2005 sa participation au projet international ICSBEP.

LE RISQUE DE CRITICITÉ

Le risque de criticité, c'est-à-dire de déclenchement intempestif d'une réaction neutronique en chaîne, est présent à toutes les étapes du cycle du combustible (enrichissement de l'uranium en uranium 235, entreposage, transport, valorisation des matières issues du traitement des combustibles usés, entreposage des déchets produits).

Un accident de criticité se traduit par un dégagement d'énergie, essentiellement sous forme de chaleur, accompagné d'une émission intense de rayonnements neutroniques et gamma.

La prévention du risque de criticité consiste à déterminer des conditions permettant d'assurer la sous-criticité lors des opérations mettant en œuvre des matières fissiles. Par ailleurs, afin de connaître les conséquences pouvant résulter d'un accident de criticité, l'IRSN mène des études et des recherches pour disposer d'outils de calcul performants, avec le meilleur degré de qualification possible.

Mené sous l'égide de l'OCDE/AEN, ce projet permet de mettre en commun les résultats d'expériences de criticité réalisées dans le monde pour la qualification des logiciels de criticité. L'IRSN a présenté ses travaux de réévaluation des données expérimentales, relatives à des expériences de criticité anciennes, portant sur des cylindres annulaires contenant des solutions de plutonium en présence ou non de « poisons neutroniques » solides.

Les activités de recherche et développement de l'Institut concernent également l'acquisition de connaissances et le développement de compétences pour la prise en compte du taux de combustion dans les études de criticité. Cette prise en compte est une fonctionnalité de la nouvelle version 1.0 du formulaire CRISTAL, livrée aux utilisateurs par l'Institut en 2005.

L'Institut a procédé, en 2005, en collaboration avec EDF et le CEA, à l'exploitation des résultats des expériences du programme international REBUS⁽⁴⁾, mené par SCK.CEN (Mol) et BELGONUCLEAIRE dans l'installation VENUS du centre de Mol (Belgique). Ces travaux permettront de préciser si les effets en réactivité dus aux crayons d'UO₂ de type REP irradiés, mis en œuvre dans les expériences du programme REBUS, sont suffisants pour contribuer à la qualification des logiciels de criticité.

Dans le domaine des accidents de criticité, l'Institut a mené en 2005 des études concernant les conséquences et les possibilités d'intervention en cas d'accident de criticité affectant des emballages de transport. Par ailleurs, la collaboration démarrée en 2004 avec l'Imperial College, appui technique de l'autorité de sûreté britannique sur ces sujets, s'est poursuivie en 2005 par la réalisation de calculs contradictoires de transitoires de réactivité représentatifs des futures expériences sur des solutions de plutonium (prévues en 2006) permettant ainsi de confronter les modèles de calculs (*voir Focus ci-contre*).

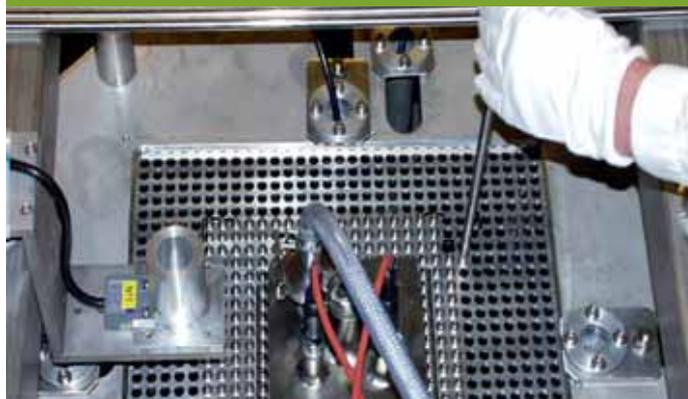
Dispersion de matières radioactives ou toxiques hors des enceintes de confinement

L'IRSN réalise des études et des expériences correspondant à différentes situations accidentelles envisageables en support à l'expertise des risques de dispersion de matières radioactives ou toxiques hors des enceintes de confinement.

(4) REActivity tests for a direct evaluation of the burnup credit on Selected irradiated LWR fuel bundles.

Programmes expérimentaux de criticité 2005-2008

[FOCUS]



Dispositif expérimental à Valduc destiné à la réalisation d'expériences de criticité.

En 2005, un dispositif expérimental mettant en œuvre des solutions de plutonium faiblement concentrées a été préparé, puis monté dans l'installation « Appareillage B » du CEA à Valduc (Côte-d'Or). Ce dispositif est destiné à la réalisation de mesures expérimentales de l'effet de température (qui pourrait être positif) dans le cas de solutions de 15 g/l à 20 g/l de plutonium. La réalisation des expériences est prévue en 2006.

Par ailleurs, un programme a été lancé en 2005 en collaboration avec deux laboratoires américains pour mener des expériences de criticité dans le réacteur russe BFS de l'IPPE d'Obninsk dans le cadre de l'ISTC. L'objectif est de réaliser des expériences critiques représentatives de configurations industrielles mettant en œuvre des matières fissiles de type MOX. Des études de l'impact des incertitudes sur les données nucléaires pour ces milieux seront menées dans le cadre de l'exploitation des expériences.

L'IRSN a, de plus, confirmé au CEA en 2005 son intention de réaliser dans l'installation « Appareillage B » à Valduc un programme expérimental conçu pour la qualification des caractéristiques neutroniques des éléments constitutifs des matériaux de structure (acier, béton, zirconium, aluminium, etc.). Du fait de leur capacité à absorber les neutrons, ces matériaux sont de plus en plus pris en compte dans les études de criticité de situations de transport, d'entreposage ou de stockage. La conception détaillée du dispositif expérimental sera réalisée en 2006.



Des travaux visant à caractériser expérimentalement le confinement dynamique d'une boîte à gants en situation accidentelle ont permis d'élargir la gamme des résultats acquis précédemment en termes de coefficients de transfert de gaz et d'aérosols. Ainsi il a été montré que l'efficacité du confinement passe par un minimum en fonction de la vitesse du débit associé à une ouverture de rond de gant ou de sac (rupture du confinement statique). Les résultats acquis permettent d'estimer les concentrations de polluants susceptibles d'être inhalées par un opérateur dans ces situations dégradées.

Les travaux visant à mieux évaluer les transferts de radionucléides au travers d'un béton fissuré ont été poursuivis et ont été marqués par la fin des essais de rétention des aérosols en air sec dans un voile en béton. Par ailleurs, une étude de faisabilité d'essais avec un écoulement d'air et de vapeur a été menée en 2005. Les essais seront réalisés en 2006. L'IRSN a complété ses moyens expérimentaux, permettant la caractérisation des filtres, par la mise en service du banc d'essais CATFISH en 2005. Ce banc est destiné à l'étude des effets de l'humidité sur le colmatage et sur l'efficacité de filtration de médias filtrants plans ou de filtres industriels plissés. Des essais préliminaires ont été réalisés pour qualifier les performances de l'installation et un programme de recherche pluriannuel a été engagé.

Enfin, le programme pluriannuel portant sur l'influence des effets du vent sur les rejets accidentels a été poursuivi par la réalisation d'essais en soufflerie sur des maquettes représentatives d'installations nucléaires. De plus, une réflexion a été engagée sur la conception d'une maquette d'installation pourvue d'un réseau de ventilation interne, sur laquelle seront menés des essais en soufflerie pour divers scénarios accidentels.

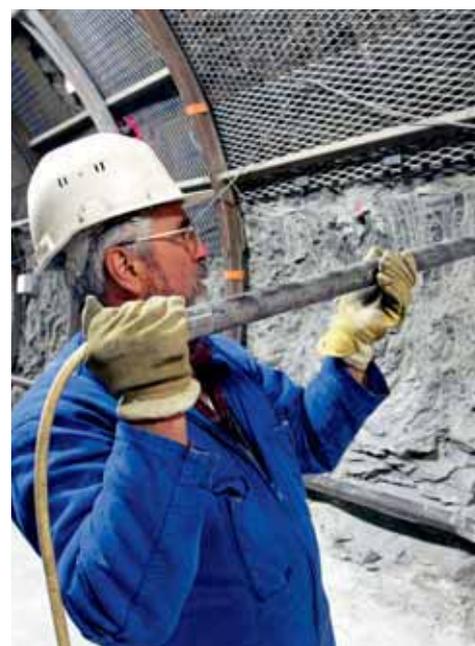
Recherche sur la contamination de surface des colis de transport de matières radioactives

Depuis 2001, l'AIEA organise un « projet de recherche coordonnée » relatif à la contamination superficielle non fixée sur les colis et les véhicules de transport de matières radioactives. L'objectif de ce projet est d'apprécier la validité des limites actuelles de contamination superficielle ($0,4 \text{ Bq/cm}^2$ pour les radionucléides émetteurs alpha et 4 Bq/cm^2 pour les radionucléides émetteurs gamma, bêta ou alpha de faible radiotoxicité) et de les réactualiser si nécessaire. Dans le cadre de ce projet, l'IRSN a participé à l'établissement de scénarios d'exposition aux

rayonnements résultant de la présence de contaminations superficielles des colis et des moyens de transport. Il a également réalisé pour chacun des 350 radionucléides figurant dans le règlement des transports de l'AIEA les calculs des doses induites pour les travailleurs et le public sur la base d'un modèle élaboré par un groupe de travail du projet. L'Institut a estimé notamment que les résultats de ces calculs ne mettent pas en cause les limites de contamination superficielles actuelles. Ces travaux ont fait l'objet de la publication par l'AIEA en juin 2005 d'un document de synthèse, *IAEA-TECDOC-1449*.

TRAVAUX DE RECHERCHE DANS LE DOMAINE DES DÉCHETS

Dans le domaine des déchets, l'IRSN s'est principalement attaché en 2005 à réaliser la synthèse des acquis en matière de recherche sur les stockages géologiques de déchets de haute activité et à vie longue (HAVL) et à achever certaines études en vue de préparer son avis sur le



Introduction d'une instrumentation dans un forage.

« Dossier 2005 Argile » de l'Andra. Cet avis a été présenté en décembre 2005 au Groupe permanent pour les installations de stockage à long terme des déchets radioactifs.

Les travaux ont comporté des développements de modèles numériques et leur validation par des essais de laboratoire ou de terrain. Des essais de terrain ont été réalisés dans la station expérimentale de Tournemire (Aveyron) que l'IRSN a aménagée dans un ancien tunnel ferroviaire creusé dans une épaisse couche d'argile. Les similitudes entre l'argile (argilite) de Tournemire et la roche étudiée par l'Andra dans son laboratoire de Bure (Meuse) permettent à l'IRSN de mener dans ce tunnel des études à caractère non seulement méthodologique, mais aussi phénoménologique. Des essais ont aussi été menés dans le tunnel expérimental dont dispose la Nagra (homologue suisse de l'Andra) en milieu argileux au mont Terri (Suisse), en collaboration avec l'Andra.

Expériences de diffusion et de rétention d'espèces radioactives

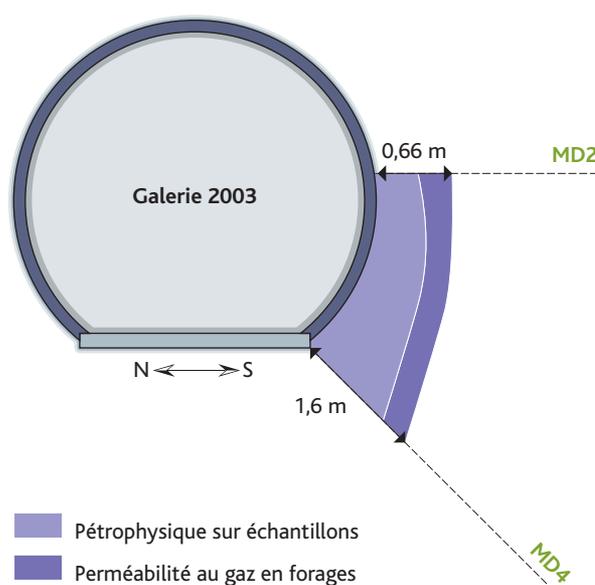
Des expérimentations pluriannuelles de diffusion de traceurs radioactifs ou stables sont en cours de mise en place au mont Terri, en vue de mieux comprendre le comportement des radionucléides et de quantifier les effets de l'anisotropie de la roche sur la diffusion. L'année 2005 a été consacrée à l'excavation de la niche expérimentale et à la mise en place de son instrumentation. Le forage sera équipé d'un dispositif à trois obturateurs isolant deux chambres de diffusion. Une première chambre permettra de mettre en contact des traceurs fortement interactifs avec la roche pour étudier leur diffusion. La seconde chambre recevra des traceurs non fixés par la roche du site pour étudier les effets de l'anisotropie du milieu. L'introduction des traceurs est prévue en 2006 et la diminution de la concentration des traceurs dans les chambres sera mesurée en continu jusqu'en 2009.

Caractérisation des zones perturbées par les creusements

L'IRSN a débuté en 2004, dans le cadre du projet international DECOVALEX, un exercice de modélisation des zones perturbées par les creusements (EDZ) autour des ouvrages de Tournemire. En 2005, une campagne de caractérisation de l'EDZ par des forages radiaux autour des ouvrages a été

Caractérisation des perturbations induites par le creusement de la roche

[FOCUS]



Extension de la zone de désaturation autour de la galerie creusée en 2003 à Tournemire.

Des investigations ont été conduites au cours de l'année 2005 pour caractériser l'endommagement de la roche autour des ouvrages souterrains de la station de Tournemire. En effet, le creusement d'excavations perturbe la roche, ce qui crée une zone endommagée susceptible de constituer une zone de migration préférentielle pour les radionucléides.

Des observations géologiques et des mesures *in situ* et sur carottes (évolutions de la teneur en eau de la roche, de la conductivité hydraulique et de la célérité des ondes ultrasoniques) ont été réalisées à partir de forages radiaux autour des ouvrages.

Ces travaux ont montré que l'extension de la zone endommagée reste limitée à un anneau compris entre la paroi et une distance de 0,2 à 0,25 fois le rayon de l'ouvrage. Cependant, les investigations montrent que la distribution spatiale de l'intensité de l'endommagement ainsi que l'orientation et la densité de la fissuration induite varient en fonction de l'âge de l'ouvrage. Cela pourrait traduire un endommagement dû à une combinaison de mécanismes physiques élémentaires différents comme par exemple la désaturation des argilites ou les déformations différées. L'interprétation fine de ces investigations, ainsi que leur confrontation aux résultats des modélisations, seront poursuivies en 2006 dans le cadre des projets internationaux DECOVALEX et NF-PRO.



FOCUS

Poursuite du Programme d'intérêt commun sur les feux (PIC)



Dispositif des essais PICSEL_C sous la hotte SATURNE.

Mené en collaboration avec Areva, le PIC-Feux (2003-2008) comprend notamment le programme PICSEL d'étude des feux d'armoires électriques pouvant affecter une installation comportant plusieurs locaux ventilés (colmatage des filtres à très haute efficacité par les fumées, perturbations des niveaux de dépression dans les locaux, etc.) ainsi que des équipements contenant de la matière radioactive (boîtes à gants, poubelles, etc.).

En 2005 ont été réalisés les essais PICSEL_C qui concernaient l'étude de la dégradation d'équipements de boîtes à gants (gants, ronds de gants, etc.) et de fûts de déchets soumis à un rayonnement thermique simulant celui d'une flamme.

En parallèle, les résultats des essais PICSEL_A, réalisés en 2004 sur la caractérisation d'un feu d'armoire électrique en milieu ouvert, ont été analysés. Le programme s'est poursuivi par la réalisation en 2005 d'un des essais de la série nommée PICSEL_F qui étudie un incendie d'armoire électrique en milieu confiné et ventilé dans l'installation DIVA.

Par ailleurs, le colmatage des filtres par des aérosols provenant de feux de solides est étudié dans l'installation BANCO à Saclay.

En 2005, la mise en œuvre d'une instrumentation spécifique a permis de corrélérer l'évolution de la résistance aéralique des filtres aux caractéristiques des particules primaires constituant les aérosols de combustion, ainsi qu'aux conditions aéraliques. Ainsi, le modèle empirique de résistance aéralique précédemment élaboré pour la combustion de solvants pourra être aménagé pour traiter la combustion de matériaux solides tels que ceux présents dans les armoires électriques.

mise en place (voir Focus*). Le site de Tournemire qui possède des ouvrages d'âges très différents (un an, neuf ans et 110 ans) offre la possibilité d'étudier l'évolution de la zone perturbée sur de longues périodes. En 2006, ces caractéristiques déterminées *in situ* seront confrontées aux résultats des modélisations. Par ailleurs, des programmes de simulation numérique de la réaction de la roche au creusement ont été élaborés en 2005 dans le cadre du projet européen NF-PRO (6^e PCRD). Ils sont destinés à l'interprétation de résultats de mesure de déplacements, de déformations et de pressions interstitielles obtenus en 2004 dans le cadre de ce même projet lors d'un essai dit *mine-by-test* (creusement dans une roche instrumentée pour suivre la réaction hydromécanique de celle-ci).

* FOCUS P.63

Modélisation du comportement d'un stockage

L'IRSN a poursuivi en 2005 l'élaboration de modélisations permettant d'apprécier les capacités de confinement d'un stockage géologique, en tenant compte des différentes barrières envisagées dans les options de conception retenues par l'Andra dans le « Dossier 2005 Argile ».

Des études ont été réalisées en vue de décrire en particulier les comportements mécanique et chimique d'un stockage de déchets radioactifs, ainsi que les possibilités de transfert vers la surface de radionucléides, à travers la couche hôte et les horizons poreux supérieurs, plus perméables. Les modélisations hydrogéologiques du bassin de Paris et du site de Meuse/Haute-Marne ont été mises à jour. Des modélisations prospectives des modifications des écoulements dues aux variations plausibles du climat ont été effectuées.

Le code de calcul MELODIE a été mis en œuvre en vue d'estimer les capacités de confinement d'un éventuel stockage dans la formation du Callovo-Oxfordien, tel qu'envisagé par l'Andra dans son dossier « argile », pour les situations de fonctionnement dites « normales » (probables) ou « altérées » (incidentelles).

L'IRSN a contribué en 2005 à la préparation de deux projets européens du 6^e PCRD : PAMINA et MICADO, dédiés respectivement aux méthodes et outils de calcul pour l'évaluation des performances à long terme d'un stockage profond et à l'influence des incertitudes relatives au contenu radiologique des combustibles usés sur la sûreté globale d'un stockage profond.

Enfin, en 2005, un accord de collaboration technique portant sur l'échange d'expérience concernant l'utilisation du code MELODIE a été signé entre l'IRSN et AVN (Belgique), support technique de l'autorité de sûreté nucléaire belge. Il s'agit d'une première concrétisation de la démarche d'externalisation du code MELODIE, engagée en 2004 par l'Institut.

TRAVAUX DE RECHERCHE DANS LES DOMAINES DE L'INCENDIE ET DE L'AÉRODISPERSION

Les recherches de l'IRSN dans le domaine de l'incendie portent sur l'étude du déroulement d'un feu en milieu confiné et ventilé : propagation de l'incendie et conséquences, propagation des fumées à d'autres locaux.

Dans le domaine de l'aérodispersion des polluants, l'Institut poursuit des travaux concernant la maîtrise du confinement des matières radioactives ou toxiques, la réduction des incertitudes dans l'évalua-

tion des rejets et de leur dispersion, afin notamment d'apprécier les conséquences pour l'homme et l'environnement.

Programmes de recherche

L'approche expérimentale permet d'approfondir la compréhension des phénomènes physico-chimiques spécifiques des feux et de compléter la base de données nécessaire à l'élaboration, puis à la validation de modèles relatifs à ces phénomènes. Ces modèles sont ensuite introduits dans les logiciels de calcul utilisés pour réaliser des études en support à l'évaluation des dispositions de protection contre l'incendie. Certains programmes sont menés en collaboration avec des partenaires industriels comme EDF ou Areva et font l'objet d'échanges avec d'autres organismes nationaux et internationaux tels que l'Ineris, les universités, l'US-NRC, etc.

Le Programme d'intérêt commun sur les feux (PIC-Feux), mené par l'IRSN en collaboration avec Cogema et Areva a été poursuivi en 2005 par la réalisation de plusieurs essais dans les installations de l'IRSN à Cadarache (Bouches-du-Rhône) et à Saclay (Essonne) (*voir Focus page de gauche*). La préparation du programme PRISME, dont l'objectif général est d'étudier, dans l'installation DIVA,

Mise en place du programme expérimental PRISME



Flamme lors de l'essai PRISME SOURCE S2 sous la hotte SATURNE.

Le programme de recherche PRISME, dédié à l'étude de la propagation de la fumée et des gaz chauds générés par un incendie dans une installation ventilée composée de plusieurs locaux, a été présenté au second trimestre 2005 à des experts des risques d'incendie de 10 pays de l'OCDE (Allemagne, Belgique, Canada, Corée du Sud, Espagne, Finlande, Japon, Slovaquie, Suède, États-Unis) au cours d'une réunion organisée par l'OCDE/CSNI. Les possibilités de l'installation DIVA, dans laquelle les essais seront réalisés, ont suscité un vif intérêt qui s'est concrétisé par l'adhésion de la quasi-totalité de ces pays au programme. En échange d'un cofinancement, ils participeront à la définition précise des conditions expérimentales et auront accès aux résultats. Côté français, EDF et la DGA seront partenaires du programme. Prévu de 2006 à 2010, le programme démarrera par une première campagne d'essais nommée « PRISME DOOR ». Elle visera à caractériser les transferts de chaleur et de matière par une porte séparant deux locaux dont l'un est le siège d'un incendie.

[FOCUS]



la propagation des fumées et des gaz chauds entre locaux par des portes ou un réseau de ventilation, a été poursuivie par des études et par l'établissement d'états des connaissances. Une internationalisation de ce programme a été menée avec succès dans le cadre de l'OCDE (voir Focus*).



Les recherches sur la modélisation de l'évolution de la puissance d'un feu de matériaux solides, en

fonction de leur composition chimique, de l'orientation dans l'espace de la plaque combustible et de l'écoulement de l'air au voisinage de la plaque, se poursuivent dans le cadre d'une thèse. Les premiers résultats d'essais ont été acquis en 2005 à l'aide d'un dispositif spécifique situé sous la hotte de la tour SATURNE à Cadarache. Deux sujets de recherches de base relatifs aux aérosols produits au cours d'un incendie ont également été poursuivis dans les installations de Saclay : identification des mécanismes de mise en suspension d'aérocontaminants volatils et non volatils et caractérisation des suies émises, en termes de morphologie et de propriétés optiques.

Enfin, la plate-forme expérimentale utilisée à Cadarache pour l'étude des feux a été complétée par la construction de l'installation CARINEA, dispositif destiné à l'étude des feux de petites dimensions, comportant une hotte de captation des fumées.

Simulation d'un incendie et de ses conséquences

Pour simuler un incendie dans une installation nucléaire et apprécier ses conséquences en termes de confinement des substances radioactives, deux approches complémentaires sont mises en œuvre à l'IRSN : l'une, simplifiée, utilise le logiciel FLAMME_S/SIMEVENT, l'autre, détaillée, s'appuie sur le logiciel ISIS.

Le logiciel FLAMME_S/SIMEVENT a été utilisé en 2005 pour réaliser des études préalables aux essais des programmes PICSEL et PRISME, ainsi que des calculs d'analyse des résultats des essais de la campagne DIVAO, réalisée en 2004 dans l'installation DIVA. Par ailleurs, le développement du logiciel SYLVIA a été poursuivi avec l'objectif d'améliorer, par rapport au code FLAMME_S/SIMEVENT qu'il va remplacer en 2006, le calcul de l'effet de la ventilation sur le développement de l'incendie ainsi que le calcul du transport des espèces particulières et gazeuses.

Le logiciel ISIS a permis de simuler des incendies dans une configuration réaliste pendant plusieurs minutes (voir Focus ci-contre). Cet outil de calcul est maintenant opérationnel pour les calculs de définition des essais de l'IRSN et pour l'interprétation détaillée de leurs résultats.

Les réseaux de ventilation des installations nucléaires, du fait de leur complexité, nécessitent pour être modélisés l'acquisition d'un grand nombre de mesures de leurs caractéristiques aérodynamiques. L'IRSN s'est parti-

[FOCUS]

Développement du logiciel ISIS



Les développeurs du logiciel ISIS.

Le logiciel ISIS vise à simuler des écoulements tridimensionnels, incompressibles ou faiblement compressibles, gouvernés par les effets de gravité et sièges de réactions chimiques. Il doit ainsi permettre de décrire en détail le comportement aérodynamique et thermique d'un local où se produit un incendie, que celui-ci soit ventilé mécaniquement ou naturellement. Son utilisation aidera à mieux appréhender les phénomènes physiques et à conforter ou montrer les limites de la modélisation plus simple actuellement mise en œuvre dans le logiciel SYLVIA. En 2005, une version permettant des calculs sur plusieurs processeurs en parallèle a été développée. Après une campagne approfondie de tests de vérification du bon fonctionnement des schémas numériques et de leur programmation informatique, les premiers calculs de validation physique ont été menés à bien sur des essais d'incendie réalisés à l'IRSN dans des locaux ventilés. Le logiciel de calcul ayant alors été jugé suffisamment opérationnel sur les plans de l'informatique et de la physique, il a permis de réaliser avec succès des calculs prévisionnels des essais « PRISME DOOR » prévus dans le dispositif DIVA dans une configuration mettant en jeu plusieurs locaux.

culièrement intéressé à l'élaboration d'une méthode de modélisation simplifiée de ces réseaux, nécessitant l'acquisition d'un nombre restreint de données aérauliques, permettant néanmoins de prédire de façon réaliste le comportement de la ventilation dans des situations définies (*voir Focus ci-dessous*).

Recherches en aérodispersion

Les travaux de l'IRSN visent à apprécier les phénomènes physico-chimiques relatifs à la mise en suspension de contaminants et à leur transfert dans les situations normales ou accidentelles. Ils doivent contribuer à évaluer la maîtrise du confinement des matières radioactives et à réduire les incertitudes sur l'estimation des rejets dans l'environnement. Dans ce contexte, l'année 2005 a vu la fin du « PIC Aérocontamination » conduit avec Cogema. Le travail mené dans ce cadre a permis la diffusion d'une base de données, dénommée BADIMISV3, qui synthétise les connaissances sur l'émission de particules pour divers scénarios d'accidents dans les installations (chute de poudre, écoulement d'air sur un tas de poudre de MOX, etc.). Par ailleurs, des recherches ont été menées pour étudier la mise en suspension de contaminants à partir de sources liquides.

En 2005, l'IRSN a mené des recherches relatives aux très petites particules (de taille nanométrique) qui posent des problèmes particuliers de mesure et de filtration. Afin de pouvoir étudier leurs effets éventuels sur la santé, une thèse portant sur la caracté-



Installation expérimentale à Saclay pour simuler la dispersion d'un gaz lourd.

térisation de la surface développée par un aérosol de « nanoparticules » a été lancée en collaboration avec l'INRS. Les techniques de décapage par ablation laser, susceptibles d'être utilisées pour décontaminer la surface de matériaux, produisent également des nanoparticules. Une thèse visant à étudier leur formation lors de l'interaction laser-matière a débuté en 2005 en collaboration avec le CEA et Cogema. Par ailleurs, des recherches visant à mieux connaître

Simplification de la modélisation des réseaux de ventilation en cas d'incendie



Soufflante à l'échelle 1 pour tester la résistance aéraulique et mécanique des équipements de sectorisation.

Les interactions entre la ventilation d'une installation et un incendie influent sur le développement de ce dernier et sur le confinement de la radioactivité au sein des installations. La modélisation des réseaux de ventilation et des transferts d'espèces physico-chimiques à l'aide du logiciel SIMEVENT nécessite la connaissance de nombreuses données aérauliques (pressions et débits d'air). L'ensemble de ces données n'étant généralement pas accessible, il est nécessaire d'effectuer des simplifications en fonction des données disponibles et de l'objectif de l'étude. L'IRSN a ainsi établi en 2005 les premiers éléments d'une démarche de simplification de la modélisation des réseaux de ventilation. Il s'agit de réduire autant que possible le nombre de données nécessaires en s'assurant que le jeu de données réduit, ainsi défini, permet de déterminer correctement les conséquences de l'incendie pour un scénario et un objectif fixés.

[FOCUS]

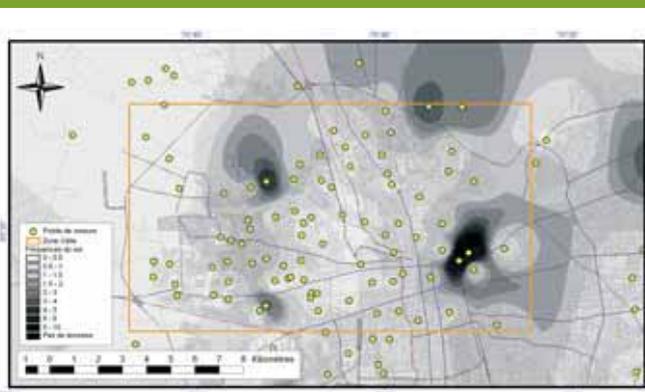


la dispersion atmosphérique d'un rejet accidentel d' UF_6 ont été menées en 2005 dans le cadre d'un PIC avec Cogema. L'utilisation du logiciel de calcul

multidimensionnel CFX-5 a permis de simuler de façon satisfaisante les résultats d'une vingtaine d'essais de dispersion d'un gaz lourd dans un local ventilé. Ces essais ont été réalisés dans les installations de l'IRSN à Saclay en utilisant un traceur non radioactif (SF_6) en remplacement de l' UF_6 .

FOCUS

Accord de collaboration avec l'université du Chili sur les risques sismiques



Carte des points de mesures réalisés lors de la campagne de bruit de fond sismique effectuée à Santiago du Chili (réseaux urbains repérables sur fond de figure), et en grisé, les fréquences de résonances déduites des mesures en ces points.

Le 27 octobre 2005, l'IRSN a signé un accord de collaboration avec l'université de Santiago du Chili dans le domaine de la recherche sur les risques sismiques. Conclu pour une durée de cinq ans, cet accord prévoit la réalisation de travaux communs sur la modélisation des forts mouvements de sol, sur la propagation des ondes sismiques et les effets de site, sur la vulnérabilité et le comportement des structures pendant un séisme ainsi que la réalisation d'études géologiques et de paléosismologie. Il prévoit aussi l'organisation de formations et conférences pour un échange mutuel de connaissances sur ces sujets. Dans le cadre de l'accord, une campagne de mesures a été réalisée à Santiago début avril 2005 pour déterminer le « bruit de fond urbain » sur plus d'une centaine de sites dans la ville. Le traitement des enregistrements permettra de produire une cartographie des caractéristiques des sols. Par la suite, une extension des mesures à l'ensemble du bassin de Santiago est prévue. Elle doit aboutir à un modèle géométrique à trois dimensions de ce bassin. Une fois le modèle géologique établi, des simulations des mouvements forts, occasionnés par un séisme sur une faille récemment reconnue comme active par les géologues, pourront être réalisées. Ces simulations permettront de localiser les zones du bassin les plus exposées en termes d'aléa sismique.

RECHERCHES SUR LES AGRESSIONS D'ORIGINE NATURELLE : SÉISMES ET INONDATIONS

Les travaux de l'IRSN dans ce domaine visent une meilleure connaissance des agressions externes possibles (séismes et inondations) pour les installations à risque.

Recherches sur les séismes

En 2005, les recherches de l'IRSN sur le fonctionnement des failles actives et la caractérisation de leur « potentiel sismogène » ont été poursuivies, notamment par l'étude de la faille du Vuache (Jura). Cette faille est à l'origine de plusieurs séismes au cours des derniers siècles, en particulier celui d'Annecy en 1995 qui a fait des dégâts matériels significatifs. L'étude vise à tester une méthode pluridisciplinaire adaptée au contexte français, caractérisée par de faibles taux de déformation. Elle repose sur la géologie de terrain, des techniques de géophysique dites de subsurface et l'analyse de photos aériennes.

L'Institut a par ailleurs poursuivi l'approfondissement des connaissances des effets de site en engageant des travaux dans une zone exposée à une forte sismicité au Chili (*voir Focus ci-contre*).

La modélisation du mouvement du sol résultant de la rupture d'une faille a été poursuivie dans le cadre de deux thèses. La première, soutenue en 2005, aborde la prédiction du mouvement sismique par des relations empiriques d'atténuation établies à partir de mesures sismologiques réelles. La seconde thèse est axée sur des modélisations numériques visant à reproduire la complexité de la rupture sur le plan de faille et des phénomènes de propagation des ondes sismiques dans le milieu géologique.

Risque d'inondation des installations nucléaires lors d'un tsunami

À la suite du tsunami du 26 décembre 2004 dans l'océan indien, l'IRSN a recherché en 2005 des documents pouvant relater des événements de ce type qui auraient affecté les côtes françaises. Cette recherche a clairement montré qu'un tsunami s'est produit sur la côte anglaise à la suite du séisme de Lisbonne en 1755, mais il n'existe pas d'information quant à des faits de même nature sur la façade atlantique française. L'IRSN a ensuite effectué une comparaison des éléments retenus pour le dimensionnement des protections des sites REP d'EDF et d'un tsunami « de référence » déduit des observations disponibles, soit deux à trois mètres de surélévation du niveau marin à la côte. Cette comparaison montre que les protections existantes des sites pourraient faire face à un tsunami « de référence » en situation de marée moyenne. Par contre, le caractère suffisant des protections pour un tsunami « de référence » en situation de marée maximale continue de faire l'objet d'études.

RECHERCHES EN RADIOÉCOLOGIE

Les recherches poursuivies par l'IRSN dans le domaine de la radioécologie concernent le comportement des radionucléides et leurs effets sur les écosystèmes, qu'ils résultent de rejets contrôlés ou de rejets accidentels. Elles visent également une meilleure compréhension de l'évolution spatiale et temporelle de la radioactivité dans l'environnement. Elles comportent notamment une forte implication de l'Institut dans des projets internationaux.

Développement de modèles, d'outils et de techniques d'expertise

Afin de pouvoir apprécier l'impact des activités nucléaires sur l'environnement, l'IRSN développe et maintient depuis de nombreuses années des modèles et des outils permettant de prévoir le comportement des radionucléides dans l'environnement. En 2005, une nouvelle version du logiciel ASTRAL, cofinancé par EDF, a été livrée. Ce logiciel permet d'évaluer les concentrations des radio-

nucléides dans la chaîne alimentaire à la suite d'un rejet accidentel par voie atmosphérique. À terme, le logiciel ASTRAL sera remplacé par la plate-forme de modélisation SYMBIOSE qui permettra une modélisation des transferts de radionucléides au sein des milieux et entre les milieux (aquatique, terrestre, atmosphérique). L'intérêt d'EDF pour la plate-forme SYMBIOSE s'est concrétisé en 2005 par un engagement financier dans le développement de la version industrielle. L'élaboration du cahier des charges correspondant a été engagée. Par ailleurs, les modèles spécifiques développés en 2004 pour le tritium et le carbone 14 ont fait l'objet de validations en 2005, notamment dans le cadre d'exercices d'intercomparaison.

Développement de connaissances appliquées

En amont du développement de modèles et d'outils, des travaux expérimentaux ou de terrain sont menés à l'IRSN afin de mieux comprendre les mécanismes qui régissent le comportement des radionucléides dans l'environnement. En 2005, ces travaux ont concerné par exemple la dispersion atmosphérique, avec des campagnes d'expérimentation en milieu urbain dans le cadre du projet CAPITOUL mené en collaboration avec Météo France, ou encore les transferts du carbone 14 et du polonium 210 dans les espèces marines.



Station micro-météorologique et dispositifs de prélèvements du gaz SF₆ utilisés dans le cadre du projet CAPITOUL par le laboratoire d'Octeville.



FOCUS

Dépôts radioactifs liés aux retombées de poussière saharienne en France



Lors d'un épisode de « poussière saharienne », le niveau d'empoussièrément peut être 15 fois supérieur aux niveaux habituels.

En 2005, l'IRSN a lancé une étude, dans le cadre du projet EXTREME, afin de préciser la relation entre le niveau de radioactivité de l'atmosphère et la concentration ambiante des poussières ; les épisodes de transport et de dépôt de poussière saharienne représentant les cas extrêmes d'empoussièrément. Ce type d'événement, restreint dans le temps et de forte intensité, conduit actuellement aux dépôts atmosphériques de radionucléides artificiels les plus importants. À titre d'exemple, le 21 février 2004, la moitié sud de la France a été balayée sur 300 000 km² par un événement exceptionnel de transport et de dépôt de poussière saharienne. Les relevés des niveaux d'empoussièrément ont indiqué des augmentations pouvant atteindre un facteur 15 par rapport aux niveaux habituels. Deux millions de tonnes de poussières se sont déposées au cours de l'épisode avec des dépôts pouvant atteindre 50 g/m².

Les dépôts de césium 137, mesurés après quelques heures, ont été équivalents à ceux estimés pour toute l'année 2003. Cependant, la radioactivité ajoutée aux sols à cette occasion est restée très faible, comparée à celle déjà présente provenant des retombées radioactives des essais nucléaires dans l'atmosphère et de l'accident de Tchernobyl (de l'ordre de 1/1000). Des phénomènes de remise en suspension d'ampleur beaucoup plus faible sont observés quotidiennement à l'échelle locale. Ils conditionnent aujourd'hui le bruit de fond de la radioactivité dans l'atmosphère au voisinage du sol.

Par ailleurs, l'exploitation des données environnementales acquises sur le terrain se fait également dans le cadre de projets de recherche fédérateurs de nombreuses disciplines scientifiques. C'est le cas pour deux projets de recherche de l'Institut, SENSIB et EXTREME, qui sont entrés en 2005 dans une phase de mise en œuvre.

Le projet SENSIB « sensibilité radioécologique » vise à disposer à terme d'un outil permettant de représenter et de comparer sur une même échelle la sensibilité des différents milieux à une pollution radioactive. En effet, les conséquences d'une pollution pour l'homme et l'environnement dépendent de l'importance et de la nature de celle-ci, mais aussi de l'environnement qui la reçoit. En 2005, les premiers travaux sur les facteurs de sensibilité agricole ont démarré dans le cadre d'une thèse portant sur l'exploitation des résultats des mesures d'activité obtenues depuis 1961 dans le système de transfert air-sol-végétal-animal. Pour le volet fluvial, un post-doctorat a été engagé sur l'apport de la géomorphologie dans la détermination des facteurs de sensibilité des berges du Rhône. Pour le volet atmosphérique, une thèse s'attachera à mettre en relation des coefficients de lessivage des masses d'air avec les caractéristiques des précipitations, c'est-à-dire leur type (averse, ondé, bruine, brouillard, neige), leur intensité, leur durée, la taille des gouttes et des particules, l'origine des masses d'air, etc.

Le projet EXTREME étudie quant à lui les conséquences sur l'environnement de processus générateurs de flux ou de stocks de radioactivité importants tels que les tempêtes ou les crues. Ces événements sont en effet susceptibles de déplacer des masses importantes de matière et de conduire à des taux de radioactivité très supérieurs à ceux déterminés par des modélisations existantes, avec des flux de polluants sur quelques jours souvent équivalents à ceux cumulés sur plusieurs mois, voire sur des années (*voir Focus ci-contre*). L'année 2005 a vu la diffusion du rapport de lancement du projet EXTREME, l'achèvement d'un travail de post-doctorat et d'une thèse sur les crues du Rhône ainsi que le démarrage d'une thèse sur les redistributions forcées de matières à l'échelle du golfe du Lion.

Ces deux projets reposent notamment sur le développement de moyens de mesures environnementales adaptés à tous les milieux, mis en œuvre dans le cadre du réseau de mesures OPERA de

Participation de l'IRSN aux projets européens en radioécologie



Les partenaires du programme européen FUTURAE dont le leadership est assuré par l'IRSN.

Face à la réduction des moyens attribués à la radioécologie en Europe, la Commission européenne a lancé en 2005, dans le cadre du 6^e PCRD, un appel de propositions pour étudier la faisabilité d'un réseau d'excellence en radioécologie. Il pourrait être lancé dans le cadre du 7^e PCRD. L'objectif de ce réseau serait de maintenir et de renforcer la compétence dans cette discipline à l'échelle européenne et internationale. En réponse à cet appel de propositions, l'IRSN a pris l'initiative de constituer et de coordonner un consortium rassemblant 10 organismes relevant de huit pays européens, et de soumettre un projet baptisé FUTURAE. Après évaluation, ce projet a été retenu par la Commission. Par ailleurs, un consortium de six organismes a été constitué dans le cadre du même appel d'offres pour comparer les différentes méthodes d'évaluation du risque environnemental associé aux radionucléides. Ce consortium auquel participe l'IRSN est coordonné par le Centre d'écologie et d'hydrologie (Royaume-Uni) (projet PROTECT). Ces deux projets débuteront mi-2006 et dureront deux ans.

[FOCUS]

l'Institut. En 2005, une innovation technique a été mise au point au laboratoire de l'Institut de La Seyne-sur-Mer, en collaboration avec l'université d'Harvard. Elle consiste en l'utilisation d'un capteur appelé « Gellyfish » qui s'équilibre spontanément

avec le milieu environnant et facilite les mesures des concentrations de polluants métalliques. Ce dispositif peut constituer un indicateur standardisé de la concentration en contaminants de l'eau de mer, facilitant l'extension des réseaux marins d'observation, comme le réseau international méditerranéen d'observation de la pollution marine « Musselwatch », piloté par l'IRSN sous l'égide de la Commission internationale pour l'exploitation scientifique de la Méditerranée.



Carotte de sédiments du Rhône (projet EXTREME).

Une forte implication au niveau international

En 2005, l'IRSN s'est largement impliqué dans des programmes internationaux, notamment dans le projet européen ERICA qui vise à mettre en place une méthode d'évaluation du risque environnemental associé aux radionucléides.

En parallèle, l'Institut a continué de coordonner les activités du groupe AIEA de révision du guide TRS-364 relatif aux paramètres à utiliser dans les modèles radioécologiques (programme EMRAS). L'IRSN a également collaboré à la rédaction d'un rapport de l'Unsear sur la protection de l'environnement et a préparé un échantillon de référence de moule pour un exercice d'intercomparaison, dans le cadre du réseau international Musselwatch.



RECHERCHES EN MÉTROLOGIE DES RADIONUCLÉIDES DANS L'ENVIRONNEMENT

Les recherches en métrologie des radionucléides dans l'environnement ont pour objectif d'améliorer et d'adapter en permanence les techniques de cette discipline. Elles servent de support aux études radioécologiques qui impliquent la recherche de radionucléides dans des contextes diversifiés, parfois en très faibles quantités. Ces études permettent de comprendre et de quantifier les évolutions spatiales et temporelles des radionucléides rejetés par les activités nucléaires.

L'IRSN a réalisé en septembre 2005 un point zéro de l'état radiologique autour du nouvel accélérateur Large Hadron Collider du CERN (Suisse) par spectrométrie gamma *in situ*. L'Institut a ainsi conforté sa maîtrise de cette technique mise en œuvre en France par seulement quatre laboratoires.

La spectrométrie gamma *in situ* offre une sensibilité équivalente à celle obtenue en laboratoire. Son originalité consiste à permettre d'accéder en moins d'une heure à l'activité spécifique en Bq/kg et au

débit de dose par radionucléide, ce délai comprenant l'installation sur site, la mesure et l'analyse. Un autre avantage est l'obtention d'une mesure représentative de la valeur moyenne du terrain. En effet, alors que la mesure en laboratoire s'effectue sur un échantillon de quelques centaines de grammes, qui doit être représentatif du terrain à analyser, « l'échantillon » de la mesure *in situ* correspond à un disque de plus de 10 mètres de rayon et de plusieurs dizaines de centimètres de profondeur, soit plusieurs tonnes de matière. Une thèse visant à améliorer son utilisation dans des configurations environnementales complexes (hétérogénéité de la répartition des radionucléides) est en cours au laboratoire d'Orsay de l'Institut.

RISQUES CHRONIQUES

L'IRSN mène des recherches sur les risques associés aux contaminations chroniques afin d'améliorer le système de radioprotection. En 2005, l'Institut a poursuivi le développement des outils d'évaluation de ces risques pour l'environnement et a approfondi ses connaissances sur la migration des éléments radioactifs dans les sols. Parallèlement, le programme ENVIRHOM a produit des résultats importants pour la connaissance des effets sur l'homme et l'environnement qui ont été présentés devant le conseil scientifique de ce programme.

Évaluation des risques chroniques

Développement d'une méthode d'évaluation du risque pour l'environnement

Les connaissances produites par le programme ENVIRHOM, associées aux réflexions conduites dans le cadre du projet européen ERICA, ont permis de concevoir et développer une méthode d'évaluation du risque pour les écosystèmes associée à la présence ou au rejet de substances radioactives. Cette méthode d'évaluation est en cohérence avec les méthodes existantes pour les substances chimiques.

Développement d'outils d'expertise spécifiques des risques chroniques

Par ailleurs, plusieurs outils destinés aux évaluations de risque ont été développés en 2005 :

- ▣ EDEN pour les calculs dosimétriques nécessaires



Instrumentation gamma *in situ* aux abords du CERN pour la réalisation du point zéro radioécologique (Genève).

à l'étude de l'exposition des organismes vivants aux radionucléides ;

► la plate-forme SYMBIOSE pour l'accueil de modèles de transfert au sein de la biosphère et des bases de données associées ;

► la base de données FRED sur les effets des rayonnements ionisants sur les organismes non humains, exploitée par l'IRSN pour produire des relations dose-effet utiles à la détermination de critères de protection des écosystèmes.

Recherches sur la migration dans la zone insaturée des sols

En parallèle aux travaux menés sur la biosphère, l'Institut a poursuivi en 2005 des études visant une meilleure connaissance du devenir d'une pollution chronique radioactive dans les sols de surface.

C'est ainsi que le projet EPIC mené sur le site de Tchernobyl, en collaboration avec les instituts de recherche ukrainiens IGS et UIAR, a donné lieu à la mise en place d'une nouvelle instrumentation dédiée à la caractérisation des transferts dans la zone insaturée des sols. L'analyse chimique et radiologique des eaux de différents piézomètres, installés autour d'une tranchée de déchets radioactifs, a ainsi permis le suivi du « panache » de strontium 90 provenant de la tranchée. Un effort particulier a en outre porté sur l'étude du transfert du plutonium et de sa spéciation (espèces solubles et colloïdales).

Par ailleurs, a été menée, en collaboration avec le Centre national de recherche sur les sites et sols pollués (Douai, Nord), la première étape du projet CaPhé-Ine concernant la migration des radionucléides dans les sols. Dans ce cadre, un lysimètre constitué de sédiments contaminés recouvrant un sol naturel a été instrumenté de capteurs hydro-géochimiques.

Les actions conduites dans le cadre de ces deux projets permettront de développer la modélisation des transferts de polluants dans une zone insaturée, qui constituent une voie de contamination des nappes dans le cas des sites pollués ou des zones d'entreposage de déchets.

Programme ENVIRHOM

Démarré en 2001, le programme ENVIRHOM aborde les risques liés à une exposition chronique à des radionucléides à la fois pour l'environnement, mais également pour la santé de l'homme. Un conseil scientifique international et pluridisciplinaire évalue

la qualité et la pertinence des résultats obtenus et donne son avis sur les orientations proposées par l'IRSN.

Exposition de l'environnement

Les résultats obtenus en 2005 confortent, dans la continuité des quatre années précédentes, la pertinence du programme ENVIRHOM.

■ Connaissance des cycles biogéochimiques de l'uranium et du sélénium

L'amélioration des connaissances concernant les cycles biogéochimiques de l'uranium ou du sélénium dans les sols et les sédiments des écosystèmes a permis de déterminer par quelle(s) voie(s) et quelle(s) forme(s) chimique(s) et avec quelles cinétiques et intensité les organismes vivants peuvent être exposés

Présentation au conseil scientifique du programme ENVIRHOM

[FOCUS]



Présentation des travaux sur le programme ENVIRHOM aux Vaux de Cernay devant le conseil scientifique du programme.

Le conseil scientifique du programme ENVIRHOM s'est réuni pour la troisième fois les 22 et 23 novembre 2005. Les derniers résultats obtenus sur l'exposition de l'environnement et de l'homme ont été présentés par les chercheurs. Le conseil scientifique a fait part de sa satisfaction à l'écoute des exposés et a souligné la qualité et l'intérêt scientifique du travail présenté. Il a noté la complémentarité des études menées sur l'homme avec celles qui sont menées sur l'environnement et a suggéré de renforcer ces liens. Une des recommandations du conseil est de poursuivre la publication des résultats en visant des revues reconnues dans le monde scientifique. En 2005, le programme ENVIRHOM a donné lieu à 25 publications.



à ces deux radionucléides. Lorsqu'un radionucléide a été incorporé dans un organisme végétal ou animal, seule une fraction est biologiquement active pour déclencher des réponses plus ou moins précoces à l'échelle de la cellule, d'un tissu ou de l'individu. Par exemple, le sélénium et l'uranium inhibent la croissance d'une population d'algues vertes unicellulaires, selon une relation dose-effet à seuil. Ce seuil correspondant à une quantité précise de l'élément étudié à l'intérieur de la cellule.

■ Vers la modélisation des effets sur une population

À partir des résultats expérimentaux obtenus pour un petit crustacé d'eau douce, les effets observés pour un individu exposé à un émetteur alpha tout au long de son cycle de vie ont été extrapolés à toute une population. Les premiers résultats montrent que certains effets observés à l'échelle de l'individu, comme la diminution de la résistance au manque de nourriture, pourraient engendrer des effets très importants à l'échelle d'une population, pouvant aller jusqu'à son extinction.

Conséquences pour l'homme d'une contamination chronique par de l'uranium

Le premier élément étudié dans le programme ENVIRHOM est l'uranium, car celui-ci peut être présent à des concentrations élevées dans les eaux souterraines de certaines régions comme la Finlande, le Nouveau-Mexique ou le Canada. Les études sont menées sur des rongeurs contaminés expérimentalement par de l'uranium ajouté à l'eau de boisson (40 mg/l) pendant des durées plus ou moins longues.



Expérience d'inhibition de la croissance des algues soumises à une exposition chronique à l'uranium.

■ Effets sur le système nerveux central

Une exposition chronique à de l'uranium enrichi affecte le cycle veille-sommeil, la mémoire de travail et le comportement anxieux du rat après 1 mois 1/2 d'exposition. Au cours de l'année 2005, ces effets ont été corrélés à l'accumulation d'uranium dans deux structures cérébrales impliquées dans le contrôle de ces comportements l'hippocampe et l'hypothalamus. Ceci conforte l'hypothèse d'un effet direct de l'uranium sur le système nerveux central. De plus, une modification du métabolisme de l'acétylcholine, qui est le principal médiateur intervenant dans les processus de mémorisation, est constatée dans l'hippocampe, zone cérébrale impliquée dans la mémoire de travail spatiale. A *contrario*, aucune modification significative n'a été observée après une exposition chronique à l'uranium appauvri. Son accumulation dans les structures cérébrales est d'ailleurs différente de celle de l'uranium enrichi. Ces différents résultats ont été publiés au cours de l'année 2005.

■ Effets sur le métabolisme de la vitamine D

Les cytochromes P450 (CYP) constituent une famille d'enzymes qui joue un rôle majeur dans le métabolisme de substances exogènes (médicaments, polluants, pesticides, etc.) et endogènes (stéroïdes, vitamine D, hormones, etc.).

En 2005, l'IRSN a étudié l'effet d'une contamination chronique par de l'uranium appauvri chez le rat sur certains CYP hépatiques et rénaux. L'ingestion d'uranium appauvri pendant neuf mois augmente, dans le foie et le rein, les principaux CYP impliqués dans le métabolisme des médicaments. Ces résultats suggèrent qu'un traitement médicamenteux, donné après une contamination chronique à l'uranium appauvri, pourrait conduire à une toxicité hépatique et rénale en raison d'une accumulation d'agents toxiques dans ces organes. Si cette hypothèse était confirmée, les posologies médicamenteuses devraient être adaptées pour le traitement de personnes exposées de façon chronique à l'uranium appauvri.

Ce type de contamination induit également une augmentation de l'expression d'un cytochrome P450 impliqué dans le métabolisme de la vitamine D au niveau rénal. De plus, certains gènes cibles de la vitamine D impliqués dans le transport du calcium au niveau rénal sont stimulés par une exposition chronique à l'uranium, traduisant ainsi un impact physiologique.

En conclusion, les effets de l'uranium appauvri sur le métabolisme de la vitamine D pourraient entraîner des modifications de l'homéostasie phosphocalcique, voire le développement ou l'aggravation de certaines pathologies osseuses ou de certains cancers comme par exemple celui du côlon ou de la prostate.

TRAVAUX DE RECHERCHES LIÉS AU RADON

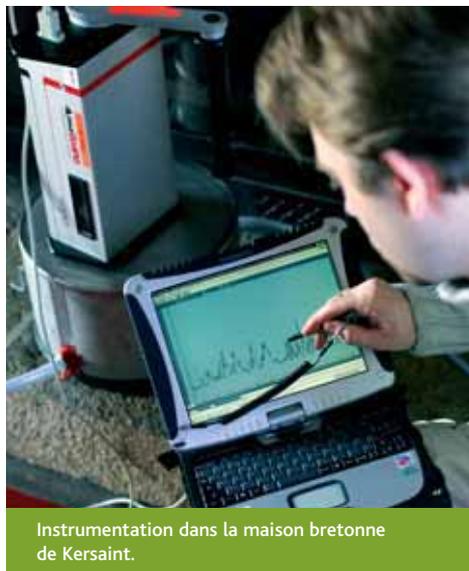
Gaz radioactif naturel omniprésent à la surface de la terre, le radon s'accumule dans les espaces confinés, notamment dans les bâtiments. C'est le risque de cancer du poumon qui motive les travaux sur le radon et ses descendants dans les habitations. L'IRSN mène des recherches afin de développer des outils de modélisation des phénomènes intervenant dans la circulation et l'accumulation du radon dans les bâtiments ou dans l'eau.

Compréhension des mécanismes de concentration du radon dans les bâtiments

En 2005 s'est achevé un programme expérimental dédié à la compréhension des mécanismes gouvernant les concentrations du radon dans les bâtiments. L'instrumentation d'une maison individuelle dans le Finistère (Kersaint) a permis de déterminer la pénétration du radon à partir de la dalle et des murs semi-enterrés du sous-sol, ainsi que son accumulation dans le bâtiment et sa répartition entre les étages du fait des circulations d'air et des échanges avec l'extérieur.

Le code RADON 2, développé à l'IRSN, a été testé avec les données ainsi recueillies. Ce code vise à décrire de manière générique l'accumulation du radon dans un bâtiment. L'objectif est de disposer à terme d'un outil de diagnostic performant et d'aide à la gestion du risque associé au radon, qui serait capable de « prédire » l'activité volumique de ce gaz dans les habitations situées dans des zones à fort potentiel d'exhalation de radon ou dans un site pollué.

Le sol sous-jacent à la construction ne constitue pas toujours la source principale du radon mesuré à l'intérieur. D'autres sources, telles que les matériaux de construction, peuvent parfois prendre une part



Instrumentation dans la maison bretonne de Kersaint.

importante. Une étude bibliographique a mis en évidence l'hétérogénéité et donc la difficulté d'exploitation des études sur l'exhalation du radon à partir des matériaux de construction. En l'absence de tendance précise, des essais sont prévus sur le site expérimental de Kersaint. Ils ont pour objectif de déterminer l'importance des matériaux de construction dans l'activité volumique du radon mesurée dans la maison de Kersaint.

Le radon, traceur des circulations d'eau en milieu fracturé

Depuis 2004, les variations de l'activité volumique du radon dans les eaux souterraines en milieu fracturé sont étudiées sur un site du Morbihan. Ces recherches visent à améliorer la connaissance du comportement du radon dans les eaux en fonction de l'hydrologie, des réseaux de fractures et des propriétés des roches. L'activité de 2005 a notamment été consacrée à des essais de validation de modèles calculant les concentrations du radon dans l'eau à partir des caractéristiques du milieu.

Les eaux souterraines des formations aquifères fracturées peuvent constituer des sources de radon non négligeables, notamment dans les régions granitiques. L'objectif est de mieux comprendre la production et le transfert du radon dans un milieu hétérogène, afin de mieux en tenir compte dans la gestion du risque lié au radon.

Ce travail s'inscrit dans un projet mis en place par la région Bretagne.



Métrologie du radon et de ses descendants

On sait que le risque de cancer du poumon associé à l'exposition au radon n'est pas dû au radon lui-même mais à ses descendants solides à vie courte. Ceux-ci se présentent sous forme d'aérosols, c'est-à-dire de particules en suspension dans l'air dont une partie est inhalée et se dépose dans les poumons. De dimensions nanométriques, ces particules se fixent sur les poussières atmosphériques et sont transportées par ces dernières en milieu confiné. L'IRSN mène des recherches visant à améliorer les connaissances de base sur la physique et la métrologie du radon et de ses descendants, de telle sorte

que la mesure du radon sur le terrain puisse être considérée comme un indicateur fiable du risque. Une collaboration avec l'université de Bretagne occidentale a permis de développer et de qualifier un instrument de mesure de la distribution en taille de la fraction libre des descendants du radon, paramètre indispensable pour déterminer leur comportement dans un volume fermé et leur dépôt dans les voies respiratoires. Une thèse sur la charge électrique de ses descendants, autre paramètre influant sur les dépôts, a démarré en octobre 2005 dans le cadre de cette collaboration. Ces travaux bénéficient de l'environnement technique développé autour de l'irradiateur IRMA et du banc d'étalonnage des dosimètres radon BACCARA. Cet équipement est également utilisé comme support pour d'autres recherches scientifiques appliquées et pour des prestations d'étalonnage des instruments de mesure du radon.

[FOCUS]

Quantification des risques de cancer



Alpha-Risk : programme européen.

Le projet de recherche Alpha-Risk, financé par la Commission européenne et coordonné par l'IRSN, a été lancé en juillet 2005 pour une durée de trois ans. Ce projet doit permettre d'améliorer la quantification des risques de cancer associés aux expositions internes chroniques et en particulier aux expositions à des émetteurs comme l'uranium, le plutonium ou le radon et ses descendants. Il regroupe les principales équipes d'épidémiologistes en Europe qui suivent des populations ayant un enregistrement précis de la dosimétrie individuelle.

Le projet Alpha-Risk regroupe 18 partenaires de neuf pays et nécessite la collaboration d'experts en épidémiologie, dosimétrie, statistiques et modélisation. Ce projet vise à préciser les effets de doses faibles ou répétées et devrait permettre de dégager un consensus sur la meilleure estimation du risque de cancer du poumon attribuable aux descendants du radon, en absence et en présence de tabagisme. Le projet Alpha-Risk devrait fournir une synthèse des risques associés aux faibles doses.

ÉPIDÉMIOLOGIE DES TRAVAILLEURS DU NUCLÉAIRE

L'IRSN a poursuivi en 2005 ses travaux d'épidémiologie afin de mieux apprécier le risque de cancer associé à l'exposition chronique à de faibles doses de rayonnements ionisants.

L'IRSN assure le suivi d'une cohorte de travailleurs du groupe CEA-Cogema en vue d'apprécier le risque de cancer associé aux expositions professionnelles aux rayonnements ionisants, des expositions faibles mais chroniques. Cette appréciation nécessite la reconstitution des doses individuelles reçues par les travailleurs pendant toute leur carrière, la recherche de leurs statuts vitaux et, le cas échéant, les causes de leur décès. Au total, plus de 50 000 travailleurs sont concernés.

Programme d'intérêt commun en épidémiologie

Un Programme d'intérêt commun (PIC) financé par la Cogema et l'IRSN porte sur l'étude des effets sanitaires au sein d'une population de travailleurs exposés à de faibles niveaux de rayonnements ionisants. Le programme, démarré en 2004 pour une durée de trois ans, repose sur une collaboration étroite entre le laboratoire d'épidémiologie de

l'IRSN et le service de médecine du travail de Cogema. Il comporte trois études.

► En 2005, l'IRSN a poursuivi l'analyse de mortalité de la cohorte des mineurs d'uranium français. Le travail effectué a porté sur la prolongation du suivi de cette cohorte et l'analyse des causes de mortalité jusqu'à fin 1999. Une étude visant à reconstituer l'historique tabagique des mineurs a été réalisée pour tenir compte de la contribution du tabac sur l'apparition des cancers du poumon. Les nouveaux résultats confirment l'existence d'un excès de décès par cancer du poumon associé à l'exposition aux descendants du radon cumulée sur l'ensemble de la vie professionnelle.

► L'étude de la mortalité des travailleurs de Cogema concerne plus de 10 000 individus, suivis de 1976 à 1994. Un premier bilan a été effectué en 2005, et il en ressort qu'il n'y a pas d'excès de mortalité au sein de cette population par rapport à la population générale française. L'étude du risque de décès par cancer en fonction de l'exposition cumulée se poursuit.

► Enfin, l'IRSN a testé en 2005 la faisabilité d'une étude de morbidité chez les travailleurs de Cogema (site d'Île-de-France). L'étude de la morbidité est particulièrement intéressante pour déterminer les taux d'incidence de pathologies de faible létalité. La première étape vise à exploiter les données recueillies par la médecine du travail du site Cogema d'Île-de-France. Elle sera ensuite étendue à d'autres sites. Le but de l'étude de faisabilité est de tester l'ensemble des outils nécessaires à un recueil exhaustif des diagnostics pertinents (maladies cancéreuses, autres maladies chroniques ou aiguës), et parallèlement, d'avoir accès à d'autres



Équipe d'épidémiologistes.

outils extérieurs à Cogema (registres des cancers régionaux, autres sources d'informations, etc.). Cette étude de morbidité serait à la fois un outil de gestion pour les services de médecine du travail de Cogema et permettrait à terme d'affiner les résultats de l'étude des travailleurs de Cogema, actuellement fondée sur les données de mortalité.

AMÉLIORATION DE LA RADIOPROTECTION

L'IRSN améliore régulièrement ses méthodes et outils d'évaluation de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants, pour une meilleure radioprotection des travailleurs, des patients et du public.

Dans les installations nucléaires, les travailleurs sont exposés à divers risques d'irradiation externe, de contamination interne ou de contamination par voie cutanée. Leur protection est assurée par différents dispositifs dont l'IRSN étudie notamment la tenue en cas d'accident et améliore l'efficacité.

Étude des performances des protège-seringues utilisés en médecine nucléaire

En médecine nucléaire, certaines pratiques supposent l'injection aux patients d'un marqueur radioactif. Ce dernier contient un radionucléide servant de traceur, en général associé à une molécule ayant la propriété de se fixer sur des cellules spécifiques de l'organisme. Actuellement, la fréquence d'utilisation de l'yttrium 90 (émetteur β^-) augmente. Lors de la



Disposition des dosimètres pour mesurer l'exposition des doigts lors de l'utilisation d'un protège-seringue en médecine nucléaire.



manipulation de solutions radiopharmaceutiques, les mains des techniciens sont particulièrement exposées aux sources radioactives, dont les activités sont voisines du GBq. Des protections radiologiques comme des protège-seringues sont donc utilisées durant la phase d'injection au patient.

Durant l'année 2005, l'IRSN a développé un outil numérique permettant d'évaluer les performances de ces dispositifs et de proposer des améliorations visant à réduire l'exposition des mains. L'outil a été validé par comparaison des résultats à des données expérimentales obtenues notamment en collaboration avec le service de médecine nucléaire de l'Institut Gustave Roussy. Pour l'yttrium 90, il a été confirmé qu'un protège-seringue de 5 mm d'épaisseur en tungstène offre une protection des mains près de trois fois supérieure à celle offerte par 1 cm d'épaisseur de plexiglas. De plus, une modification simple du dispositif en tungstène, par l'ajout de quelques millimètres de plexiglas, permet d'obtenir une réduction de l'exposition d'un facteur 2. Des études similaires ont été réalisées pour l'injection de fluor 18 (émetteur β^+).

Mise en forme de molécules de calix[6]arènes en vue de leur utilisation pour l'analyse des actinides

La mesure des radioéléments émetteurs α , éliminés dans les urines, constitue un des modes de surveillance des travailleurs exposés à un risque de

contamination interne par ce type de radioélément. Les méthodes actuelles d'analyse nécessitent la mise en œuvre de traitements chimiques longs et complexes. En 2005, l'IRSN a poursuivi des recherches visant à mettre au point de nouveaux protocoles d'analyse des actinides émetteurs α dans les urines et les selles, plus performants en termes de sensibilité et de délai de réponse, afin d'améliorer la surveillance des travailleurs exposés.

L'intérêt de l'utilisation de molécules de calix[6]arènes pour isoler sélectivement les actinides U, Pu et Am dans l'urine a été démontré. Ces molécules permettent en effet l'extraction sélective de ces trois actinides de façon quantitative. L'invention développée par les chercheurs de l'IRSN concerne l'imprégnation de molécules de calix[6]arènes sur des supports en vue de leur utilisation pour l'analyse des actinides U, Pu et Am dans l'urine. Cette invention a fait l'objet d'une demande de brevet le 17 mai 2005. Après optimisation et validation, le protocole ainsi développé devrait permettre de réaliser le traitement chimique de l'urine en une journée au lieu des trois jours nécessaires avec les protocoles actuels. Ce sujet a de plus fait l'objet d'une thèse soutenue en 2005.

Modèle de contamination interne par blessure

Il existe peu de documentation concernant le comportement biocinétique de l'uranium lors d'une contamination interne par blessure. À ce jour, la CIPR ne propose pas de modèle pour ce type de contamination. C'est pourquoi une étude a été lancée à l'IRSN. Dans un premier temps, l'étude a permis d'établir, en collaboration avec les services médicaux du travail de Cogema, un état des lieux des différents types de contamination par blessure rencontrés dans l'industrie du cycle du combustible. La poursuite de l'étude concerne la modélisation de la contamination interne par l'uranium après blessure. Elle s'appuie sur des expériences de transfert *in vitro* d'uranium sur des fragments de peau, avec validation *in vivo* sur des rongeurs. Ces expérimentations visent à simuler les principaux types de blessure répertoriés.

En 2005, des données relatives au passage transcutané du nitrate d'uranyle en solution aqueuse, pour une peau saine ou pour une peau lésée, ont été obtenues *in vivo* chez le rat. Elles confirment et renforcent les résultats des expérimentations menées *in vitro* sur des fragments de peau de rat, de porc



Inauguration de l'installation AMANDE.

et d'humain. En conclusion de ces travaux, il apparaît que la voie cutanée est une voie d'incorporation de l'uranium, que la peau soit lésée ou non, au même titre que l'inhalation ou l'ingestion. Elle pourrait être à l'origine de certaines contaminations internes constatées par les services médicaux du travail et inexplicables jusqu'à présent.

La modélisation mathématique de la cinétique de distribution de l'uranium dans l'organisme après une contamination par blessure est en cours.

L'INSTALLATION AMANDE

Le 20 mai 2005, l'IRSN a inauguré la nouvelle installation de recherche AMANDE sur le site de Cadarache (Bouches-du-Rhône). Cette installation a pour vocation essentielle de déterminer la réponse des appareils de mesure des neutrons en fonction de leur énergie, comme le recommande la norme internationale ISO 8529-1.

L'installation AMANDE a été conçue pour produire des champs de neutrons monoénergétiques de qualité métrologique, dont l'énergie est ajustable entre 2 keV et 20 MeV, grâce à l'utilisation d'un accélérateur de particules spécialement conçu à cet effet. Le projet a débuté en 2000 et l'installation sera opérationnelle en 2007.

La phase de mise en place des systèmes de détection et de qualification du faisceau de particules chargées ainsi que des champs neutroniques a débuté pour une durée d'environ deux ans. Avec l'installation AMANDE, le laboratoire de métrologie et de dosimétrie des neutrons de l'IRSN devient un laboratoire de référence en matière de dosimétrie des neutrons aux plans national, européen et international.

RADIOPROTECTION DANS LE DOMAINE MÉDICAL

Les traitements par radiothérapie peuvent engendrer des effets secondaires aigus et tardifs, comme les fibroses. Ces effets résultent des dommages aux tissus sains

exposés dans le champ d'irradiation. Il est donc nécessaire de développer de nouvelles approches thérapeutiques apportant une meilleure protection des tissus sains.

Utilisation thérapeutique des statines comme agent anti-fibrosant

En 2005, l'unité mixte UPRES EA 27-10 (IRSN-Institut Gustave Roussy) a déterminé les mécanismes généraux du développement de la fibrose radio-induite *in vitro* et *in vivo* (voir Focus ci dessous).

Renouvellement de l'UPRES EA 27-10

[FOCUS]



Le pavillon de recherche accolé à l'hôpital Gustave Roussy de Villejuif.

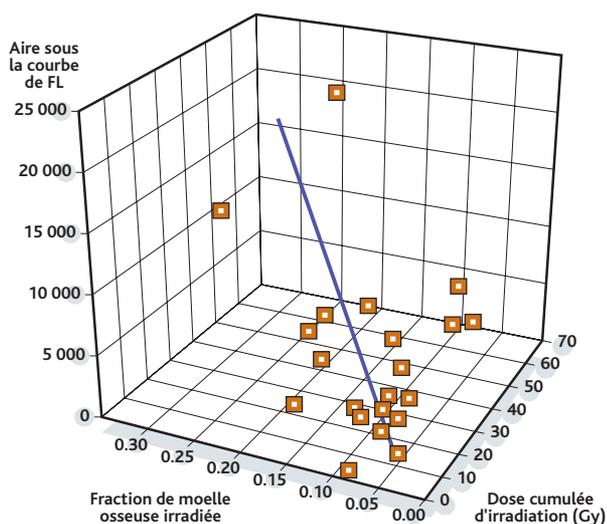
En 2005, le laboratoire UPRES EA 27-10 a été reconduit pour la troisième fois par le ministère chargé de la Recherche pour une période de quatre ans. L'UPRES EA 27-10 (IRSN-Institut Gustave Roussy) est l'un des rares laboratoires français étudiant les bases biologiques de la radiothérapie et les conséquences de celle-ci sur les tissus sains. L'unité mène des études combinant des approches de physiologie intestinale, des études moléculaires et le développement de modèles expérimentaux et cellulaires originaux, en vue de préciser les mécanismes généraux de la fibrogénèse radio-induite.

En 2005, deux études précliniques chez l'animal ont été achevées. Elles montrent le bénéfice thérapeutique de l'utilisation du GLP-2 et des statines sur le développement de l'entérite radique. Ces recherches ont été réalisées en association avec l'industrie pharmaceutique (Novonordisk et Bristol-Myers Squibb). Un premier protocole clinique, constituant l'aboutissement de ces recherches, a été proposé pour étudier l'efficacité clinique de la pravastatine après radiothérapie.



FOCUS

Bio-indicateur d'atteinte de la moelle osseuse



Relation entre la concentration de FL et l'atteinte globale de la moelle osseuse.

Lors d'une irradiation accidentelle, l'atteinte de la moelle osseuse peut constituer un problème grave pour l'organisme. En effet, des perturbations dans la formation des cellules sanguines (hématopoïèse) peuvent en découler et ainsi générer des risques infectieux et hémorragiques pouvant affecter le pronostic vital de la personne irradiée. L'évaluation de l'hématopoïèse résiduelle est essentielle pour le choix d'une stratégie thérapeutique car elle est d'une importance capitale pour décider de procéder ou non à une greffe de moelle osseuse.

En 2005, l'IRSN a poursuivi ses études sur la recherche de bio-indicateurs d'atteinte de la moelle osseuse après irradiation. Les mécanismes de régulation du Flt3 ligand, molécule impliquée dans le contrôle de l'hématopoïèse, ont été étudiés après irradiation, dans le cadre d'une thèse soutenue en 2005. Un modèle d'irradiation hétérogène avec des pourcentages variables de moelle osseuse irradiée a été mis au point chez la souris. Les résultats montrent que les variations de la concentration du Flt3 ligand dans le sang permettent une estimation directe de l'atteinte radio-induite de la moelle osseuse.

Une nouvelle approche thérapeutique de la fibrose a également été testée en 2005 avec l'utilisation de statines. Chez le rat, un traitement par la pravastatine après irradiation a montré une action préventive sur le développement des fibroses intestinales radio-induites.

Ces résultats ont permis de proposer ce traitement en clinique afin de limiter les complications tardives d'une irradiation thérapeutique et d'améliorer ainsi la qualité de vie des patients traités par radiothérapie abdomino-pelvienne. Une étude clinique pour évaluer l'effet protecteur de la pravastatine est en cours de préparation.

ACCIDENTS D'IRRADIATION ET DE CONTAMINATION

Les travaux menés par l'IRSN sur les effets des irradiations à doses moyennes et fortes concernent la recherche de bio-indicateurs d'effets pour le diagnostic voire le pronostic, la recherche de nouvelles cibles thérapeutiques, le développement de moyens de mesure dosimétrique opérationnels pour compléter les outils de diagnostic.

Amélioration du diagnostic Courbes de référence pour les fortes doses d'irradiation

L'amélioration des méthodes de diagnostic des personnes accidentellement irradiées reste une préoccupation importante au sein de l'IRSN. En dosimétrie biologique, la technique classique utilisée repose sur la numération des aberrations chromosomiques, les dicentriques, dans les lymphocytes isolés à partir d'un prélèvement sanguin. Cependant, cette technique présente des limitations pour les doses supérieures à 5 Gy. Au cours de l'année 2005, l'IRSN a développé une nouvelle méthodologie pour réaliser des courbes de référence « dose-effet » spécifiquement adaptées aux fortes doses d'irradiation (supérieure à 5 Gy), permettant de compléter l'ensemble des courbes existantes.

Cette méthodologie est spécialement adaptée aux conditions d'accident de criticité. Elle permet de prendre en compte à la fois les doses élevées d'exposition (plus de 10 Gy) et le flux mixte

gamma/neutrons auquel les victimes sont généralement exposées. Pour cela, des irradiations gamma et des irradiations mixtes gamma/neutrons entre 5 et 25 Gy ont été réalisées sur des échantillons sanguins. Une méthode permettant de condenser prématurément des chromosomes à l'aide de molécules chimiques à partir de lymphocytes issus de ces échantillons a été retenue et un autre type d'aberrations chromosomiques, appelé anneaux centriques, a été utilisé. Ces derniers sont 10 fois moins nombreux que les dicentriques et n'atteignent un plateau de saturation qu'à des doses beaucoup plus élevées. À partir de la courbe de référence ainsi obtenue, les taux d'anneaux centriques observés chez les victimes de l'accident de criticité de Tokai-Mura (Japon) ont donné des doses d'exposition qui ont été cohérentes avec celles déterminées par la dosimétrie physique.

L'IRSN dispose à présent d'un ensemble de courbes de référence adaptées aux situations accidentelles et aux activités de diverses industries. Ce travail est le fruit d'une collaboration entre l'IRSN et le Centre de protection et d'hygiène des rayonnements (CPHR) de Cuba.

Évaluation de la dose par résonance paramagnétique électronique (RPE) en cas d'accident radiologique

L'IRSN utilise la spectrométrie par RPE comme technique de dosimétrie permettant d'apprécier les doses reçues par des victimes soumises à une exposition externe à des rayonnements ionisants. La dosimétrie vise à estimer l'ampleur de l'irradiation et à permettre le meilleur diagnostic possible en vue de définir la stratégie thérapeutique la mieux adaptée. Le développement de cette méthode vise à renforcer l'efficacité opérationnelle de l'Institut. Au cours de l'année 2005, les études correspondantes ont consisté à sélectionner des matériaux pouvant se trouver dans l'environnement d'une victime, par exemple des sucres, et à déterminer leurs propriétés dosimétriques dans un champ photonique et dans un champ mixte de neutrons et de photons. Les résultats ont notamment montré que les matériaux étudiés présentent des caractéristiques dosimétriques intéressantes, à savoir une réponse linéaire en dose et une réponse indépendante de l'énergie du rayonnement.

Par ailleurs, l'IRSN a créé une base de données des facteurs de conversion entre la dose reçue en un ou plusieurs points du corps, mesurée par RPE, et



Spectromètre utilisé pour les mesures en Résonance paramagnétique électronique (RPE).

les doses reçues par les organes ou le corps entier. De tels coefficients ont été systématiquement calculés dans des configurations d'irradiation standards et réalistes pour des champs de photons, de neutrons et des champs mixtes. Cette base de données permet à l'Institut de disposer d'un outil permettant une première estimation de la distribution de dose dans un délai court. Toutes ces études ont été réalisées dans le cadre d'une thèse dont la soutenance est prévue en 2006.

Recherche de nouvelles voies thérapeutiques pour le cas d'irradiations accidentelles

Utilisation des cellules souches mésenchymateuses

La thérapie cellulaire consiste à apporter à l'organisme des cellules capables de réparer les tissus lésés. Les travaux de l'IRSN sont menés dans le cadre d'une équipe mixte IRSN-Hôpital Saint-Antoine (UPRES 16-38). Ils portent sur la possibilité d'adapter les principes de la thérapie cellulaire au cas des victimes d'irradiation accidentelle, en vue de corriger les déficits cellulaires pouvant avoir des conséquences immédiates ou tardives sur l'organisme.

Les cellules souches mésenchymateuses (CSM) de la moelle osseuse sont des cellules multipotentes, c'est-à-dire ayant la capacité de proliférer et de se différencier en de nombreux types cellulaires. Ces propriétés ouvrent des perspectives dans le domaine de la médecine régénératrice. Le travail réalisé à l'IRSN au cours de l'année 2005 a consisté à étudier



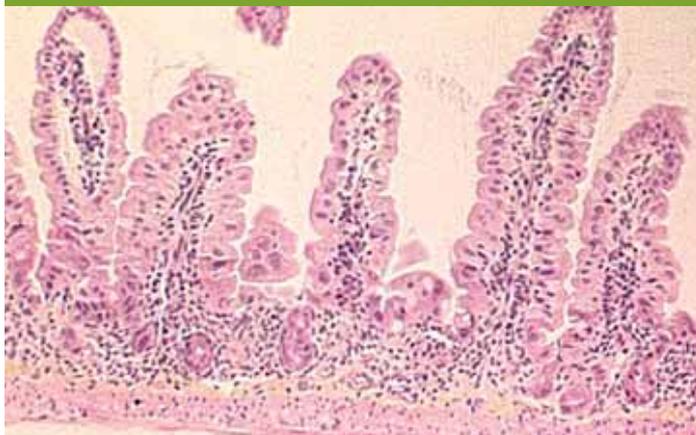
l'utilisation possible des CSM pour le traitement d'atteintes tissulaires radio-induites, et tout particulièrement pour la thérapie cellulaire de l'atteinte intestinale radio-induite.

Des souris immunodéficientes ont ainsi reçu une greffe de CSM humaines 24 heures après une irradiation à forte dose localisée au niveau de l'abdomen. La capacité régénératrice des CSM a été étudiée au niveau de l'intestin. Les résultats ont montré que les CSM greffées s'implantent au niveau de l'intestin et limitent ses altérations morphologiques radio-

induites. Les effets cellulaires des CSM lors de cette restauration structurale ont été caractérisés. Ainsi, les CSM réduisent la mortalité des cellules intestinales et augmentent la capacité de prolifération des cellules des cryptes de l'épithélium intestinal, compartiment où sont localisées les cellules souches intestinales. Cette étude devrait permettre d'établir une relation entre la capacité des CSM à régénérer la structure intestinale et une éventuelle reprise fonctionnelle de cet organe.

[FOCUS]

Achèvement du contrat avec la DGA sur la thérapie moléculaire



Coupe histologique d'intestin irradié.

L'année 2005 a marqué l'aboutissement d'un travail de deux ans réalisé par l'IRSN en contrat avec la Délégation générale pour l'armement (DGA). Le travail avait pour but d'étudier le rôle de l'atteinte intestinale dans le syndrome de défaillance multiviscérale radio-induit. À cette fin, l'efficacité d'approches thérapeutiques ciblant l'intestin a été testée chez la souris, après exposition de la zone abdominale à des doses d'irradiation élevées (entre 15 et 20 Gy). Une des stratégies thérapeutiques a consisté à réduire la réaction inflammatoire radio-induite en intervenant rapidement après l'exposition. Ainsi, les résultats obtenus montrent que, pour des conditions où l'intestin est fortement lésé, tant au niveau morphologique que fonctionnel, un contrôle rapide de la réponse inflammatoire permet d'augmenter la survie et de diminuer les atteintes intestinales structurales et fonctionnelles chez la souris irradiée.

GESTION DES SITUATIONS POSTACCIDENTELLES

En 2005, les principales études de l'IRSN dans le domaine de la gestion des situations postaccidentelles ont porté sur la définition d'approches et d'outils pour faire face aux situations accidentelles, et permettre un traitement approprié de leurs conséquences.

Travaux à l'échelle européenne

Réhabilitation de l'environnement après un accident

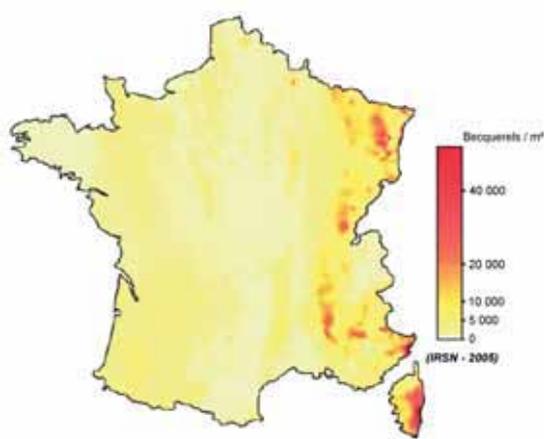
L'évaluation des actions de réhabilitation envisageables dans les milieux agricoles et bâtis après un accident nucléaire est abordée par le programme européen EURANOS. En 2005, l'IRSN a poursuivi le pilotage d'un groupe d'acteurs français (instituts techniques agricoles, services préfectoraux, élus, experts) chargé de l'évaluation d'un guide européen d'aide à la décision pour les actions de décontamination à mener sur le milieu bâti.

Consensus sur la prise en charge médicale en cas d'accident radiologique

En octobre 2005, l'IRSN, le groupe européen pour la transplantation de sang et de moelle osseuse (EBMT) et l'université d'Ulm (Allemagne) ont organisé une conférence aux Vaux de Cernay (Yvelines) en vue d'établir un consensus européen sur la prise en charge médicale en cas d'accident radiologique, y compris d'origine terroriste. Après une revue des spécificités d'un accident d'irradiation et de la gestion médicale, les participants ont défini la prise en charge médicale la plus adaptée. La mise en commun des résultats de groupes de travail

Analyse et quantification des retombées atmosphériques en France consécutives à l'accident de Tchernobyl

[FOCUS]



Carte de France des dépôts au sol de césium 137 issus de l'accident de Tchernobyl (mai 1986).

L'IRSN a mené et achevé en 2005 une étude visant à améliorer l'analyse et la quantification des phénomènes à l'origine des retombées atmosphériques de césium 137 consécutives à l'accident de Tchernobyl en France. Cette étude est fondée sur le recueil et l'interprétation des données pertinentes concernant la contamination des sols et de l'air, ainsi que les hauteurs des précipitations entre

le 1^{er} et le 5 mai 1986. Elle a confirmé l'influence forte des retombées sous forme humide dans la constitution des dépôts de césium 137 en mai 1986, déjà mise en évidence lors des travaux antérieurs restitués en 2003. Elle aboutit à des dépôts de même niveau que précédemment. Les facteurs de variabilité des dépôts, qui peuvent conduire localement à des valeurs plus importantes dans certains départements de l'Est de la France (Corse, Alpes-Maritimes, Drôme, Jura, etc.) ont été plus particulièrement étudiés, ainsi que l'influence de la proportion des dépôts humides sur la contamination des végétaux et, au-delà, de la chaîne alimentaire en mai 1986.

En outre, ces travaux ont permis de confirmer et de préciser l'intérêt et le contenu de projets en cours à l'Institut, visant à renforcer sa capacité d'évaluation des conséquences radiologiques en situation postaccidentelle :

- évolutions à venir du réseau de surveillance des aérosols atmosphériques ;
- développement d'un code de dispersion atmosphérique des radionucléides à longue distance (ldX) ;
- étude du lessivage atmosphérique des aérosols au cours d'épisodes pluvieux, à l'aide des résultats d'observation du réseau OPERA de l'IRSN ;
- développement d'une démarche d'évaluation fondée sur la sensibilité des milieux environnementaux soumis à une contamination radioactive.

a permis d'aboutir à un consensus sur de nombreux aspects de la stratégie diagnostique et thérapeutique. Ce consensus concerne en particulier le traitement à l'aide de cytokines et les indications thérapeutiques de la greffe de moelle osseuse, amplement débattues depuis plusieurs décennies. Ce consensus est une étape importante dans la démarche d'harmonisation de la prise en charge médicale de nombreuses victimes en cas d'événement radiologique.

Outils de modélisation de la dispersion atmosphérique

En 2005, l'IRSN a poursuivi deux collaborations scientifiques avec le milieu universitaire pour la réalisation d'outils de modélisation de la dispersion atmosphérique d'un rejet radioactif accidentel. La première, menée avec l'École centrale de Lyon,

concerne le développement du modèle pX de dispersion atmosphérique à l'échelle locale, c'est-à-dire pour des distances inférieures à 30 km du point de rejet. La seconde, menée avec l'École nationale des ponts et chaussées, porte sur le développement du modèle ldX de dispersion à longue distance, la modélisation du comportement des aérosols et la mise en œuvre de méthodes pour l'exploitation des résultats des mesures dans l'environnement par les modèles.

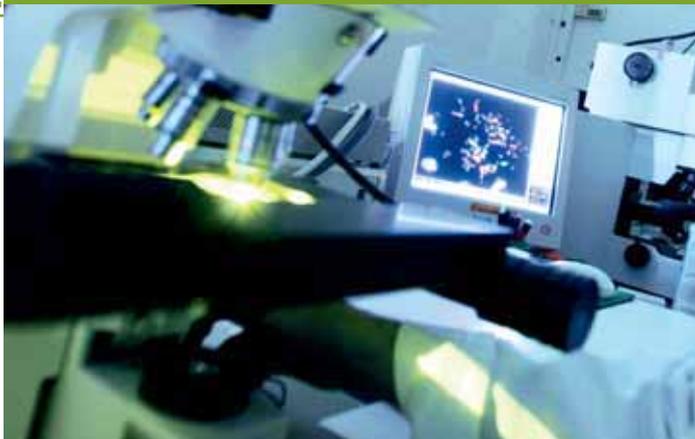
La première version du modèle pX a ainsi été développée et la démarche de qualification scientifique des deux modèles a commencé.

En marge de cette qualification, une version « recherche » de l'outil ldX a été testée en procédant à la reconstitution de la dispersion de la radioactivité due à l'accident de Tchernobyl (voir Focus ci-dessus).



[FOCUS]

Coopération tripartite en cas d'accident radiologique



Évaluation de la dose par dosimètre biologique.

L'IRSN a signé en 2005 un accord avec l'organe britannique Health Protection Agency (HPA) et l'organisme allemand Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) permettant de faire appel à tous les laboratoires de dosimétrie biologique des autres pays en cas d'accident radiologique dans l'un des pays signataires. Cet accord doit permettre d'obtenir une évaluation de la dose en situation de crise trois jours après un prélèvement sanguin et d'aider ainsi les équipes médicales à mettre en œuvre la meilleure stratégie thérapeutique.

[FOCUS]

Coopération franco-russe

L'IRSN a coopéré pendant de nombreuses années avec l'Agence fédérale pour l'énergie nucléaire russe (Rosatom) dans un cadre défini par le CEA. Il a été décidé lors du comité CEA/Rosatom, qui s'est tenu en décembre 2005, que l'IRSN serait désormais membre à part entière de cet accord.

La coopération entre l'IRSN et Rosatom concerne principalement la protection physique des matières nucléaires, la radioprotection, la criticité ainsi que la gestion de crise. L'année 2005 a été marquée par la relance des coopérations en radioprotection, avec la signature d'un accord de coopération avec l'Institut de biophysique de Moscou concernant dans un premier temps la dosimétrie d'accident, la radiopathologie et la dosimétrie biologique.

PROGRAMMES ET ACCORDS INTERNATIONAUX

Les activités de recherche de l'IRSN dans le cadre européen ont pris de l'ampleur en 2005. Par ailleurs, les travaux liés à l'initiative franco-allemande pour Tchernobyl ont été achevés et les coopérations bilatérales ont été intensifiées.

Recherches menées dans un cadre européen

Les Programmes-cadres de recherche et développement (PCRD) de la Commission européenne contribuent à mutualiser les connaissances et les moyens nécessaires à la réalisation des recherches, notamment dans le domaine de la fission nucléaire. Ils permettent aussi aux laboratoires européens de confronter leurs résultats et favorisent la création et le développement de réseaux de recherche. L'IRSN intervient dans 11 projets de la partie Euratom du 6^e PCRD (2002-2006), parmi lesquels il coordonne le réseau d'excellence sur la physique des accidents graves des réacteurs à eau (SARNET) et le projet sur l'évaluation des risques chroniques dus aux rayonnements alpha (Alpha-Risk). L'Institut a aussi pris une part très active dans la proposition de 11 nouveaux projets lors du dernier appel d'offres en 2005.

Dans le cadre du PCRD général, l'IRSN participe au projet FIRST sur la protection des cellules saines soumises à une radiothérapie et à la plate-forme technologique ETPIS, qui regroupe environ 170 organismes européens travaillant sur la sûreté des installations industrielles soumises à des agressions comme les feux et les explosions. L'Institut prépare également sa participation aux recherches en sécurité qui seront développées dans le cadre du 7^e PCRD.

Bilan de l'initiative franco-allemande pour Tchernobyl (IFA)

Il y a 10 ans, une initiative sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl a été lancée par les ministres de l'Environnement français et allemand en coopération avec l'Ukraine, la Biélorussie et la Russie. La mise en œuvre de cette initiative, sous la responsabilité de l'IRSN et de son homologue allemand GRS, a mobilisé plus de 30 instituts ukrainiens, biélorusses et russes avec un financement de 6 M€

Étude des pathologies des enfants de l'oblast de Bryansk



Mesure de césium 137 chez les enfants de l'oblast de Bryansk.

En octobre 2005, l'IRSN a mis en place une étude dénommée EPICE. Elle vise à mesurer la distribution du césium chez les enfants vivant dans la région de Bryansk, la zone la plus contaminée de Russie, et à vérifier s'il existe un lien entre leurs niveaux de contamination par le césium et les pathologies observées. Cette étude vise à apporter

des réponses aux interrogations suscitées par les travaux du Dr Y. Bandazhevsky. Elles suggèrent que les enfants vivant sur les territoires contaminés par les rejets de la centrale nucléaire de Tchernobyl présenteraient des pathologies inhabituelles telles que la cataracte, l'ulcère gastroduodénal et un trouble du rythme cardiaque. Les travaux menés par l'IRSN sont réalisés avec la collaboration des médecins du Centre de diagnostic clinique de Bryansk (BCDC), et des spécialistes en dosimétrie du Centre médical de recherche sur les rayonnements d'Obninsk (MRRC). Un groupe de 49 enfants vivant sur les territoires contaminés a été constitué à partir des données du suivi médical des habitants de l'oblast de Bryansk. Les équipes de l'IRSN, du BCDC et du MRRC ont alors réalisé pour chaque enfant des mesures de la répartition du césium 137 dans l'organisme, en particulier dans le cœur, la thyroïde et le foie. Elles ont également effectué un bilan de santé de ces enfants, comprenant un électrocardiogramme et des échographies de la thyroïde, du foie et du cœur. Les résultats de cette étude sont attendus dans le courant de l'année 2006. Ils devraient permettre de préciser l'impact de la contamination par le césium 137 sur les pathologies non cancéreuses chez les individus exposés.

[FOCUS]

assuré, à parts égales, par les gouvernements français et allemand, EDF et le groupement d'électriciens allemands VDEW.

L'objectif de l'IFA était de rassembler toutes les données existantes relatives à la sûreté du sarcophage, à l'impact de l'accident sur l'environnement et à ses conséquences sur la santé des populations concernées dans les trois pays, afin de constituer une base de données sûre et utile à la planification de contre-mesures, à l'information du public et aux travaux scientifiques et techniques dans ces trois domaines. Les bases de données, achevées en 2005, sont maintenant accessibles sur le site Internet du Centre de Tchernobyl (www.fgi.icc.gov.ua). D'ores et déjà ces bases de données, uniques au monde, ont permis de progresser dans chacun des trois domaines précités :

- ▣ les données rassemblées concernant la sûreté du sarcophage ont été mises à la disposition du projet *Shelter Implementation Plan*, géré par la BERD, permettant ainsi d'optimiser l'effort international consenti pour mettre en situation sûre les restes du réacteur n° 4 de la centrale de Tchernobyl ;
- ▣ l'utilisation des données, concernant l'impact de

l'accident sur l'environnement, a permis d'améliorer certains modèles de transfert des radionucléides qui seraient utilisés dans le cadre de la gestion d'une crise nucléaire ;

- ▣ les données relatives aux conséquences de l'accident sur la santé des populations, notamment celles qui concernent les cancers (tumeurs solides et leucémies), les malformations congénitales et la mortalité infantile, constituent une contribution de grande importance pour étudier les conditions d'apparition de ces maladies.

L'IRSN et la GRS ont organisé en 2005 des discussions avec leurs partenaires étrangers et les organisations internationales. L'objectif était de permettre une large utilisation des données rassemblées, de pérenniser et d'enrichir les bases de données et d'approfondir les travaux réalisés dans les domaines de la santé et de l'environnement, notamment la gestion postaccidentelle.

Coopération franco-indienne

La coopération entre l'IRSN et le Centre de recherche atomique indien Bahba (BARC) s'inscrit dans le cadre d'un accord signé en juillet 2000 entre les deux



Visite de la délégation française dans le cadre du dialogue franco-indien sur la sûreté – Centrale nucléaire de Madras, 26 octobre 2005.

parties. Après avoir été d'abord centrée sur des questions relatives au confinement et au cœur des réacteurs, elle a été étendue en 2003 à la radioprotection. Un élargissement de l'accord a été discuté en 2005. De nouveaux sujets, notamment l'évaluation de la sûreté du stockage de déchets radioactifs, les méthodes d'évaluation des incertitudes en thermohydraulique accidentelle et l'épidémiologie ont été inclus.

Dans ce cadre, l'IRSN a accueilli trois experts du BARC en 2005 afin de démarrer des travaux de validation et d'adaptation des codes ASTEC et ICARE/CATHARE. Ces travaux sont maintenant poursuivis au BARC. Par ailleurs, l'Institut participe activement aux réunions organisées dans le cadre du dialogue franco-indien sur la sûreté nucléaire. Il a été convenu en octobre 2005 qu'un séminaire sur les méthodes d'évaluation des incertitudes en thermohydraulique accidentelle sera organisé conjointement par l'IRSN et le BARC à Bombay au cours du premier semestre 2006. Enfin, un séminaire sur l'analyse de la sûreté du réacteur EPR sera également organisé compte tenu de l'intérêt que lui portent les organismes indiens.

FOCUS

Prise de position de l'IRSN sur la radioprotection de l'environnement

La protection et la surveillance de l'environnement ont toujours fait l'objet d'une attention forte de l'IRSN.

La montée en puissance des préoccupations environnementales au cours de la dernière décennie a conduit l'Institut à exposer sa stratégie générale dans le cadre de l'élaboration d'un système de radioprotection de l'environnement. Le document de position, diffusé par l'IRSN en 2005, rappelle l'évolution des pratiques dans le domaine, les connaissances actuelles et celles à acquérir pour consolider une méthode d'évaluation du risque pour l'environnement associé aux radionucléides.

Sont également considérées les conséquences de cette démarche sur la stratégie de surveillance de l'environnement et les orientations qui en découlent sur les relations que l'Institut entretient avec ses partenaires de recherche aux niveaux national, européen et international.

Pour plus d'informations, voir www.irsn.fr/vf/09_int/09_int_3_lib/pdf/DOCREF-IRSN2005-48-V1fr.pdf

RADIOPROTECTION : RENFORCEMENT DE LA PRÉSENCE FRANÇAISE À L'INTERNATIONAL

En 2005, la présence française à la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a été renforcée. Sur les sept membres français de la CIPR, cinq sont des salariés de l'IRSN. Le nouveau président de la CIPR, Lars-Erik Holm, directeur de l'Institut de radioprotection suédois (SSI), est aussi membre du conseil scientifique de l'IRSN. Plusieurs experts de l'Institut participent également aux groupes de travail de la CIPR.

L'IRSN a également renforcé sa présence dans les autres instances internationales compétentes en radioprotection (Unsclear, AIEA, AEN, Euratom, UIR, ISO, CEI, etc.). Ceci est notamment lié à la plus grande attention portée à la percée du domaine de

la protection de l'environnement et se traduit par l'arrivée d'une nouvelle génération d'experts. L'Institut reste ainsi l'un des principaux organismes nationaux fournisseur d'experts participant à ces instances. Cette participation active est importante, car les grandes lignes du système de gestion du risque radiologique servant à bâtir la réglementation française en radioprotection résultent de consensus établis dans les instances internationales. Sa position internationale a conduit l'IRSN à créer un groupe de concertation avec les autres acteurs français de la radioprotection (autorités, industriels, associatifs, experts).

La dernière réunion de ce groupe, le 2 novembre 2005, a été l'occasion de faire le point sur le processus de révision par la CIPR de ses recommandations générales et sur un projet de modification du Codex Alimentarius concernant la contamination des denrées alimentaires après un accident radiologique.

Lors de cette réunion, l'IRSN a également présenté les documents de position élaborés par l'Institut, ou sous son égide, sur la protection de l'environnement et sur le rapport du CERI (Comité européen sur le risque de l'irradiation) (*voir Focus ci-dessous*).

Controverse sur les effets d'une contamination interne

Les possibles effets sur la santé d'une contamination interne chronique sont un objet de controverses scientifiques et de débats sur le bien-fondé du système de radioprotection actuel pour ce type d'exposition. Afin d'éclairer ce débat, l'IRSN a publié en 2005 un rapport d'analyse critique des propositions émises à ce sujet par

des experts rassemblés au sein du CERI. La conclusion de cette analyse est que le CERI pose de bonnes questions, mais que sa démarche pour y répondre manque de rigueur scientifique, rendant ses assertions difficilement vérifiables. L'IRSN considère aujourd'hui qu'il n'y a pas lieu de modifier le système actuel de radioprotection, mais accentue son effort de recherche afin de répondre aux questions posées.

Pour plus d'informations, voir : www.irsn.org/rapport_ecrr

[FOCUS]



Contribution à la formation en radioprotection

Contribuer à la formation en radioprotection des professionnels de la santé et des personnes exposées dans l'exercice de leur métier est l'une des missions de service public assignées à l'IRSN. Cette activité s'appuie sur une réglementation récente visant à mieux prendre en compte les risques auxquels ces professionnels sont exposés.

41 sessions de formation proposées et réalisées (20 en 2004)

AU SERVICE DE LA PRÉVENTION DES RISQUES RADIOLOGIQUES ET DE LA LIMITATION DE LEURS CONSÉQUENCES

En tant qu'établissement de recherche et d'expertise, l'IRSN a vocation à dispenser des formations et à contribuer à l'enseignement dans ses domaines de compétence, à savoir, la sûreté et la sécurité nucléaires ainsi que la radioprotection.

Au cours de l'année 2005, l'IRSN a organisé une quarantaine de sessions de formation en radioprotection pour répondre à des besoins exprimés par une clientèle de plus en plus diversifiée (industriels, médecins radiologues, métrologistes, etc.) et en tenant compte de la disponibilité des formateurs ainsi que des moyens techniques à mettre en œuvre. Ces sessions ont, en effet, été animées pour l'essentiel par des cadres de l'IRSN.

Ces formations s'efforcent de concilier les exigences de coût et de durée de clients, souvent contraints par une réglementation, et la recherche de la qualité optimale tant pour le projet pédagogique que pour les méthodes mises en œuvre.

FOCUS

Mise en place d'une formation sur la radioactivité des eaux à destination des ingénieurs et des techniciens des Ddass et Drass



Une formation dispensée par l'IRSN.

Au cours des dernières années, la réglementation sur la qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine -dont un arrêté du 12 mai 2004 fixe les modalités de contrôle- a évolué. Aussi, les ingénieurs et techniciens

en charge de la surveillance des « eaux potables », au sein des services « santé/environnement » des directions départementales -ou régionales- des affaires sanitaires et sociales (Ddass ou Drass) ont-ils exprimé en 2005 le besoin d'une formation.

Au mois de juin, à Rennes, 25 agents de la Drass et des Ddass de la région Bretagne ont participé à la première formation sur ce sujet, organisée conjointement par la DGSNR et l'IRSN. Désormais proposée aux autres régions, cette formation a pour objectif de doter les stagiaires des outils d'appréciation théoriques et pratiques leur permettant de vérifier l'application des critères de potabilité de l'eau sous l'angle radiologique, et d'informer les autorités locales de la conduite à tenir en cas de dépassement des critères. La formation « test », réalisée à Rennes, a permis de mieux apprécier les attentes des services administratifs concernés et a conduit à concevoir un module de formation utilisable pour l'ensemble des Ddass ou des Drass.

Sessions de formation réalisées en 2005

Intitulé des sessions ou des actions de formation professionnelle	Durée de chaque session	Nombre de sessions en 2005	Publics visés	Nombre de stagiaires formés
Métrologie du radon	3 jours	4	Organismes agréés, experts immobiliers	61
Radioprotection médicale (patients et travailleurs)	2 jours	8	Médecins du travail, personnes compétentes en radioprotection	85
Formation pratique à l'évaluation des risques radiologiques et nucléaires, et aux études de postes de travail exposés	2 jours	2	Médecins du travail, personnes compétentes en radioprotection	16
Évaluation des expositions des travailleurs aux rayonnements ionisants, gestion de la dosimétrie et système SISERI	2 jours	2	Médecins du travail, personnes compétentes en radioprotection	20
Gestion de la dosimétrie au travail	2 jours	3	Médecins du travail, personnes compétentes en radioprotection	20
Formation à la radioprotection des travailleurs exposés	1 jour	9	Personnels exposés	205
Formation à la radioprotection (inspection de la radioprotection sur le lieu de travail)	3 jours	1	Inspecteurs contrôleurs du travail, médecins inspecteurs	25
Formation à la radioprotection (rôle, missions et moyens des médecins du travail)	3 jours	2	Médecins du travail	38
Actions de sensibilisation en milieu médical	1 jour	9	Médecins et personnels hospitaliers, médecins du travail, industriels	95
Radioprotection, citoyenneté et gouvernance	1 jour	1	Élus, membres des CLI, enseignants	25
Formation sur la radioactivité des eaux	1 jour	1	Ingénieurs des Ddass et Drass	25
TOTAL		42		615

Exception faite de la formation relative à la métrologie du radon, qui exige un environnement spécifique, toutes les autres formations peuvent être effectuées à l'IRSN ou directement chez ses clients.

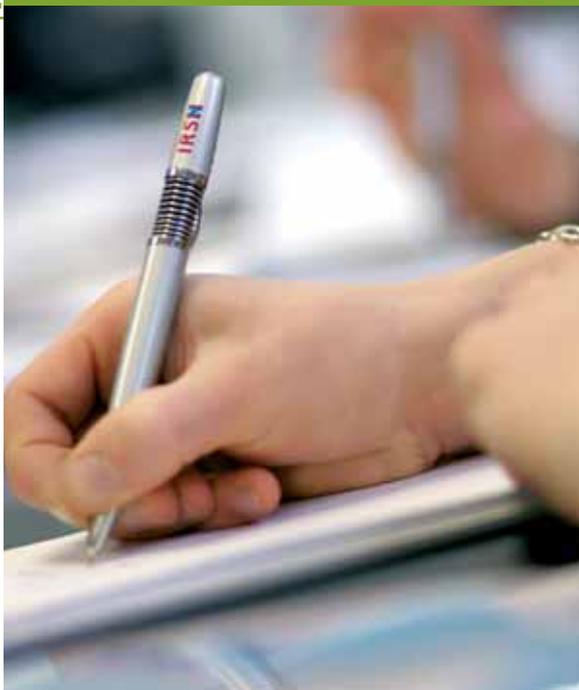


Les catégories de professionnels les plus représentées dans les sessions 2005 ont été les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants, les organismes agréés chargés de la mesure du radon dans les établissements ouverts au public, les médecins radiologues et les personnels paramédicaux intervenant en radiologie, les médecins du travail et les personnes en charge du suivi dosimétrique des

travailleurs, ainsi que l'inspection du travail. À la demande de la Commission locale d'information de Saclay (Essonne), une session sur la radioprotection, la citoyenneté et la gouvernance a été organisée pour ses membres (élus locaux, représentants d'associations, enseignants). Certaines des formations précitées ont également bénéficié au personnel de l'IRSN.

FOCUS

Programmes de formation professionnelle proposés



Des formations adaptées aux besoins de tous.

- Radioprotection des personnels médicaux et paramédicaux en vue de la protection des patients et des travailleurs
- Formation pratique à l'évaluation des risques radiologiques et nucléaires, et aux études de postes de travail exposés
- Radioprotection des personnels exposés dans l'industrie
- Évaluation des expositions des travailleurs aux rayonnements ionisants, gestion de la dosimétrie et système SISERI
- Sensibilisation à la radioprotection des personnels exposés
- Formation professionnelle sur les procédures applicables aux portiques de détection de la radioactivité – Mesure et conduite à tenir en cas de détection
- Radioprotection et contrôle : formation destinée aux inspecteurs du travail
- Utilisateur d'appareil industriel en radiologie – Préparation au CAMARI
- Métrologie du radon dans les bâtiments
- Contrôle radiologique de l'eau potable
- Métrologie de l'eau potable, intercomparaison
- Radioprotection, gouvernance et citoyenneté

➤ réalisé

➤ non réalisé en 2005

Veille permanente en matière de radioprotection

Dans le cadre de ses missions de service public, l'IRSN assure une veille permanente en matière de radioprotection. Celle-ci concerne la surveillance de la radioactivité dans l'environnement en France, l'évaluation des expositions des personnes et l'inventaire des sources de rayonnement.

SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE DE L'ENVIRONNEMENT

En France, la surveillance de la radioactivité dans l'environnement est assurée par l'IRSN à l'aide de stations de prélèvements et de télémessure situées à proximité ou non d'installations susceptibles de rejeter des radionucléides. Les prélèvements environnementaux sont analysés dans les laboratoires accrédités de l'Institut.

Les réseaux de télémessure assurent une veille environnementale en temps réel, au moyen d'appareils autonomes de mesure en continu de la radioactivité du milieu dans lequel ces appareils sont implantés.



Salle de télésurveillance des réseaux d'alerte au Vésinet (Yvelines).

Dès qu'une augmentation de la radioactivité est détectée, une alarme est envoyée à l'IRSN et une investigation est menée. Cela a été le cas en 2005 à la suite d'un incident de gestion dans un service de médecine nucléaire ayant conduit au rejet de cuves d'urines. L'évaluation par l'Institut de la contamination correspondante a permis d'apporter une aide à la gestion des boues de traitement des eaux usées.

Les réseaux de prélèvements gérés par l'IRSN permettent de suivre l'évolution de la radioactivité grâce à l'analyse d'échantillons d'air, d'eau, de sol, de flore et de faune. En 2005, 30 000 échantillons ont été analysés. L'Institut diffuse les résultats de cette surveillance par le biais de son site Internet et édite désormais annuellement une synthèse de l'état radiologique de l'environnement français.

Surveillance de la Polynésie française

Comme chaque année, l'IRSN a réalisé une campagne de prélèvements et d'analyses des denrées alimentaires produites en Polynésie française. Les résultats permettent de déterminer l'exposition des personnes résidant dans les différents archipels. En 2005, la dose totale « ajoutée » est inférieure à 5 μ Sv. Le rapport annuel de *Surveillance de la radioactivité en Polynésie française* édité par l'IRSN est disponible sur le site Internet.

La métrologie en appui de la surveillance

La mission de veille permanente exige de la part des laboratoires une grande rigueur dans l'analyse des prélèvements. L'accréditation des laboratoires de l'Institut effectuant ces mesures atteste de la qualité des résultats délivrés (voir chapitre *Qualité, partie 2*). En 2005, près de 100 000 mesures ont été effectuées pour cette mission.

500 points de prélèvement sur l'ensemble du territoire (500 en 2004)

1 000 points de mesure de rayonnement gamma par détecteur thermoluminescent (1 000 en 2004)

213 balises constituant le réseau de télésurveillance du territoire : Téléray, Hydrotéléray, Téléhydro et SARA (213 en 2004)

Près de **100 000 analyses** radiologiques réalisées (100 000 en 2004)

10 000 mouvements de source



Vers un inventaire exhaustif des capacités de mesure de l'Institut

Pour se préparer à un accident, qui nécessiterait la mobilisation de toutes ses capacités de mesure, l'IRSN a commencé à recenser finement ses moyens et à les organiser en réseau. L'inventaire des moyens dédiés à la mesure de l'environnement a été achevé en 2005.

Les laboratoires de ce réseau « environnement » participent à des tests de comparaison, organisés en interne, sur la détermination de l'activité d'échantillons variés. L'analyse des résultats obtenus permet de conforter leurs niveaux de performance et éventuellement de dégager des axes d'amélioration. Le retour d'expérience positif du fonctionnement de ce réseau va conduire à l'étendre à l'ensemble des laboratoires de mesure de l'Institut.

FOCUS

Réflexion sur les objectifs de la surveillance environnementale

L'évolution du contexte industriel, le retrait partiel du soutien logistique des Ddass, les évolutions techniques et l'amélioration des connaissances en radioécologie conduisent l'IRSN à redéfinir les bases de sa mission de surveillance de la radioactivité dans l'environnement et ses modalités d'exécution. L'analyse menée en 2005 a abouti à l'identification de quatre objectifs principaux :

- ▣ la veille permettant de vérifier l'absence de situation anormale associée à des dispositifs d'alerte permettant la détection précoce d'une telle situation ;
- ▣ l'observation des milieux pour caractériser finement leur radioactivité ;
- ▣ la contribution à la connaissance des rejets de radioactivité en appui à la DGSNR, au titre de sa mission de contrôle du respect de la réglementation en la matière ;
- ▣ la mise à disposition d'éléments d'information sur l'état de la radioactivité de l'environnement pour mieux répondre à des exigences réglementaires et à des préoccupations de la population.

Pour mieux répondre à ces objectifs, différentes actions de redéploiements techniques et géographiques ont été initiées en 2005. Elles se concrétiseront notamment par le développement du parc de systèmes de prélèvements automatisés d'eau (hydro-collecteurs).

VEILLE PERMANENTE EN MATIÈRE DE RADIOPROTECTION

Les missions de veille confiées à l'IRSN en matière de radioprotection concernent la gestion des sources de rayonnements ionisants et l'évaluation des doses reçues par les travailleurs et le public.

Gestion des sources

L'IRSN gère l'inventaire national des sources de rayonnements ionisants. Dans ce cadre, l'Institut a instruit en 2005 :

- ▣ 28 dossiers de demandes d'utilisation de sources ;
- ▣ 14 demandes de dispense de CAMARI (Certificat d'aptitude à manipuler des appareils de radiographie ou de radioscopie industrielle) ;
- ▣ 8 demandes sur des sujets techniques ou réglementaires ;
- ▣ 10 inventaires de sources de Centres nucléaires de production d'électricité (CNPE).

Par ailleurs, 6 700 dossiers d'utilisateur de sources sont gérés : 1 900 ont été modifiés et plus de 10 000 mouvements de sources ont été enregistrés (approvisionnements, reprises, importations, exportations, etc.).

Surveillance dosimétrique des travailleurs

Conformément au décret n° 2003-296 du 31 mars 2003, l'IRSN collecte, consolide et sauvegarde les données de la surveillance dosimétrique individuelle des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. Les informations dosimétriques, relatives à plus de



Système SISERI pour centraliser les informations dosimétriques des travailleurs.

255 000 travailleurs en activité, sont ainsi collectés avec une fréquence mensuelle, ou trimestrielle, pour la dosimétrie passive, et une fréquence hebdomadaire pour la dosimétrie opérationnelle.

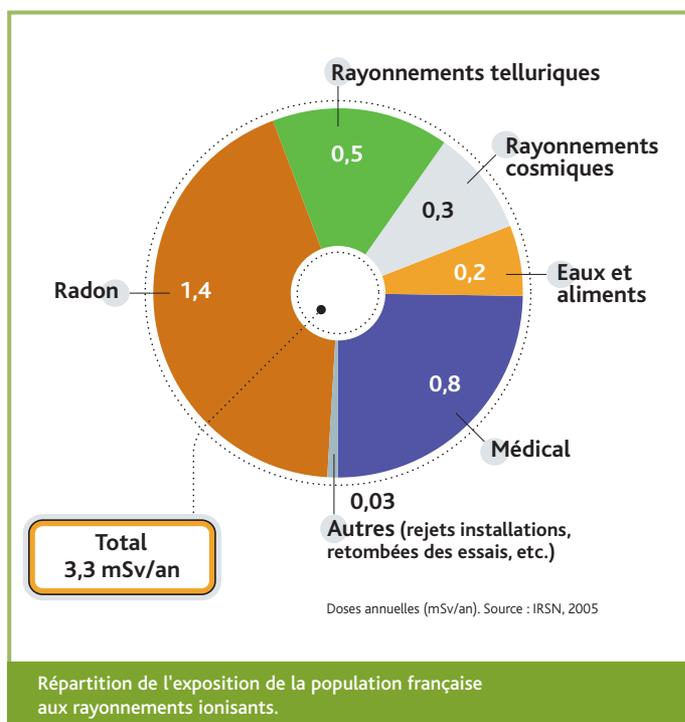
Afin de centraliser les informations dosimétriques relatives aux travailleurs français, l'IRSN a mis en place, à la demande de la Direction des relations du travail, le système d'information SISERI. Après une phase pilote de six mois, le système a été mis officiellement en service en février 2005. L'acquisition des données fournies par les différents exploitants et laboratoires de dosimétrie se fait selon les protocoles définis par l'Institut. Les données dosimétriques individuelles peuvent être restituées aux médecins du travail et aux personnes compétentes en radioprotection concernées grâce à un accès sécurisé.

La mise en œuvre opérationnelle du système SISERI permettra à terme d'affiner les statistiques des expositions professionnelles.

Appréciation des niveaux d'exposition des personnes du public

La dose efficace moyenne reçue en France du fait des sources de rayonnements ionisants a été revue par l'IRSN au cours de l'année 2005. Cette nouvelle estimation tient compte de la dose moyenne associée aux expositions médicales, désormais estimée à 0,8 mSv par personne et par an.

Au total, la dose efficace moyenne reçue en France est égale à 3,3 mSv par personne et par an. Cette valeur est très proche de la moyenne mondiale, avancée par l'Unsear, égale à 3,4 mSv/an.





Contribution à l'information du public et à la transparence

Pédagogie et transparence constituent deux principes de l'action de l'IRSN auprès de la société. L'Institut s'attache ainsi à inscrire le risque nucléaire et radiologique dans l'ensemble des risques industriels. Il contribue dans le même temps, par un ensemble d'actions, à mettre son expertise au service des professionnels (du milieu médical, de la sûreté nucléaire ou de l'environnement, etc.) et du public.

INFORMATION DU PUBLIC

Exposition itinérante
« Le Nucléaire
sous haute surveillance »

3 360 visiteurs
(6 500 en 2004)
dont 340 élèves
(1 120 en 2004)
2 villes visitées
(4 en 2004)

5 conférences
organisées (15 en 2004)

**831 demandes
d'information**
traitées via la boîte
contact du site Internet
(778 en 2004)

14 000
exemplaires du
rapport d'activité
diffusés
(12 000 en 2004)

Participation à 5
salons professionnels
et manifestations
publiques (5 en 2004)

Mission inscrite au décret de création de l'IRSN, l'information du public vise à rendre accessible au plus grand nombre l'état de la connaissance et de l'expertise dans le domaine du risque nucléaire et radiologique. Dans cet esprit, l'Institut a poursuivi en 2005 sa politique d'édition destinée à différentes catégories de public, l'organisation d'expositions et sa participation à des salons et manifestations, tout en consacrant un effort particulier au développement de son portail web.

Information directe

Expert du risque nucléaire et radiologique au service de la société, l'IRSN organise ou participe à des manifestations lui permettant d'aller à la rencontre du public. En 2005, l'Institut a ainsi entrepris la modernisation de l'exposition itinérante ASN/IRSN intitulée « Le Nucléaire sous haute surveillance » avec la refonte des modules Tchernobyl, Environnement et Santé. Accompagnée de tables rondes et de conférences, cette exposition a attiré 2 000 visiteurs à Évry (Essonne) et 1 100 visiteurs à Bourges (Cher).

Par ailleurs, l'IRSN a élaboré dans le cadre du 1^{er} Salon européen de la recherche et de l'innovation un espace pédagogique qui a accueilli 10 000 visiteurs. À l'occasion de la Fête de la science, manifestation organisée par le ministère chargé de la Recherche,



Succès mérité pour l'exposition itinérante à Bourges (Cher).

l'Institut a tenu un stand au jardin du Luxembourg à Paris et a animé un bar des sciences sur le thème de la perception des risques.



Inauguration des installations AMANDE et EPICUR en mars 2005 à Cadarache (Bouches-du-Rhône).

Information via les médias

L'IRSN s'est attaché en 2005 à répondre avec toujours plus de réactivité aux demandes des médias et à convier les journalistes à des événements tels que la visite de deux de ses nouvelles installations (AMANDE et EPICUR) ou à des conférences de presse, notamment à l'occasion de la publication de son baromètre 2005 et de celle des rapports de l'initiative franco-allemande sur les conséquences de l'accident de Tchernobyl.

Cet effort s'est traduit par une croissance de plus de 45 % des articles parus citant l'IRSN (soit 220 articles parus en 2005 contre 150 l'année précédente). Parmi les sujets les plus relayés par les médias sur cette période figurent la sûreté des installations nucléaires, l'environnement et la transparence.

Information des professionnels

L'IRSN a animé l'an passé des espaces d'information dans le cadre de différents salons et congrès professionnels : au salon Pollutec, salon international des équipements, des technologies et des services de l'environnement (Paris), l'Institut a reçu la visite de près de 4 000 visiteurs sur un stand structuré en trois axes thématiques : présentation institutionnelle, expertises et prestations, affaires. Au salon Medec, salon des professionnels de santé (Paris), l'IRSN a

accueilli environ 1 000 visiteurs. L'Institut a également participé pour la première fois à la 11^e édition du congrès Nureth qui a rassemblé en Avignon (Vaucluse) des spécialistes de la thermohydraulique des réacteurs nucléaires.

L'IRSN a co-organisé, les 7 et 8 novembre 2005 à Bruxelles (Belgique), le forum EUROSAFE avec ses homologues belge AVN et allemand GRS. Ce forum a été consacré en 2005 à l'amélioration de la sûreté : fondements, stratégies et déploiement. Il est relayé par une publication bisannuelle, *la Tribune EUROSAFE*, et par un site Internet www.eurosafe-forum.org.

Portail web de l'Institut

Le portail web de l'IRSN (www.irsn.org) a affiché un nombre croissant de visiteurs (+ 25,5 %) passant de 689 038 sessions en 2004 à 864 896 en 2005. L'an passé, l'Institut a entrepris la refonte de ce portail (qui compte environ 3 000 pages en français et 500 en anglais) pour en améliorer l'accessibilité au public, à la presse et aux professionnels concernés par les domaines d'activité de l'Institut. Dans ce cadre, les sites www.irsn.org/eau (consacré à la surveillance de la radioactivité dans l'eau, les boues et les sédiments) et www.irsn.org/formations (qui regroupe l'ensemble de l'offre de l'IRSN dans le domaine de la formation) ont été mis en ligne. Le nouveau portail offre de nouvelles fonctionnalités telles qu'une newsletter, un centre de téléchargement ou encore une synchronisation des données entre tous les sites Internet et intranet de l'Institut.



Madame Nelly OLIN, ministre de l'Écologie et du Développement durable en visite sur le stand de l'IRSN à Pollutec en décembre 2005.

24 500
livrets d'information
diffusés
(30 000 en 2004)
et 22 150 fiches
de présentation
des activités de formation
et des prestations
de l'Institut diffusées
(4 500 en 2004)

868 000
visites
en 2005
(690 000 en 2004),
dont 250 000 visiteurs
uniques
(195 000 en 2004)
sur le site Internet
institutionnel
www.irsn.org

76 966
visites
(55 548 en 2004),
soit environ 3 262
visiteurs uniques
par mois
(2 000 en 2004),
sur le site scientifique
de l'IRSN



FOCUS

Action pilote avec les CLI concernant la radioactivité dans l'environnement dans le bassin de la Loire



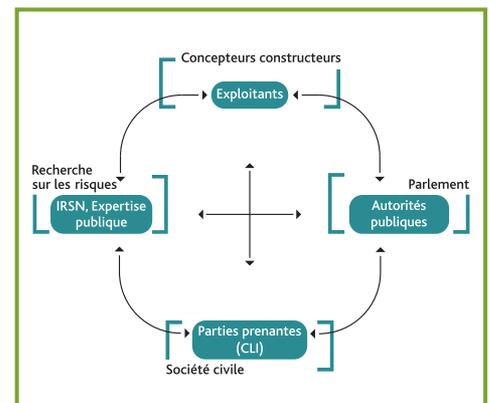
Le site de Saint-Laurent-des-Eaux. La première CLI à s'être mobilisée pour mettre en place l'action pilote menée dans le bassin de la Loire.

L'IRSN a engagé avec des CLI du bassin de la Loire une action sur l'utilisation et l'intelligibilité pour les acteurs locaux des mesures de la radioactivité dans leur environnement. Le but de l'action est de construire des outils de suivi de l'environnement en s'appuyant sur les mesures effectuées par l'IRSN et plus largement sur celles qui seront disponibles dans le cadre du réseau national de mesures de la radioactivité dans l'environnement. Le dialogue avec les CLI, auxquelles l'IRSN a présenté cette démarche, a permis à l'Institut d'identifier des attentes précises de la part de celles-ci. Les discussions à venir permettront une mise en commun des attentes des CLI à l'échelle du bassin de la Loire, puis au niveau national avec l'Ancli.

OUVERTURE DE L'EXPERTISE À LA SOCIÉTÉ

En 2005, l'ouverture de l'expertise de l'IRSN à la société s'est traduite par différents types d'actions impliquant des associations, des partenaires sociaux ou d'autres instituts d'expertise. Par-delà des actions pilotes pouvant conduire à la constitution de groupes d'expertise pluraliste lorsqu'il s'agit de traiter de sujets complexes ou faisant l'objet de contestations, l'engagement de l'IRSN repose sur sa participation à des réseaux d'information, de valorisation et de retour d'expérience, et sur la création de tels réseaux.

Dans le cadre du protocole signé en 2003 avec l'Institut, l'Association nationale des commissions locales d'information (Ancli) a sollicité l'IRSN, en 2005, à propos de la gouvernance de la gestion des déchets nucléaires. Le projet comprend deux volets : la préparation d'un séminaire sur « le retour d'expérience international sur la gouvernance participative de la gestion des déchets nucléaires », et un suivi du débat public relatif à la gestion des déchets radioactifs, sous l'angle de l'émergence de processus innovants permettant l'implication de la société. Il s'agit pour l'IRSN de contribuer au



La sûreté nucléaire repose sur la vigilance de quatre acteurs : l'exploitant, l'autorité publique, l'expert public et les acteurs de la société civile.

développement d'une culture sur la gouvernance participative en son sein et de rendre accessible ses travaux aux acteurs de la société dans le domaine des déchets radioactifs et de leur gouvernance. L'IRSN a par ailleurs entrepris une action de concertation avec les partenaires sociaux sur la surveillance de l'exposition des travailleurs aux rayonnements ionisants. Celle-ci relève en effet d'une mission de l'Institut au bénéfice des travailleurs et au service des autorités publiques ainsi que des parties prenantes, employeurs et organisations syndicales. Enfin, l'IRSN a engagé avec cinq autres instituts d'expertise nationaux (Afsset, Ineris, Inrets, INRS, InVS) une réflexion sur les évolutions de la gouvernance des activités et situations à risques. L'objectif de cette coopération est, pour l'Institut, de placer sa démarche en perspective avec celles d'autres instituts publics et de mener avec ces derniers une réflexion stratégique susceptible de conduire à des actions communes et à des échanges sur ces nouveaux modes de gouvernance.

Participation de l'IRSN au débat public sur le projet EPR tête de série à Flamanville

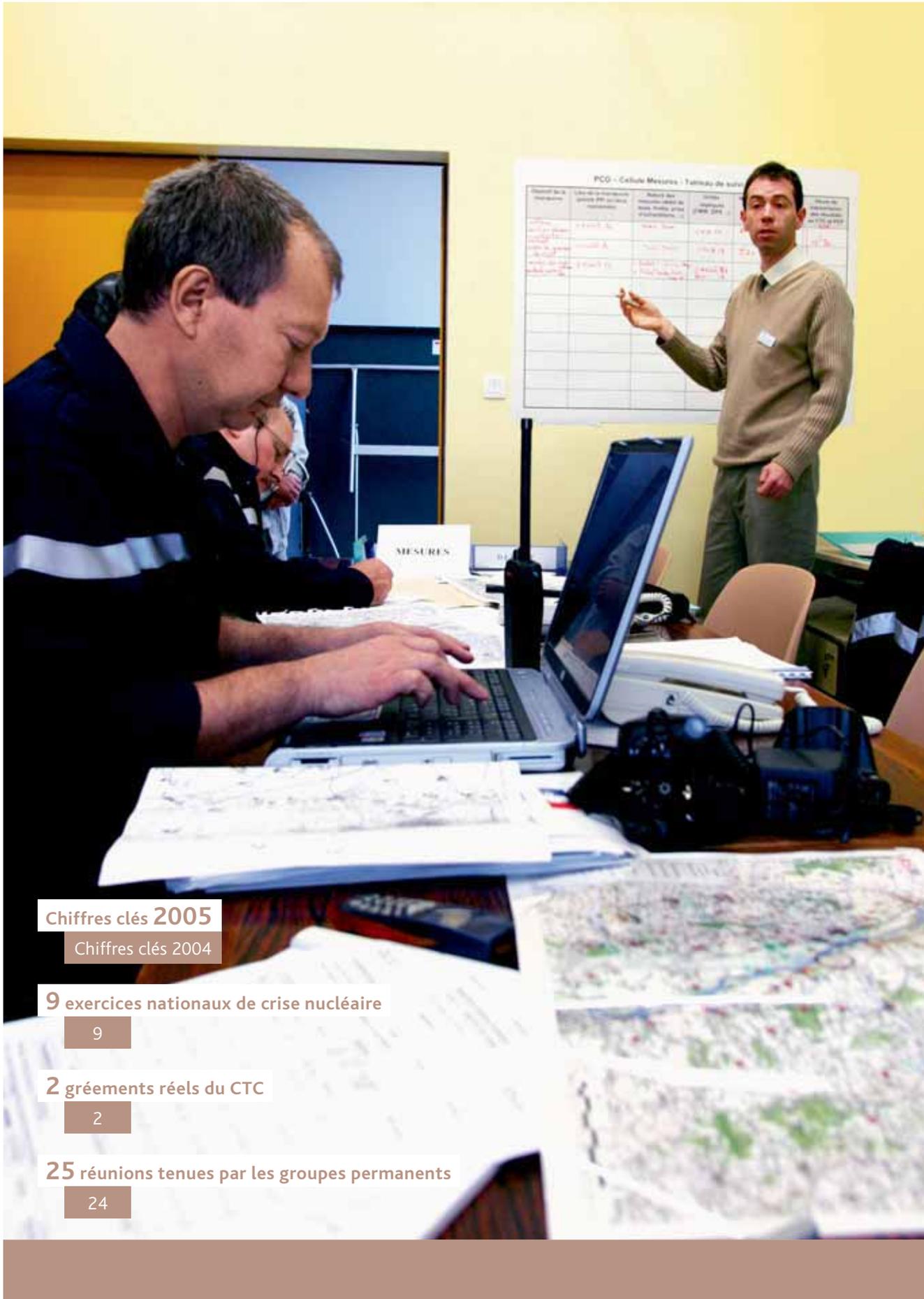
[FOCUS]



L'évaluation de la sûreté du projet EPR est réalisée par l'IRSN.

L'IRSN s'est mobilisé pour apporter à la Commission particulière du débat public (CPDP) et au public participant au débat, commencé mi-octobre 2005, des éléments d'informations compréhensibles. Dans le « cahier d'acteur » rédigé à cette occasion, l'IRSN fait le point sur les objectifs généraux de sûreté retenus pour les réacteurs électronucléaires de type EPR.

L'Institut souligne quelques traits importants de son évaluation de la sûreté du projet EPR et rappelle que l'IRSN s'est impliqué dans une collaboration avec le Groupement des scientifiques pour l'information sur l'énergie nucléaire (GSIEN) et l'Ancli sur ce sujet et est prêt à poursuivre dans cette voie.



Chiffres clés 2005

Chiffres clés 2004

9 exercices nationaux de crise nucléaire

9

2 grèvements réels du CTC

2

25 réunions tenues par les groupes permanents

24

APPUI ET CONCOURS TECHNIQUE AUX POUVOIRS PUBLICS

Qu'il intervienne pour le compte de l'autorité (concours technique) ou comme appui technique, l'IRSN mène ses actions en partenariat avec les pouvoirs publics.

Pour progresser dans la qualité de son expertise, l'IRSN poursuit un dialogue technique avec les industriels et formalise sa doctrine technique par la publication de documents.



Appui technique en matière de risque nucléaire et radiologique



Appui opérationnel en cas de crise ou de situation d'urgence radiologique



Appui technique en matière de risque nucléaire et radiologique

L'appui technique apporté par l'IRSN aux autorités consiste en une expertise de dossiers techniques transmis par les industriels. Ces dossiers concernent la sûreté des réacteurs, des usines du cycle du combustible, des transports et du démantèlement, ainsi que la gestion des déchets radioactifs. Ils portent également sur la protection de l'homme et de l'environnement. À l'issue de ces expertises, l'IRSN formule des avis sur les dispositions proposées par les industriels et le secteur médical pour maîtriser ces risques. Ces avis sont transmis aux autorités ou présentés au Groupe permanent d'experts compétent.

ANALYSE DE LA SÛRETÉ DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

L'IRSN apporte un appui technique à la DGSNR⁽⁵⁾ en matière d'évaluation de la sûreté et de la radioprotection dans les 58 réacteurs en exploitation du parc électronucléaire français. Il évalue également la sûreté des réacteurs d'expérimentation ainsi que celle du projet de réacteur EPR. En 2005, l'Institut a beaucoup travaillé au réexamen de sûreté des réacteurs de 1 300 MWe en vue de leurs deuxième visites décennales, et à celui des réacteurs de 900 MWe en vue de leurs troisième visites décennales.

Réexamens de sûreté des réacteurs et rapports de sûreté associés

Chaque réacteur en exploitation fait l'objet d'un réexamen de sûreté tous les 10 ans. Ce réexamen comprend la vérification du maintien de la conformité des centrales à leurs référentiels de conception et d'exploitation, et l'étude des évolutions possibles de ces référentiels et des modifications associées. Ces évolutions visent à améliorer la sûreté des réacteurs. Elles résultent de la prise en compte du retour d'expérience, du progrès des connaissances, ainsi que des nouvelles dispositions de sûreté

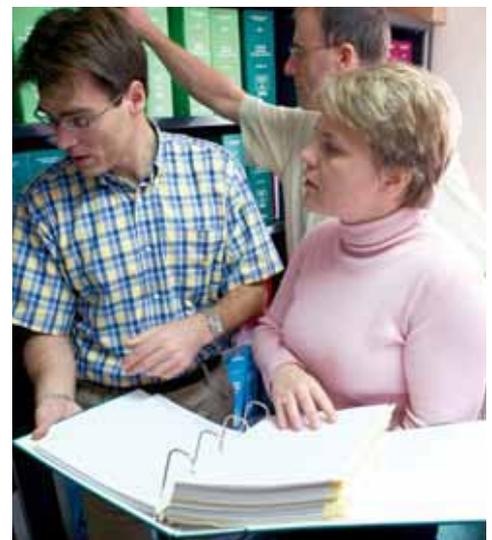
retenues pour les réacteurs les plus récents, lorsque cela est techniquement réalisable et que le gain pour la sûreté est significatif. Durant l'année 2005, l'IRSN a poursuivi son action sur le réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe en vue de leurs troisième visites décennales (VD3 900) (*voir Focus ci-contre*). Enfin, concernant les deuxième visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe, l'Institut a terminé l'examen des études du réexamen de sûreté, des dossiers de modifications et du rapport standard de sûreté.

688 avis techniques aux pouvoirs publics hors activités intéressant la défense (608 en 2004)

630 participations aux inspections des installations nucléaires de base (près de 600 en 2004)

143 rapports d'essais relatifs aux exercices d'intercomparaison de mesures de la radioactivité dans l'environnement (107 en 2004)

110 avis en radioprotection de l'homme (134 en 2004)

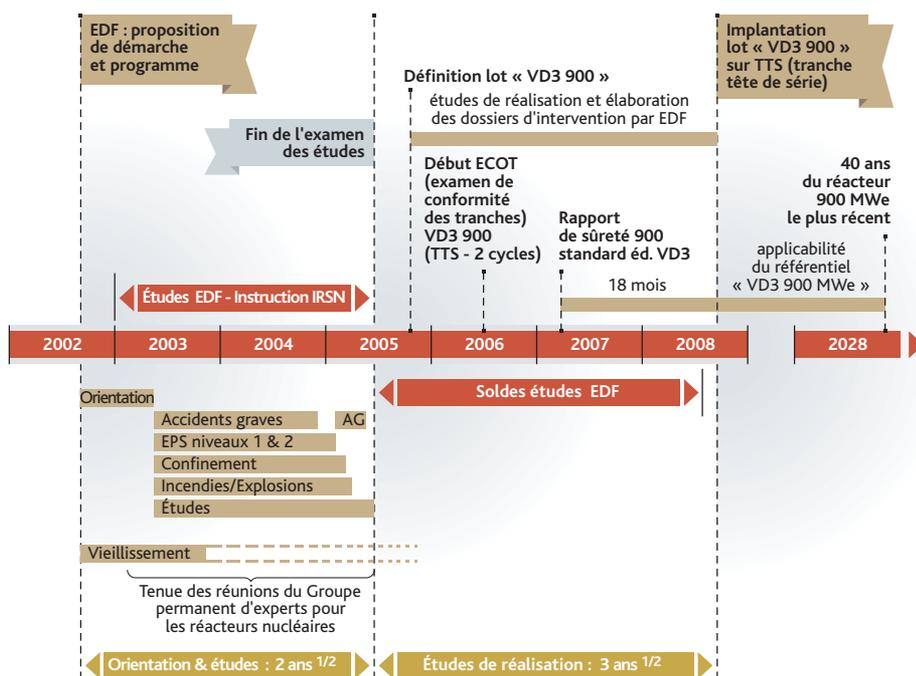


Le rapport de sûreté sert de base au réexamen.

(5) DGSNR : Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe

[FOCUS]



Le planning du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe.

L'IRSN a achevé début 2005 la principale phase d'instruction des études du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe (VD3 900). Celle-ci s'est clôturée par la tenue de sept réunions du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires. Ces études consistent à vérifier la conformité des 34 réacteurs de 900 MWe aux exigences de sûreté applicables et à réévaluer ces exigences à la lumière du retour d'expérience et de l'évolution des connaissances techniques. Ces études concernent essentiellement :

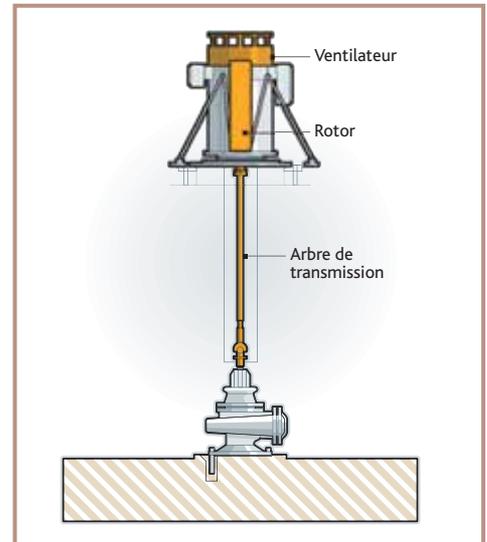
- les études probabilistes de sûreté (EPS) quantifiant les risques de fusion du cœur et de relâchement de produits radioactifs ;
- les agressions internes aux installations telles que l'incendie (qui a fait l'objet du développement à l'IRSN d'une EPS spécifique) et l'explosion ;
- les agressions d'origine climatique susceptibles d'affecter l'ensemble des fonctions de sûreté d'un site ;
- la tenue aux séismes des installations ;
- la conception de nombreux équipements, comme le circuit d'injection de sécurité, l'enceinte de confinement, les piscines et leur système de refroidissement ;
- les accidents graves.

Ces travaux sont à l'origine d'une vingtaine de modifications qui seront mises en œuvre lors des prochaines visites décennales (à partir de 2009) pour garantir et améliorer la sûreté des réacteurs de 900 MWe.

Examen des programmes de travaux et de contrôles réalisés lors des arrêts pour le renouvellement du combustible et la maintenance des réacteurs

En 2005, 52 arrêts programmés d'une durée de trois semaines à trois mois ont fait l'objet d'un examen par l'IRSN. Pour chacun d'eux, l'Institut a étudié les programmes de travaux et de contrôles prévus par l'exploitant, suivi l'exécution de ces opérations, examiné le traitement des écarts mis en évidence ainsi que les résultats des essais de redémarrage.

L'IRSN a en particulier examiné les actions décidées par EDF pour traiter l'anomalie générique qui affecte les groupes motopompes de certains circuits de sauvegarde des 34 réacteurs de 900 MWe. Celle-ci a fait l'objet d'une déclaration d'événement significatif classé au niveau 2 de l'échelle INES en décembre 2005.



Les détails sur l'anomalie des groupes motopompes ont été publiés sur le site Internet de l'IRSN.

FOCUS

Risque de vidange de la piscine d'entreposage des combustibles irradiés

En 2005, dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe, l'IRSN a montré que certaines séquences accidentelles pourraient conduire à une vidange rapide de la piscine d'entreposage des combustibles irradiés. L'examen du retour d'expérience a par ailleurs montré que de nombreux événements précurseurs s'étaient produits et que certains avaient déjà entraîné une vidange notable.

Outre la perte totale du refroidissement des combustibles entreposés, l'une des conséquences possibles de ces événements serait le dénoyage partiel ou total d'un ou de plusieurs assemblages en cours de manutention (*voir Focus « Accident de vidange d'une piscine d'entreposage de combustibles irradiés »**).

L'analyse de l'IRSN a conduit EDF à mettre en place des dispositions visant à renforcer la prévention sur tous les réacteurs du parc dès 2006 et à faciliter la gestion d'une telle situation accidentelle.

À moyen terme, d'autres modifications seront mises en œuvre sur les réacteurs de 900 MWe lors de leurs troisièmes visites décennales, dont la première aura lieu en 2009. Elles concernent notamment l'isolement rapide de la piscine de désactivation de la piscine du réacteur en cas de vidange, la dépose en position sûre d'un assemblage en cours de manutention et le suivi du niveau de la piscine de désactivation depuis la salle de commande.

FOCUS
p.54

Examen des règles générales d'exploitation (RGE)

Les RGE permettent de garantir le respect en exploitation des limites fixées à la conception. Ces règles doivent évoluer en fonction des modifications apportées aux réacteurs et du retour d'expérience.

En 2005, l'IRSN a transmis plus d'une centaine d'avis sur l'acceptabilité, du point de vue de la sûreté, d'évolutions proposées par EDF ou de dérogations ponctuelles aux RGE demandées à la suite d'aléas d'exploitation. L'Institut a notamment examiné le dossier relatif au redémarrage des réacteurs en cas de perte généralisée du réseau électrique ; son avis a conduit EDF à modifier ses propositions.

Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs

L'IRSN examine le retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs, en particulier les événements et anomalies qui affectent ces réacteurs.

Les 760 événements significatifs déclarés par EDF en 2005 ont été examinés et décrits dans une base de données informatique IRSN. Les incidents les plus caractéristiques d'une dégradation de la sûreté ont fait ou feront l'objet d'une analyse approfondie et, pour certains considérés comme précurseurs, d'une analyse utilisant les études probabilistes de sûreté pour apprécier leur gravité en termes de

risque d'endommagement du cœur du réacteur. Par ailleurs, l'IRSN transmet à l'AIEA des rapports au sujet des incidents les plus instructifs, dans le cadre du Système international de notification des incidents (*Incident Reporting System*).

Afin d'apprécier de manière globale les évolutions de la sûreté d'exploitation du parc, l'IRSN a développé des outils d'analyse statistique des événements qui permettent l'élaboration d'indicateurs. Ces outils ont été utilisés en 2005 pour l'analyse statistique des événements survenus entre 2000 et 2002. Ce travail sera complété sur la base des données statistiques relatives aux événements survenus de 1997 à 1999 et de 2003 à 2005.

Visites de surveillance

En 2005, l'IRSN a apporté un appui aux inspecteurs des installations nucléaires de base pour la préparation de près de 300 visites de surveillance sur le parc des réacteurs EDF. L'Institut a accompagné les inspecteurs lors de certaines visites.

Protection des réacteurs face aux agressions d'origine externe

En 2005, l'IRSN a poursuivi l'examen de la protection des centrales nucléaires contre les agressions d'origine externe. Il a notamment examiné l'autonomie des réacteurs et des sites à l'égard d'agressions d'origine naturelle pouvant affecter simultanément plusieurs réacteurs. De plus, l'Institut a analysé la doctrine proposée par EDF contre les risques de marée noire et d'inondation.

Par ailleurs, l'IRSN a participé, au sein d'un groupe de travail international, à la révision des guides de l'AIEA sur la protection contre les risques d'inondation.



L'IRSN analyse les dossiers transmis par EDF.

Incident à Nogent-sur-Seine

[FOCUS]

Le 30 septembre 2005, alors que le réacteur n° 1 de la centrale de Nogent-sur-Seine (Aube) redémarrait après un arrêt pour rechargement, un cumul de défaillances humaines et matérielles a conduit à un écoulement d'eau chaude provenant du circuit secondaire dans le bâtiment « électrique ». Des ordres intempestifs ont provoqué l'arrêt automatique du réacteur et le démarrage de l'injection de sécurité. L'apparition intempestive d'une alarme « flux neutronique élevé » a de plus entraîné le déclenchement du plan d'urgence interne et la mise en place de l'organisation nationale de crise.

Le Centre technique de crise de l'IRSN a ainsi été activé de 9 heures à 15 h 15 et l'Institut a participé le 3 octobre 2005 à une inspection des locaux touchés. L'IRSN a ensuite lancé une analyse approfondie de cet incident sérieux.

En effet, si les conséquences des fuites avaient été plus importantes, la défaillance d'autres tableaux électriques, restés opérationnels le 30 septembre, aurait pu rendre la conduite plus délicate. Lors de la réunion du 7 décembre 2005, l'IRSN a présenté son point de vue aux membres de la Commission locale d'information.

Évaluation de la sûreté du projet de réacteur EPR

Depuis la mise au point des *Technical Guidelines* (directives techniques) en octobre 2000, et dans l'attente d'une demande d'autorisation de création d'un réacteur de type EPR en France, l'IRSN a poursuivi l'examen de la sûreté de ce projet de réacteur sur la base de dossiers techniques qui :

- ▣ ont trait au respect des objectifs généraux de sûreté ;
- ▣ concernent des solutions techniques innovantes ;
- ▣ concernent des dispositions qui ont évolué depuis l'élaboration des directives techniques ;
- ▣ déclinent des évolutions mises en œuvre sur le parc des réacteurs en exploitation.

Au cours de l'année 2005, un ensemble de dossiers techniques a été ainsi examiné par l'IRSN et a fait l'objet de présentations et de discussions lors de réunions du Groupe permanent pour les réacteurs nucléaires. Ces dossiers concernent :

- ▣ la radioprotection des travailleurs en fonctionnement normal ;
- ▣ la qualification des équipements aux conditions accidentelles ;

- ▶ « l'exclusion de rupture » pour les tuyauteries de vapeur principales ;
- ▶ « l'élimination pratique » des situations de fusion du cœur avec bypasse du confinement ;
- ▶ les exigences de sûreté pour la conception des ouvrages de génie civil ;
- ▶ les dispositions de conception à l'égard des situations de canicule ;
- ▶ le traitement d'une brèche importante du circuit de refroidissement à l'arrêt ;
- ▶ l'architecture des systèmes de contrôle-commande ;
- ▶ la conception de la station de repli, de la station de pompage et du récupérateur de corium ;
- ▶ les principes de la maintenance préventive réalisée avec le réacteur en puissance.

Par ailleurs, l'Institut a participé à la rédaction de plusieurs rapports d'évaluation technique présentés devant la section permanente nucléaire de la Commission centrale des appareils à pression. Ces rapports sont relatifs à l'examen des choix de conception pour certains gros composants comme les générateurs de vapeur, etc.

En 2005, des avis ont été formulés par l'IRSN sur le référentiel de sûreté d'EPR ainsi que sur les méthodes d'évaluation des conséquences radiologiques en situation accidentelle.

Suivi des réacteurs d'expérimentation

L'IRSN réalise des expertises de sûreté concernant les réacteurs de recherche et le réacteur à neutrons rapides PHENIX exploités par le CEA, ainsi que le



Vue de dessous du réacteur MASURCA, pendant la descente des barres de combustible.

réacteur à haut flux (RHF) de Grenoble (Isère), exploité par l'Institut Laue-Langevin.

En 2005, le travail d'expertise de l'Institut a principalement concerné le réacteur MASURCA, situé à Cadarache (Bouches-du-Rhône), pour lequel un réexamen de sûreté est en cours. L'IRSN a examiné la démarche de réexamen retenue par le CEA et étudié la pertinence des orientations relatives aux modifications de l'installation prévues par l'exploitant dans le cadre des travaux de rénovation. En outre, l'IRSN a examiné la demande d'autorisation de mise en place d'un cœur représentatif de la filière des réacteurs à neutrons rapides refroidis par un gaz ; ces réacteurs sont étudiés dans le cadre du

FOCUS

Séminaire en Chine sur le projet de réacteur EPR

Un séminaire consacré au projet de réacteur EPR a eu lieu à Pékin en mars 2005. Organisé conjointement par la DGSNR et l'IRSN, ce séminaire avait pour objectif de présenter à l'autorité de sûreté chinoise NNSA, ainsi qu'à ses appuis techniques, les options de sûreté et les principes de conception du projet de réacteur EPR.

À la demande de la NNSA, ce séminaire a eu lieu avant que les organismes chinois n'engagent l'évaluation des propositions soumises par les différents constructeurs afin de répondre à l'appel d'offres lancé par la Chine pour la construction de réacteurs de génération III.

Au cours du séminaire, les participants de la DGSNR et de l'IRSN ont présenté la démarche d'évaluation du projet et ont partagé leur expérience de l'évaluation de sûreté, avec leurs homologues chinois, sur des points majeurs de conception.

Groupe permanent pour les réacteurs nucléaires

Objet	Date de réunion
Examen de la mise en service des deux réacteurs de Civaux	20/01/2005
Examen des résultats des études probabilistes de sûreté de niveaux 1 et 2 des réacteurs de 900 MWe	03/02/2005 10/02/2005
Examen du comportement du confinement des réacteurs de 900 MWe	03/03/2005
Examen de l'amélioration des connaissances sur les risques d'incendie et de la protection des installations à l'égard des explosions pouvant se produire sur un site	10/03/2005
Conclusion des études du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe « VD3 90 »	24/03/2005 31/03/2005 21/04/2005
Examen de l'expérience d'exploitation des réacteurs à eau sous pression français et étrangers au cours de la période 2000 à 2002 (2 ^e séance)	16/06/2005
Poursuite de l'examen de la sûreté du projet de réacteur EPR (3 ^e réunion) portant notamment sur la radioprotection, le risque de bipasse du confinement et la qualification des équipements	05/07/2005
Journée de sensibilisation aux facteurs humains et organisationnels	20/10/2005
Poursuite de l'examen de la sûreté du projet de réacteur EPR (4 ^e réunion) portant notamment sur le contrôle-commande, le récupérateur de corium, les principes de maintenance préventive	01/12/2005
Réexamen de sûreté associé aux deuxièmes visites décennales des réacteurs de 1 300 MWe	22/12/2005

forum international de R&D « Génération IV » dédié à l'étude des réacteurs du futur.

Par ailleurs, l'IRSN a émis des avis concernant l'évacuation d'éléments combustibles irradiés du réacteur OSIRIS à Saclay (Essonne), ainsi que l'irradiation expérimentale IRIS TUM.

En 2005, l'Institut a analysé les incidents survenus dans l'installation PHENIX, située à Marcoule (Gard), depuis son redémarrage en 2003, notamment ceux relatifs à des réglages de seuils de sécurité. De façon générale, ces incidents font apparaître un manque d'expérience dû au renouvellement des équipes.

L'IRSN a transmis un avis sur un projet de guide technique de conception pour les dispositifs expérimentaux des réacteurs du CEA en général. Il a également examiné les modalités de déclaration des événements « significatifs » et les documents relatifs aux réexamens de sûreté.



Le réacteur PHENIX fait l'objet d'un suivi par l'IRSN.

APPUI À L'ANALYSE DE SÛRETÉ DES RÉACTEURS EN EXPLOITATION

En 2005, l'IRSN a poursuivi ses activités d'appui à l'analyse de sûreté des réacteurs en exploitation, notamment dans les domaines du génie civil, des évaluations probabilistes de sûreté et de la thermohydraulique. L'Institut a également contribué à la préparation de réunions de la section permanente nucléaire de la Commission centrale des appareils à pression.

Génie civil

En 2005, l'IRSN a poursuivi le réexamen du comportement sismique des ouvrages de génie civil :

- ▣ des centrales de 900 MWe de Fessenheim (Haut-Rhin) et de Bugey (Ain) ;
- ▣ des bâtiments électriques et des salles des machines des centrales de 1 300 MWe.

Pour le projet de réacteur EPR, l'Institut a examiné les exigences retenues par EDF pour le dimensionnement des ouvrages de génie civil ainsi que les principes de conception du tampon d'accès des matériels dans le bâtiment du réacteur.

Enfin, l'IRSN a procédé à l'examen du projet de révision de la règle fondamentale de sûreté relative à la conception parasismique des installations nucléaires, en vue de sa présentation aux groupes permanents début 2006.

Préparation des réunions de la Section permanente nucléaire (SPN) de la Commission centrale des appareils à pression (CCAP)

La SPN a tenu sept réunions au cours de l'année 2005. Dans ce cadre, l'IRSN a contribué à l'instruction et aux rapports concernant :

- ▣ la conception de certains composants du projet de réacteur EPR (comme les mécanismes de commande des grappes ou les générateurs de vapeur) ;
- ▣ les conditions à associer à la mise en œuvre de l'hypothèse d'exclusion de rupture pour la conception du projet de réacteur EPR ;
- ▣ les dossiers de références réglementaires relatifs aux circuits secondaires principaux des réacteurs à eau sous pression ;

- ▣ le vieillissement sous irradiation des cuves des réacteurs de 900 MWe.

Études probabilistes de sûreté de niveau 1

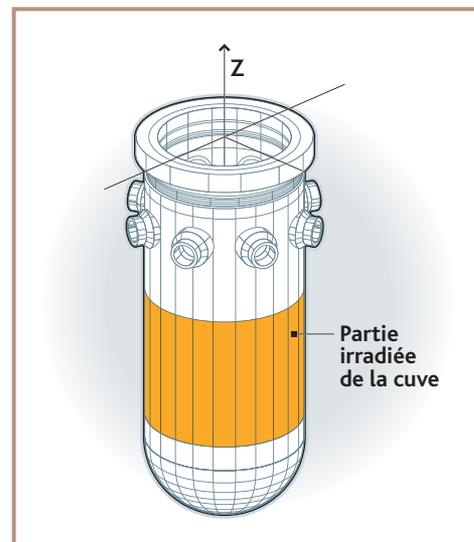
Les études probabilistes de sûreté (EPS) aident à apprécier les dispositions retenues par les exploitants. Elles permettent notamment de mieux hiérarchiser les problèmes identifiés lors de la conception ou de l'exploitation des installations, et donc de définir les améliorations à prévoir en priorité.

Les enseignements tirés de l'EPS de niveau 1 des réacteurs de 900 MWe ont été utilisés en 2005 lors du réexamen de sûreté associé aux VD3 900 et pourront conduire EDF à compléter le lot de modifications associé à ce réexamen. Une révision de l'EPS de niveau 1 des réacteurs de 900 MWe est en cours à l'IRSN pour tenir compte des suites de ce réexamen et disposer d'une étude représentative de l'état des installations après leurs troisièmes visites décennales.

Thermohydraulique

En support à l'analyse de sûreté des réacteurs à eau sous pression, l'IRSN mène des études à l'aide de logiciels thermohydrauliques.

En 2005, l'Institut a effectué, en collaboration avec l'autorité de sûreté finlandaise STUK, des calculs relatifs à l'accident de rupture de tube de générateur



L'irradiation fragilise les cuves des réacteurs.

ÉTUDES PROBABILISTES DE SÛRETÉ (EPS)

Les EPS consistent en une investigation systématique des scénarios accidentels.

- L'EPS de niveau 1 identifie les scénarios pouvant mener à la fusion du cœur et détermine leurs fréquences.
- L'EPS incendie traite les risques associés aux incendies.
- L'EPS de niveau 2 permet d'évaluer la nature, l'importance et la fréquence des rejets radioactifs hors de l'enceinte de confinement.

de vapeur, pour apprécier les différences de conduite de l'accident, entre le projet de réacteur nucléaire EPR finlandais et le projet de réacteur nucléaire EPR français.

Afin de préparer l'analyse d'études d'EDF à venir, l'IRSN a engagé en 2005 une expertise de la dernière version du logiciel CATHARE, et l'appréciation des incertitudes associées (participation au projet BEMUSE de l'OCDE). L'Institut a par ailleurs poursuivi les études relatives à l'accident de rupture d'une tuyauterie de vapeur.



Les enseignements tirés de l'EPS de niveau 1 des réacteurs de 900 MWe ont été utilisés lors du réexamen de sûreté associé au VD3 900.

Conséquences radiologiques des accidents

[FOCUS]



L'évaluation des conséquences radiologiques : une étude importante pour l'environnement proche des centrales nucléaires.

Les conséquences radiologiques des accidents étaient jusqu'à présent calculées selon deux méthodes différentes, l'une française pour les réacteurs en exploitation, l'autre allemande pour le projet de réacteur EPR. EDF souhaite mettre en cohérence ces deux méthodes et utiliser la méthode commune essentiellement dérivée de la méthode française, notamment pour le rapport provisoire de sûreté du projet de réacteur EPR. Au cours de l'année 2005, l'IRSN a tout d'abord examiné les principes adoptés par EDF pour cette mise en cohérence. L'Institut a également étudié l'approche retenue pour la réalisation des études de sensibilité présentées dans le rapport préliminaire de sûreté du projet de réacteur EPR pour l'ensemble des conditions de fonctionnement accidentelles. Le but de ces études est d'apprécier l'impact de la méthode retenue sur les résultats.

L'IRSN a ensuite débuté l'analyse du nouveau référentiel d'évaluation des conséquences radiologiques, qui couvre à la fois l'évaluation de l'activité rejetée à l'extérieur de l'enceinte de confinement et celle de l'impact dosimétrique sur l'homme et l'environnement. L'Institut présentera ses conclusions (hors situations avec fusion de cœur) en 2006.



Salle de commande du bâtiment auxiliaire nucléaire.

FIABILITÉ HUMAINE ET ORGANISATIONNELLE

L'année 2005 a été marquée par la poursuite du développement des activités d'expertise de l'IRSN dans le domaine de la fiabilité humaine et organisationnelle.

Analyse approfondie d'événements

Cinq événements significatifs pour la sûreté survenus dans des centrales nucléaires ont été examinés. L'IRSN a reconstitué les chronologies précises des actions réalisées par les opérateurs, en parallèle aux évolutions des paramètres de l'installation. L'Institut a examiné la pertinence des actions correctives mises en œuvre par EDF pour éviter que de tels événements ne se reproduisent. Il a recommandé qu'EDF renforce les dispositions destinées à assurer la qualité des phases de planification et de préparation des activités. Il a pu également confirmer le rôle central joué par la communication entre les acteurs dans la détection et la récupération des erreurs.

Retour d'expérience d'exploitation

Lors de la réunion du Groupe permanent de juin 2005 consacrée à l'examen du retour d'expérience d'exploitation des centrales nucléaires d'EDF, trois sujets concernant la fiabilité humaine et organisationnelle ont été examinés :

- ▣ le plan d'actions mis en œuvre par EDF pour l'amélioration des interventions qui pourraient entraîner des pertes de tableaux électriques et l'amélioration des procédures de conduite à appliquer pour limiter les conséquences de telles pertes ;
- ▣ la démarche d'analyse de risques mise en place par EDF pour améliorer la préparation des interventions ;
- ▣ la capacité du chef d'exploitation et de l'ingénieur de sûreté à assurer, de manière complémentaire, leurs missions dans le domaine de la sûreté.

Gestion des compétences

L'IRSN a examiné les dispositions mises en place par EDF dans le cadre de sa politique de gestion des compétences et leur déclinaison sur les sites. À la différence de la politique de formation, la politique de gestion des compétences donne une place centrale à l'identification des besoins des agents au plus près du terrain et permet d'anticiper les besoins en compétences.

VIEILLISSEMENT DES RÉACTEURS À EAU SOUS PRESSION (REP)

Dans le prolongement de la réunion du Groupe permanent pour les réacteurs nucléaires, relative à la méthode retenue par EDF pour la maîtrise du vieillissement des REP, l'IRSN a réalisé en 2005 les études complémentaires suivantes :

- ▣ examen de la pertinence des programmes de R&D et des moyens mis en œuvre par EDF pour tenir compte du vieillissement des réacteurs de 900 MWe au-delà des troisièmes visites décennales ;
- ▣ adéquation des méthodes de suivi du vieillissement des composants actifs pour démontrer le maintien de leur fiabilité et de leur qualification aux conditions accidentelles ;
- ▣ exhaustivité, qualité et adéquation des fiches d'analyse du vieillissement utilisées par l'exploitant. Ces fiches visent à montrer, pour chaque matériel, la maîtrise de son vieillissement compte tenu des connaissances et des programmes de contrôle en service prévus.

COMPORTEMENT DU COMBUSTIBLE EN FONCTIONNEMENT NORMAL ET EN SITUATION ACCIDENTELLE

L'IRSN assure un appui technique à la DGSNR pour l'examen des gestions du combustible proposées par EDF et notamment pour les évolutions de gestion prévues par l'exploitant d'ici à 2007.

Dans le cadre des évolutions des gestions du combustible, l'IRSN a examiné, en 2005, la faisabilité de la gestion du combustible ALCADE prévue pour les réacteurs de 1 450 MWe. L'objectif visé par EDF est d'exploiter ces réacteurs par cycles de 17 à 18 mois au lieu de 10 à 12 mois à l'heure actuelle. Dans son analyse, l'IRSN a notamment mis en évidence :

- ▣ des problèmes de modélisation de la cuve du réacteur, dans le code de thermohydraulique utilisé (CATHARE) pour évaluer la température des gaines du combustible, lors d'un accident de perte de réfrigérant primaire ;
- ▣ des insuffisances concernant la démonstration du conservatisme de la méthode d'étude de l'accident d'éjection de grappe avec une modélisation 3D ;
- ▣ un manque de représentativité des essais nécessaires à la définition du critère à utiliser lors de l'étude de l'interaction entre pastilles et gaine du combustible ;
- ▣ un retour d'expérience encore insuffisant concernant le comportement, en fonctionnement normal, de la nouvelle structure de l'assemblage combustible AFA-3GLr-AA en alliage M5.

Les études de sûreté de la gestion ALCADE seront examinées en 2006 et feront l'objet d'une réunion dédiée du Groupe permanent pour les réacteurs nucléaires.

LA GESTION ALCADE

Elle se distingue de la gestion actuelle par :

- une augmentation de l'enrichissement en uranium 235 de la matière fissile de 3,4 % à 4 % ;
- une augmentation du taux de combustion maximal de décharge des assemblages combustibles de 48 GWj/t à 52 GWj/t ;
- un renouvellement du combustible par tiers de cœur au lieu du renouvellement par quart de cœur ;
- la mise en œuvre de plans de chargement modifiés pour réduire le flux de neutrons sur la cuve.

La gestion ALCADE se traduit notamment par une augmentation des hétérogénéités de puissance dans le cœur par rapport à la gestion actuelle.

EXAMEN DES RISQUES ASSOCIÉS AUX ACCIDENTS GRAVES AVEC FUSION DU CŒUR DES RÉACTEURS

L'examen des risques associés aux accidents graves avec fusion du cœur du réacteur est une action continue de l'Institut. Elle est soutenue par des programmes de recherche et développement et jalonnée par la tenue de réunions du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires.

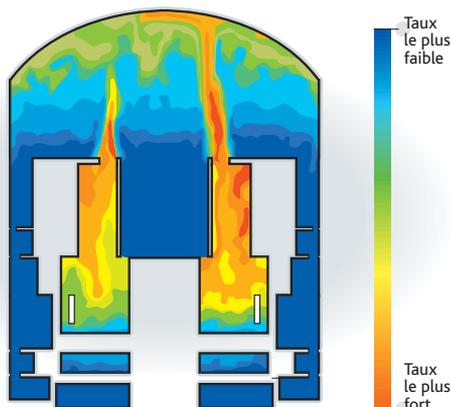
En 2005, l'analyse de ces risques a été poursuivie dans le cadre du réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe. Ont notamment été examinés, lors de deux réunions du Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires (GPR), les enseignements à tirer de l'EPS de niveau 2 (voir Focus*), ainsi que le référentiel « accidents graves » (voir Focus*) proposé par EDF. Par ailleurs, pour ce qui concerne le projet de réacteur EPR, l'IRSN a poursuivi en 2005 l'examen de la robustesse du concept de récupérateur de corium proposé par EDF. Il a en outre examiné l'instrumentation prévue pour suivre le déroulement d'un accident grave.

*
FOCUS
p.111

*
FOCUS
p.110

[FOCUS]

Référentiel « accidents graves »



Calculs de répartition de la vapeur d'eau et de l'hydrogène dans l'enceinte du réacteur lors d'un accident grave.

En 2005, l'IRSN a examiné le référentiel « accidents graves » proposé par EDF pour ses réacteurs en exploitation.

Ce référentiel vise à définir :

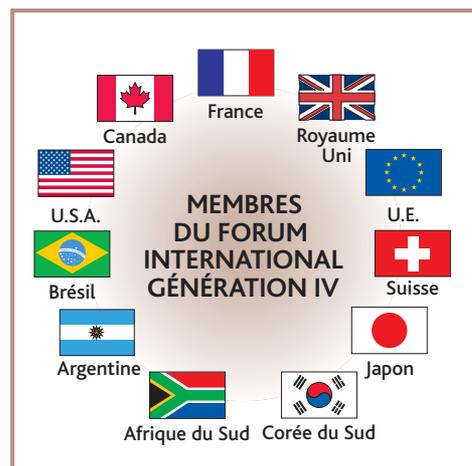
- ▣ la démarche et les objectifs poursuivis par EDF en matière de prévention et de limitation des conséquences des accidents graves ;
- ▣ les études nécessaires à la démonstration du respect de ces objectifs ;
- ▣ les dispositions pratiques retenues et leurs bases de dimensionnement.

L'IRSN s'est largement appuyé, pour l'analyse de ce référentiel, sur les conclusions des précédentes réunions du GPR dédiées à l'examen des risques associés aux accidents graves, ainsi que sur les études menées en support de son EPS de niveau 2. À l'issue de cet examen, l'Institut a émis de fortes réserves sur les objectifs probabilistes proposés par EDF. Il a par ailleurs souligné que le référentiel présentait dans son état actuel un nombre important de sujets dont l'instruction est toujours en cours. À cette occasion, l'IRSN a également examiné le nouveau profil de pression et de température dans l'enceinte de confinement proposé par EDF pour vérifier le comportement des équipements en situation d'accident grave. L'IRSN a considéré qu'EDF devait compléter la liste des scénarios retenus pour définir ce profil.

RÉACTEURS DE QUATRIÈME GÉNÉRATION

L'IRSN a signé en 2005 des accords de collaboration concernant les réacteurs de quatrième génération.

L'année 2005 a vu se concrétiser la signature du protocole Areva/IRSN encadrant les échanges sur les questions de sûreté associées au projet Antares (projet de réacteur à très haute température modéré au graphite et refroidi à l'hélium). L'Institut a réalisé une synthèse de l'approche de sûreté développée pour les réacteurs de la filière graphite-gaz française et du retour d'expérience associé. Les enseignements de ce travail seront mis à profit dans le cadre du groupe d'échange sur le projet Antares. Par ailleurs, l'IRSN est devenu partenaire du projet intégré européen RAPHAEL, qui développe des travaux de recherche et développement en support à la conception des réacteurs à haute température. En parallèle, l'IRSN a procédé à une première comparaison des principes de sûreté des six systèmes nucléaires retenus par le forum international « Génération IV ».



Le FIG IV : une initiative internationale pour développer la prochaine génération de systèmes nucléaires.

SÛRETÉ DES USINES, DES TRANSPORTS ET DU DÉMANTÈLEMENT

L'IRSN réalise l'expertise des dossiers techniques transmis par les exploitants d'installations nucléaires et par les requérants pour les colis de transport de matières radioactives. L'Institut étudie également les risques de dispersion de matières radioactives et de criticité présents dans la plupart des installations et lors des transports. L'IRSN formule en outre des avis sur les plans d'urgence internes (PUI) des sites comportant des installations nucléaires.

Installations en amont du cycle

La société Areva prévoit de construire sur le site de Pierrelatte (Drôme) une nouvelle usine d'enrichissement de l'uranium (usine Georges Besse II) qui utilisera le procédé d'enrichissement par centrifugation. Ce procédé permet de diminuer de façon importante la quantité d'UF₆ gazeux présent dans l'installation. En 2005, l'IRSN a examiné le rapport préliminaire de sûreté de cette nouvelle installation et a présenté son avis devant le Groupe permanent compétent. Des améliorations significatives en matière de réduction de l'exposition aux rayonnements ionisants, de limitation des risques d'incendie et de résistance aux agressions externes ont d'ores et déjà été apportées par l'exploitant à la suite de ces échanges avec l'Institut au cours de l'instruction de ce dossier.

De son côté, la société FBFC prévoit d'augmenter les capacités de production de l'usine de fabrication d'assemblages combustibles de Romans-sur-Isère (Drôme). L'IRSN a examiné le rapport de sûreté associé à ce projet, qui vise à porter la capacité annuelle de l'usine de 1 200 à 1 800 tonnes pour la fabrication de poudre d'oxyde d'uranium dans l'atelier de conversion, et de 820 à 1 400 tonnes pour la fabrication d'assemblages combustibles. À l'issue de son expertise, l'IRSN a présenté son avis devant le Groupe permanent compétent, qui conclut que les augmentations de capacité sollicitées par l'exploitant sont possibles dans des conditions de sûreté acceptables, compte tenu notamment de la rénovation prévue de l'outil industriel.

Utilisation de l'EPS de niveau 2 dans l'analyse de sûreté

[FOCUS]



Écran d'accueil de l'application EPS 2 conviviale.

L'EPS de niveau 2 vise à évaluer la fréquence, l'importance et le moment d'apparition des rejets dans l'environnement lors des scénarios avec fusion du cœur identifiés par l'EPS de niveau 1. Au cours de l'année 2005, l'IRSN a poursuivi la mise à jour de l'EPS de niveau 2 qu'il réalise pour les réacteurs de 900 MWe. L'objectif est de disposer fin 2006 d'une version tenant compte de l'ensemble des initiateurs accidentels de l'EPS de niveau 1 ainsi que de la conduite « événementielle ». L'IRSN a de plus engagé des travaux préliminaires à la réalisation d'une EPS de niveau 2 pour les réacteurs de 1 300 MWe.

À l'occasion du réexamen de sûreté associé aux VD3 900, EDF a présenté pour la première fois une EPS de niveau 2, réalisée en vue de hiérarchiser les risques associés aux accidents graves et d'apprécier l'intérêt d'éventuelles modifications de conception ou d'exploitation des réacteurs.

Pour examiner cette étude ainsi que les enseignements qu'en a tirés EDF, l'IRSN s'est largement appuyé sur sa propre EPS de niveau 2. L'Institut a formulé des recommandations pour l'amélioration de l'étude d'EDF et de sa démarche d'utilisation. Des enseignements ont toutefois d'ores et déjà été tirés pour les VD3 900. Il a notamment été demandé à l'exploitant d'étudier l'intérêt et la faisabilité de dispositions permettant de limiter les rejets d'iode en cas d'ouverture du dispositif d'éventage-filtration de l'enclaustrage de confinement.



Par ailleurs, l'IRSN a formulé des avis relatifs aux opérations d'assainissement de l'atelier de technologie du plutonium (ATPu) de Cadarache (Bouches-du-Rhône).

Installations en aval du cycle

■ Installations de traitement de combustibles irradiés
Concernant les installations en aval du cycle du combustible, une part importante des travaux de l'IRSN a été consacrée à l'examen de l'évolution des domaines de fonctionnement des installations de traitement de combustibles irradiés UP2-800 et UP3-A de La Hague (Manche). Quatre dossiers spécifiques ont été examinés par l'Institut en 2005 et ont conduit à la publication de quatre arrêtés interministériels. L'IRSN a particulièrement examiné les évolutions des risques liés aux dégagements thermiques et à la radiolyse, des risques d'exposition externe et des risques de criticité ainsi que les dispositions retenues par l'exploitant pour la protection des travailleurs et de l'environnement.

En 2005, l'IRSN a également examiné un dossier relatif à la politique de gestion des déchets sur le site de La Hague. L'Institut a estimé que les moyens de l'établissement et leurs évolutions à court et moyen terme apparaissaient globalement cohérents avec la stratégie proposée pour assurer le traitement, le conditionnement et l'entreposage des déchets liés aux programmes que l'établissement envisage de mener dans les prochaines années.

L'IRSN s'est prononcé sur la sûreté des opérations de reprise de boues radioactives « anciennes » prévues par l'exploitant. Ces boues proviennent du traitement d'effluents produits par l'usine UP2-400 aujourd'hui arrêtée. L'exploitant prévoit de les enrober à chaud dans du bitume au sein de l'installation STE3. Les principaux risques examinés par l'Institut ont été les risques d'incendie et d'explosion du fait de la réactivité des espèces chimiques enrobées. Cette expertise s'est notamment appuyée sur le retour d'expérience de l'accident de Tokai-Mura en 1997. L'IRSN a conclu que la démonstration de sûreté présentée par l'exploitant était insuffisante, que des études complémentaires devraient être menées pour justifier la maîtrise des risques précités et adapter si besoin le procédé envisagé. L'Institut a estimé que l'exploitant devait approfondir sa connaissance des caractéristiques chimiques des boues et des phénomènes dangereux pouvant accompagner le processus d'enrobage à chaud.

Enfin, l'IRSN a examiné le dossier de cessation définitive d'exploitation (CDE) des installations de l'usine UP2-400 de La Hague, décrivant les opérations prévues durant cette phase, les modifications d'organisation annoncées et leur calendrier ainsi que l'état prévu des installations à la fin de la phase de CDE. L'Institut a estimé que l'exploitant devrait proposer une évolution suffisamment large du référentiel de sûreté d'exploitation des installations concernées et démontrer que les dispositions mises en œuvre permettront de réaliser ces opérations dans des conditions sûres.

■ Entreposages de longue durée

L'IRSN a examiné les dossiers d'orientations de sûreté présentés par le CEA dans le cadre de l'axe 3 de la loi de 1991, relative au conditionnement et à l'entreposage à long terme des déchets radioactifs. Ceci portait sur quatre concepts d'installations d'entreposage de longue durée de déchets HAVL ou MAVL, en surface ou en subsurface, sur des sites virtuels.

L'Institut a porté, à cette occasion, une première appréciation sur la pertinence des dispositions de conception envisagées par le CEA, dans l'attente de l'élaboration de dossiers d'options de sûreté pour des sites donnés.

Sûreté des laboratoires et du démantèlement des installations nucléaires arrêtées définitivement

Pour ce qui concerne les laboratoires, l'IRSN a examiné en 2005 la sûreté d'opérations concernant des installations du CEA à Saclay (Essonne) et à Cadarache, ainsi que le Grand accélérateur national d'ions lourds (GANIL) à Caen (Calvados), l'installation d'assainissement et de récupération de l'uranium de SOCATRI au Tricastin (Drôme), et enfin l'Atelier des matériaux irradiés d'EDF à Chinon (Indre-et-Loire).

Par ailleurs, les principaux exploitants nucléaires ont poursuivi d'importants programmes de démantèlement d'installations nucléaires qui doivent conduire au déclassement d'ici à 2025, d'environ 40 installations nucléaires de base. Dans ce cadre, l'IRSN a examiné des dossiers relatifs aux usines de diffusion gazeuse (UDG) de Pierrelatte (Drôme), au réacteur EL4 de Brennilis (Finistère) et aux INB du CEA à Fontenay-aux-Roses (Hauts-de-Seine).

Sûreté des transports de matières radioactives

L'IRSN a examiné plus de 100 dossiers de sûreté relatifs à des transports civils de matières radioactives en 2005 (demandes d'agrément, d'extension d'agrément, de validation, d'homologation, d'arrangement spécial ou de transport).

Une étude particulière visant à évaluer les risques liés à un enlèvement en terrain meuble de colis de transport de combustibles irradiés a été achevée en 2005. Différents accidents pourraient survenir au cours des transports de colis de combustibles irradiés vers l'usine de traitement de La Hague, certains pouvant conduire à l'enlèvement d'un colis. Une telle situation pourrait affecter les performances du colis en matière de dissipation thermique puis de confinement de la matière radioactive. L'IRSN a estimé la probabilité d'un tel accident et étudié le comportement thermique du colis en fonction notamment de sa profondeur d'enfoncement dans le terrain. Les moyens d'intervention comme la mise en place d'un système de refroidissement ont ainsi pu être déterminés ainsi que les délais de leur mise en œuvre en vue de maintenir le confinement.

Expertises relatives aux risques de dispersion de matières radioactives

L'IRSN examine les dispositions retenues par les exploitants nucléaires pour assurer le confinement des matières radioactives ou toxiques, afin de protéger les travailleurs, le public et l'environnement. En 2005, les expertises sur ce sujet ont notamment concerné le projet d'usine Georges Besse II à Pierrelatte, des installations en démantèlement (usine UP2-400 de La Hague, réacteurs d'EDF de première génération), des projets de stockage profond de déchets radioactifs, ainsi que les bâtiments auxiliaires de réacteurs d'EDF de 900 MWe.

Expertises relatives au génie civil

L'activité d'expertise relative aux ouvrages de génie civil des installations du cycle du combustible, des laboratoires et des installations concernant la gestion des déchets a principalement concerné les risques associés à des agressions externes comme le séisme ou l'explosion, ainsi que le suivi des travaux de renforcement d'ouvrages existants. Dans ce cadre, l'IRSN a examiné le projet d'usine Georges Besse II

Exploitation du retour d'expérience relatif aux incidents

[FOCUS]

Événements relatifs aux transports de matières radioactives

L'IRSN a élaboré en 2005 une nouvelle base de données regroupant les événements survenus au cours de transports de matières radioactives en France. Cet outil permet de suivre l'évolution annuelle du nombre d'incidents en fonction de leur gravité, de leurs causes et du secteur d'activité concerné, puis d'en tirer des enseignements techniques pour éventuellement proposer des évolutions de la réglementation internationale. Plus de 700 événements survenus depuis 1999 sont recensés dans cette base.

Incidents dans les laboratoires, les usines et les installations en démantèlement

L'IRSN exploite le retour d'expérience apporté par les événements et incidents dans le cadre de ses activités d'expertise de la sûreté des installations, particulièrement lors de modifications ou lors des réexamens de sûreté. Pour ce faire, une base de données, dénommée SAPIDE/LUDD, est développée depuis 2004. Elle contient l'ensemble des données techniques non classifiées et les références documentaires associées aux événements et incidents ayant affecté les laboratoires, les usines et les installations en cours de démantèlement. Elle comporte aujourd'hui environ 3 650 événements et incidents, certains ayant eu lieu à l'étranger.

En 2005, la possibilité d'exploitation effective de la base a été étendue à l'ensemble des spécialistes de l'Institut. Sa mise à jour est assurée par la saisie des informations contenues dans les comptes rendus d'incidents transmis par les exploitants. Leur analyse systématique permet d'identifier, outre les éléments justifiant une action immédiate, les éléments de retour d'expérience pertinents pour les missions de l'Institut.

de Pierrelatte, les installations FBFC de Romans-sur-Isère, les installations du CEA Atalante Marcoule (Gard) et LECI à Saclay.

Expertises relatives aux risques de criticité

La prévention des risques de criticité fait l'objet d'expertises spécialisées. En 2005, l'IRSN a examiné 106 dossiers avec, dans certains cas, des contre-calculs, voire des études spécifiques. Il s'agit en effet d'apprécier le bien-fondé des justifications présentées dans leurs dossiers par les exploitants



nucléaires et par les requérants, pour ce qui concerne les colis de transport de matières radioactives fissiles. Il s'agit également de vérifier que les marges de sécurité associées aux calculs réalisés, en relation avec le niveau de qualification des outils de calcul utilisés, sont suffisantes. Des calculs visant à préciser les risques de criticité au sein d'un stockage géologique de déchets radioactifs dans des scénarios d'évolution à très long terme ont été effectués par l'Institut. Par ailleurs, l'IRSN a analysé les incidents ayant concerné le risque de criticité et apporté un support à la DGSNR pour les visites de surveillance et pour les exercices de crise pour lesquels des questions de criticité pouvaient apparaître. Enfin, l'IRSN a participé aux travaux de l'AIEA dans le cadre de l'évolution du règlement international de la sûreté des transports de matières radioactives.

Expertises relatives aux plans d'urgence internes

En 2005, l'IRSN a analysé le caractère opérationnel des PUI de trois des établissements de la société Ionisos, du réacteur universitaire de Strasbourg (Bas-Rhin), de l'Institut Laue-Langevin, de l'usine FBFC de Romans-sur-Isère et de l'usine CIS Bio international à Saclay. Par ailleurs, à la demande du préfet de la Drôme, préoccupé par le lieu d'implantation d'une foire annuelle à proximité de l'usine FBFC de Romans-sur-Isère, l'Institut a réévalué les conséquences des accidents présentés dans le PUI de cette installation après les modifications récentes qui lui ont été apportées.

SÛRETÉ DE LA GESTION DES DÉCHETS RADIOACTIFS

Les travaux de l'IRSN portent sur la sûreté des différentes étapes de la gestion des déchets radioactifs : traitement, conditionnement, transport, entreposage et stockage. Ils concernent les différentes catégories de déchets : les déchets de tous niveaux d'activité, les résidus miniers et les terres polluées, etc.

En 2005, compte tenu de l'échéance fixée par la loi de 1991 sur les recherches en matière de gestion des déchets HAVL, l'effort de l'Institut a principalement porté sur l'examen du Dossier 2005 Argile, établi par l'Andra et relatif à la faisabilité d'un stockage géologique dans la couche argileuse étudiée au moyen du laboratoire souterrain de Bure (Meuse).

L'évaluation de ce dossier a fortement mobilisé les équipes de l'IRSN chargées de ce domaine à partir de l'été 2005 (voir Focus ci-dessous). Les conclusions de l'Institut ont été présentées les 12 et 13 décembre 2005 au Groupe permanent d'experts compétents. Elles indiquent qu'un stockage de déchets radioactifs dans la couche étudiée apparaît techniquement faisable. L'IRSN a notamment relevé que la formation argileuse présente des propriétés

FOCUS

Le Dossier 2005 Argile en quelques chiffres

- ▣ 6 mois d'instruction, alimentée par un ensemble de recherches et de travaux menés par l'Institut depuis 20 ans sur la sûreté du stockage des déchets radioactifs ;
- ▣ 82 documents du dossier initial (plus de 12 000 pages), auxquels s'ajoutent 57 documents (lus et analysés) complémentaires transmis par l'Andra à la demande de l'IRSN ;
- ▣ 20 ingénieurs de l'IRSN mobilisés pour l'expertise ou des études en support à celle-ci, avec plus de 10 spécialités (sciences de la terre, matériaux, transfert de radionucléides dans la géosphère, radioprotection, incendie, confinement, etc.) ;
- ▣ 5 organismes sollicités pour des études en soutien de l'expertise réalisée par l'IRSN, dont la GRS, homologue allemand de l'IRSN ;
- ▣ 18 réunions techniques avec l'Andra, sur la base de 280 questions posées par l'IRSN ;
- ▣ 16 rapports de synthèse des travaux réalisés par l'IRSN dans le cadre de cette évaluation (d'autres synthèses sont en préparation) ;
- ▣ 1 rapport disponible sur le site Internet de l'Institut, qui présente en 230 pages l'avis argumenté de l'IRSN sur l'ensemble du dossier ;
- ▣ 5 heures d'exposés de l'IRSN pour la présentation de cet avis au Groupe permanent d'experts pour les installations destinées au stockage à long terme des déchets radioactifs, et 10 heures de discussions.

intrinsèques favorables au confinement des radionucléides et que l'Andra a défini des concepts de stockage tenant compte des principales perturbations susceptibles d'affecter la capacité de confinement d'ensemble du stockage. Au vu des études examinées, cette capacité devrait rester suffisante au sens de la règle fondamentale de sûreté n° III.2.f pour maintenir une protection satisfaisante de l'homme et de l'environnement. Le respect de cette règle, relative aux objectifs de sûreté d'une installation de stockage en couche géologique profonde suppose notamment de limiter l'impact radiologique à des niveaux inférieurs à la contrainte prescrite (0,25 mSv/an pour la situation de référence).

L'IRSN a néanmoins souligné que de nombreux points seraient à approfondir pour établir un dossier de sûreté associé à une éventuelle demande d'autorisation de création d'un stockage : identification de la fracturation éventuelle des terrains à l'échelle de la zone de stockage, validation des performances des barrières de confinement par des essais *in situ* et des « démonstrateurs » d'ouvrages, etc.

L'Institut a également examiné le Dossier 2005 Granite concernant l'intérêt des formations granitiques françaises en tant que milieu d'accueil d'un stockage de déchets HAVL. Ce dernier complète le Dossier 2002 Granite examiné en 2004 par l'IRSN. L'Institut confirme les conclusions qu'il avait présentées dans son rapport d'activité de 2004, à savoir que ces formations profondes ne présentent pas, de façon générique, de caractéristiques géologiques réductrices à l'implantation d'un éventuel stockage.

Installations de stockage

Concernant les installations de stockage en surface de déchets de faible et moyenne activité, l'IRSN a examiné des dossiers particuliers de l'Andra concernant le Centre de stockage de l'Aube et le Centre de stockage de la Manche (règles générales d'exploitation, spécifications d'acceptation des colis, incident sur un voile d'ouvrage, extension des zones d'implantation des ouvrages dans le périmètre de l'INB).

L'IRSN a également participé aux réflexions accompagnant les projets de stockage de déchets radifères et de déchets de graphite, en subsurface ou dans une cavité existante, développés par l'Andra.

Textes réglementaires sur la sûreté des déchets

L'IRSN participe aux travaux d'élaboration ou de révision de textes de doctrine concernant la sûreté des déchets. L'Institut a ainsi poursuivi en 2005 des travaux concernant les évolutions souhaitables de la règle fondamentale de sûreté III.2.f, qui traite de la sûreté du stockage à long terme de déchets radioactifs en formation géologique profonde.

L'Institut a par ailleurs apporté son concours en 2005 aux travaux des instances internationales impliquées dans la gestion des déchets radioactifs, notamment :

- en participant, à la demande de l'AIEA, à une mission d'expertise d'un projet de stockage en surface en Corée du Sud ;
- dans l'organisation de la conférence internationale de Tokyo sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs. L'IRSN a assuré la présidence du comité des programmes de cette conférence organisée par l'AIEA du 3 au 7 octobre 2005.

Études d'impact des anciens sites miniers d'uranium

L'IRSN a poursuivi son activité d'évaluation de l'impact sur l'environnement des anciens sites miniers d'uranium. À la demande du préfet du Cantal, une expertise de la situation radiologique du site de Saint-Pierre a débuté. Elle vise à améliorer la



Dosimètre de site Cogema pour la surveillance de l'ancien site minier de Saint-Pierre du Cantal.

[FOCUS]

Expertise du dossier relatif au site minier des Bois Noirs



Vue des bassins de décantation et de traitement des eaux issues du site minier de Saint-Priest-La Prugne (Loire) avant rejet dans le milieu naturel (rivière la Besbre).

En réponse à une demande du préfet de la Loire, l'IRSN a remis en 2005 un rapport d'expertise du dossier déposé par Cogema en vue de la démolition de l'usine SIMO sur le site minier des Bois Noirs à Saint-Priest-la-Prugne (Loire). À l'issue d'une première étape de démantèlement au début des années 1980, les bâtiments avaient en effet été conservés et le terrain cédé à la commune en vue d'une reconversion industrielle. Celle-ci n'étant jamais intervenue, les bâtiments se sont progressivement dégradés au point de justifier leur démolition. Cette démolition, ainsi qu'un assainissement complémentaire du site sont pris en charge par Cogema. Le dossier remis au préfet visait la mise en dépôt dans l'ancienne mine à ciel ouvert des produits de démolition, ainsi que des « stériles miniers » récupérés dans l'environnement du site. Ces « stériles », identifiés lors d'une étude radioécologique menée de 2000 à 2003, avaient été utilisés comme remblais, notamment sous les plate-formes de scieries. L'expertise de l'IRSN a porté sur trois points principaux :

- ▣ les modalités de démolition des bâtiments ainsi que de décapage et de réhabilitation des terrains de l'usine ;
- ▣ les modalités de stockage dans la mine à ciel ouvert ;
- ▣ l'efficacité du réseau de collecte et de gestion des rejets aqueux.

Les conclusions et recommandations de l'Institut ont été présentées devant la Commission locale d'information et de surveillance du site en 2005. Elles ont été reprises dans les arrêtés préfectoraux autorisant la démolition et le stockage.

surveillance mise en place lors de la cessation d'activité de la mine. L'analyse des données existantes a permis au cours d'une première étape de préciser les investigations complémentaires nécessaires à la connaissance de l'état radiologique du site. Ces travaux conduiront au lancement en 2006 de campagnes de mesures et d'études sur le terrain après présentation devant la CLI de Saint-Pierre (voir Focus ci-contre).

En parallèle, l'IRSN a poursuivi le programme MIMAUSA (Mémoire et Impact des Mines d'urAniUm : Synthèse et Archives), avec le développement d'une base de données informatique permettant la structuration et l'archivage des connaissances actuelles sur les anciens sites miniers d'uranium français.

En outre, à la demande des ministres de l'Écologie et du Développement durable, de l'Industrie et de la Santé, l'Institut doit apporter son appui technique à un Groupe d'expertise pluraliste en cours de mise en place, dont la mission sera d'examiner le bilan environnemental de l'ensemble des anciens sites miniers de Haute-Vienne établi par Cogema, conformément à l'arrêté du 13 janvier 2004. Ce groupe devrait tenir sa première réunion en avril 2006.

Rédaction d'un guide concernant le stockage de déchets à radioactivité naturelle renforcée

À la demande du ministère de l'Environnement, l'IRSN a contribué à la définition de modalités d'acceptation de déchets présentant une radioactivité naturelle renforcée ou concentrée dans les centres de stockage. Un guide technique a été rédigé puis soumis à une consultation nationale en accompagnement d'un projet de circulaire ministérielle. Plusieurs exploitants de centres de stockage se sont d'ores et déjà rapprochés de l'Institut pour la mise en application de la méthode préconisée.

PROTECTION DES INSTALLATIONS CONTRE LES INCENDIES ET LES EXPLOSIONS

L'expertise des dossiers de sûreté relatifs aux risques d'incendie et d'explosion consiste à évaluer la validité des dispositions de prévention et de limitation des conséquences retenues par les exploitants.

Pour mener à bien ces évaluations, l'IRSN s'appuie sur différents travaux : les résultats des recherches réalisées par l'Institut ou par d'autres organismes reconnus, les résultats de calculs visant à mieux apprécier les phénomènes, les études probabilistes de sûreté (EPS) spécifiques, les pratiques internationales et le retour d'expérience tiré des incidents survenus dans les installations nucléaires et non nucléaires, en France et à l'étranger.

Réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe

En 2005, le Groupe permanent d'experts pour les réacteurs nucléaires a en particulier discuté des résultats du réexamen de sûreté des réacteurs de 900 MWe associé aux troisièmes visites décennales, pour ce qui concerne les risques d'incendie et d'explosion. À cette occasion, l'IRSN a notamment analysé la démarche d'EDF pour évaluer et maîtriser les risques d'explosion liés à l'utilisation et au stockage de gaz inflammables dans les centrales nucléaires.

Les résultats de l'EPS incendie de l'IRSN ont été également présentés au cours de la même réunion du Groupe permanent. Si ces résultats confirment que les dispositions matérielles et les procédures mises en place par EDF dans le cadre du plan d'actions incendie conduisent à une amélioration notable de la sûreté, ils montrent également l'intérêt du renforcement de la protection de certains locaux.

EDF va réaliser de son côté une EPS incendie pour les réacteurs de 1 300 MWe dans le cadre du réexamen de sûreté associé à leurs troisièmes visites décennales. Pour disposer de son propre outil d'évaluation, l'IRSN a également démarré la réalisation d'une étude pour ces réacteurs.

Futures installations

L'IRSN a examiné les options de sûreté retenues par les exploitants de futures installations nucléaires (EPR, usine d'enrichissement d'uranium Georges Besse II) à l'égard des risques d'incendie et d'explosion. De même, l'Institut a examiné les dispositions retenues à l'égard de ces risques dans le dossier présenté par l'Andra sur la faisabilité d'un stockage de déchets dans la formation argileuse étudiée au moyen du laboratoire souterrain de Bure (Meuse).

Collaborations internationales

Dans le domaine des collaborations internationales, outre la poursuite des échanges techniques avec l'Ukraine et la Belgique, l'IRSN a également établi des contacts, notamment avec l'appui technique à l'autorité de sûreté roumaine, visant à l'élaboration d'une règle qui définirait les dispositions à prendre pour maîtriser les risques d'incendie dans les centrales nucléaires roumaines.

RISQUES ASSOCIÉS AUX AGRESSIONS EXTERNES

En 2005, l'IRSN a poursuivi l'examen de la protection des sites nucléaires contre les séismes et les inondations.

Aléa sismique

En 2005, l'Institut a examiné les évaluations de l'aléa sismique produites par les exploitants de plusieurs

Guide pour l'évaluation des risques d'explosion

[FOCUS]

Une explosion dans une installation nucléaire peut conduire à un accident majeur. L'IRSN évalue les risques correspondants dans le cadre de l'expertise de sûreté de ces installations.

En 2005, un groupe de travail réunissant les compétences spécifiques développées au sein de l'IRSN dans le domaine de l'explosion a été mis en place. Ce groupe vise à capitaliser les connaissances et à formaliser les pratiques d'expertise concernant les risques d'explosion dans un guide.



sites nucléaires : Tricastin (Drôme), le CESTA du CEA (Gironde), Cadarache (Bouches-du-Rhône). Ces examens s'inscrivent dans le cadre de demandes de création d'installations nouvelles (usine Georges Besse II, Laser Méga Joule, Agate et Cedra) ou de la révision des documents encadrant le fonctionnement d'installations existantes (Masurca).

L'Institut s'est également prononcé sur la pertinence du dispositif de détection sismique du réacteur à haut flux de Grenoble (Isère). Par ailleurs, l'IRSN a analysé les hypothèses retenues pour les magasins interrégionaux de combustible EDF de Chinon (Indre-et-Loire) et de Bugey (Ain) et l'aléa sismique du site de Brennilis (Finistère), dont les installations sont en cours de démantèlement. À l'étranger, l'Institut a examiné les hypothèses à retenir pour le dimensionnement du sarcophage autour du réacteur accidenté de Tchernobyl.

Enfin, le travail de révision des règles techniques relatives au risque sismique s'est poursuivi. Après avoir proposé une démarche pour définir les mouvements sismiques à retenir sur chaque site (règle fondamentale de sûreté 2001.01), l'Institut a engagé la révision de la règle relative aux dispositions de construction parasismique des ouvrages de génie civil (RFS V.2.g).

Aléa inondation

À la suite de l'inondation du site du Blayais (Gironde) fin 1999, EDF a réexaminé les dispositions de protection de l'ensemble de ses installations, ainsi que les méthodes de caractérisation de l'aléa inondation, en tenant compte en particulier de la pluie, de la houle, du niveau des nappes phréatiques, etc.

L'IRSN a entamé en 2005 l'instruction des compléments méthodologiques présentés par EDF. Un modèle hydrogéologique a été mis au point à cet effet, en collaboration avec l'École nationale supérieure des mines de Paris pour évaluer les débits de percolation au travers de la digue du canal de Donzère-Mondragon (site du Tricastin).

L'Institut a par ailleurs animé, à la demande de la DGSNR, un groupe de travail réunissant les autorités de sûreté, les exploitants nucléaires et des spécialistes du domaine de l'inondation, en vue d'une révision de la RFS I.2.e.

EXPOSITION DE LA POPULATION AUX RETOMBÉES DES TIRS ATMOSPHÉRIQUES D'ARMES NUCLÉAIRES

En 2005, l'IRSN a traité le dernier volet de l'étude commandée en 2003 par la DPPR (Direction de la prévention des pollutions et des risques) du ministère de l'Environnement concernant l'exposition de la population métropolitaine aux retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires des années 1960 et 1970. L'Institut a évalué en 2005 les doses reçues par la population après une reconstitution de l'évolution de l'activité des principaux radionucléides présents dans l'air, des dépôts et du transfert dans la chaîne alimentaire.

Les reconstitutions réalisées reposent sur plus de 45 000 résultats de mesures effectuées par le SCPRI et le CEA entre 1961 et 1980 et concernent les produits de fission libérés par ces explosions, mesurés dans l'air, l'eau de pluie, les principales composantes de la chaîne alimentaire et les repas servis dans les cantines scolaires.

Ces données ont permis d'évaluer l'exposition de la population française aux retombées, par suite de l'inhalation des radionucléides présents dans l'air, de l'irradiation et de l'ingestion de denrées contaminées. Outre la dose efficace, les doses à la thyroïde et à la moelle osseuse ont également été calculées. La richesse des données a par ailleurs permis de mettre en évidence la variabilité régionale des doses reçues, avec des niveaux maximums jusqu'à deux fois supérieurs aux moyennes pour les régions à forte pluviosité annuelle, comme le Massif Central, les Vosges, le Jura et les Alpes.

La génération la plus exposée a été celle des personnes nées en 1961 qui ont passé leur petite enfance au moment où les retombées étaient les plus fortes (de 1961 à 1963). Pour ces personnes, la dose efficace est de l'ordre de 1,5 mSv, 300 µSv étant attribuables à la seule année 1963.

Il faut toutefois souligner que les doses calculées ne prennent pas en compte le carbone 14, dont la contribution spécifique est en cours d'évaluation.

De même, ces travaux ne traitent pas des comportements alimentaires particuliers pouvant conduire à une augmentation des doses reçues.

SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

L'appui technique en matière de surveillance de l'environnement comporte plusieurs actions : analyses radiologiques, accompagnement d'inspections et organisation d'exercices d'intercomparaison de mesures de la radioactivité dans l'environnement.

Surveillance des rejets d'effluents des installations nucléaires

L'IRSN réalise à la demande de la DGSNR un contrôle des rejets d'effluents radioactifs liquides et gazeux effectués par toutes les installations du cycle du combustible nucléaire. L'objectif est de vérifier les valeurs de rejet déclarées par les exploitants. Les mesures permettent aussi d'améliorer la connaissance des rejets des installations et d'améliorer les plans de surveillance environnementale en conséquence. En 2005, cette activité s'est concrétisée par une surveillance moins systématique mais plus inopinée et plus complète du point de vue des radionucléides mesurés.

Une particularité de l'arrêté du 5 mars 1990 relatif à l'autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides par la centrale nucléaire de Golfech (Tarn

et Garonne) conduit à des contrôles spécifiques de l'activité de la Garonne en amont immédiat des prises d'eau pour l'alimentation de l'agglomération d'Agen. Pour répondre à cette exigence, l'IRSN a implanté une nouvelle station automatisée de mesure de la radioactivité de l'eau de la Garonne, compte tenu des difficultés de fonctionnement

Impact sanitaire des effluents d'origine médicale



Sonde Téléhydro portable immergée à la sortie d'un collecteur d'eaux usées d'un hôpital toulousain.

En 2005, l'IRSN a réalisé, à la demande de la DGSNR, un inventaire des pratiques et des radionucléides utilisés en médecine nucléaire, ainsi qu'une évaluation de l'impact dosimétrique des effluents rejetés dans le milieu naturel contenant les urines des patients. Une étude a permis d'évaluer les expositions interne et externe attribuables à l'iode 131 et au technétium 99 métastable pouvant se trouver dans les réseaux d'assainissement et les stations d'épuration. Cette étude montre notamment qu'en dépit de concentrations ponctuellement importantes de ces radionucléides, l'exposition du personnel ne dépasse pas le dixième de la dose efficace admissible pour le public du fait des courtes périodes de ces radionucléides et des durées d'exposition. Les stations d'épuration n'étant pas conçues pour traiter la radioactivité, celle-ci peut être rejetée dans le milieu naturel. Le marquage environnemental à moyen et long terme par ces radionucléides reste à étudier.



Réception des échantillons en provenance des INB pour le suivi de leurs rejets.

[FOCUS]

[FOCUS]

Accroissement de la participation aux exercices d'intercomparisons



Préparation d'échantillons pour les campagnes d'essais interlaboratoires.

Les laboratoires pouvant alimenter le réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement doivent satisfaire à certains critères de qualification précisés dans le code de la santé publique et un arrêté du 27 juin 2005.

À cet égard, l'IRSN organise, à la demande de la DGSNR, des exercices d'intercomparaison des mesures de radioactivité dans l'environnement. Ces exercices portent sur l'analyse de faibles activités de radionucléides, d'origine naturelle ou artificielle, dans des échantillons divers (eaux, sols, matrices biologiques, filtres, etc.). En 2005, 123 participants appartenant à 45 laboratoires différents ont participé à ces exercices, soit une augmentation de 20 % par rapport à 2004.

En effet, un même laboratoire peut participer à plusieurs exercices au cours de la même année.

Pour faciliter la traçabilité des résultats de ces essais, l'IRSN a développé un logiciel spécifique en 2005. Ce logiciel a aussi pour objectifs de gérer la base de données des laboratoires participants (inscription, communication et enregistrement des résultats) et de réaliser les différents traitements statistiques des résultats des mesures. Par ailleurs, les moyens de préparation et de mesure de l'Institut ont permis de proposer, pour la première fois en 2005, une intercomparaison portant sur la mesure des aérosols déposés sur des filtres. L'utilisation du banc ICARE implanté à Saclay (Essonne) a permis de réaliser des dépôts homogènes d'aérosols de strontium et de césium aux caractéristiques représentatives des dépôts rencontrés habituellement par les laboratoires.

L'Institut a poursuivi sa démarche en vue d'obtenir l'accréditation Cofrac comme « organisateur de comparaisons interlaboratoires ».

rencontrées avec la précédente station. Le bilan des résultats est adressé chaque mois aux services administratifs concernés et aux collectivités locales (Drire, Ddass, mairies, CLI).

Accompagnement d'inspections

L'IRSN a accompagné les inspecteurs des installations nucléaires de base lors de certaines visites de sites – Chooz (Ardennes) en juin, Nogent-sur-Seine (Aube) en octobre, établissement de Pierrelatte (Drôme) en octobre – et a effectué des prélèvements individualisés des rejets à la demande des inspecteurs.

Réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement

L'arrêté du 17 octobre 2003 confie à l'IRSN la gestion technique du réseau national de mesures de la radioactivité de l'environnement. Ce réseau rassemblera les résultats de mesures que les établissements publics, les services de l'État, les exploitants nucléaires, les collectivités territoriales et les associations effectuent depuis des années. L'IRSN assure en particulier le secrétariat du comité de pilotage prévu par l'arrêté et doit effectuer la centralisation, l'exploitation et l'archivage des résultats d'analyses. Il devra assurer en outre la diffusion des données au public via un site Internet. En 2005, les principales orientations stratégiques et techniques ont été définies et les audits menés par l'Institut auprès des membres du comité de pilotage ont permis de concevoir le cahier des charges du futur système d'information.

APPUI TECHNIQUE DANS LE DOMAINE DU RADON

En 2005, l'IRSN a dressé, à la demande de la DGSNR, un bilan des différentes études de cartographie prédictive des zones concernées par le radon menées dans une quarantaine de départements pour le compte des Ddass ou Drass.

Ces études locales ont été réalisées par une dizaine d'organismes différents (BRGM, laboratoires universitaires, cabinets d'études privés, administrations décentralisées) et selon des méthodes hétérogènes. Le travail réalisé par l'IRSN lui a permis de proposer des éléments généraux à retenir pour classer les zones

géographiques selon leur potentialité à être sources de radon. La précision de la cartographie établie peut atteindre, dans le meilleur des cas, l'échelle de quelques centaines d'hectares.

INTERVENTION ET ASSISTANCE EN RADIOPROTECTION

En 2005, les pouvoirs publics, au niveau national ou local, ont sollicité 12 fois l'IRSN pour diverses interventions, à la suite de la découverte de sources de rayonnements ionisants dans des lieux inappropriés.

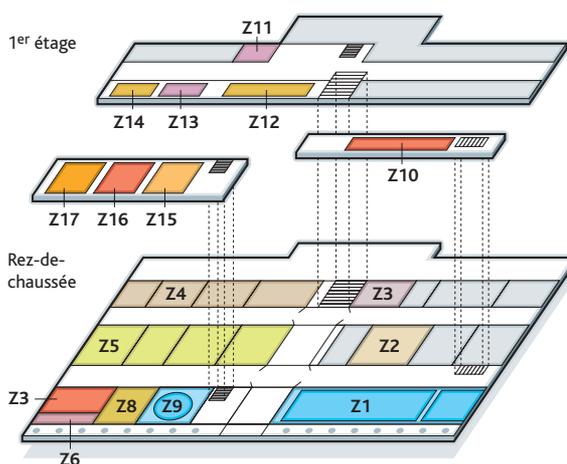
À titre d'exemple, on peut citer le contrôle radiologique final après assainissement dans un logement contaminé par du radium rue de Paradis à Paris. Une intervention de ce type consiste à caractériser qualitativement et quantitativement les radionucléides présents et l'étendue des zones contaminées, puis à procéder à la mise en sécurité des lieux par un conditionnement et un stockage adéquats des matériaux contaminés ou des sources en vue de leur élimination ultérieure dans des filières appropriées. D'autres types d'intervention ont été menés par l'Institut en 2005 : l'assistance en radioprotection pour des interventions sur des sites contaminés comme à Bandol (Var) dans le cadre du défrichage d'un terrain contaminé par du radium, l'appui technique lors d'inspections menées par les pouvoirs publics (accélérateur SATURNE à Saclay) ou encore l'intervention sur des sites contaminés par du radium (Gif-sur-Yvette).



Type d'objet pris en charge par le service d'intervention et d'assistance en radioprotection dans sa mission de collecte de sources.

Mesure du radon dans les stations thermales

[FOCUS]



Détermination des zones homogènes occupées (Z) de l'établissement de Bagnères-de-Luchon vis-à-vis du radon.

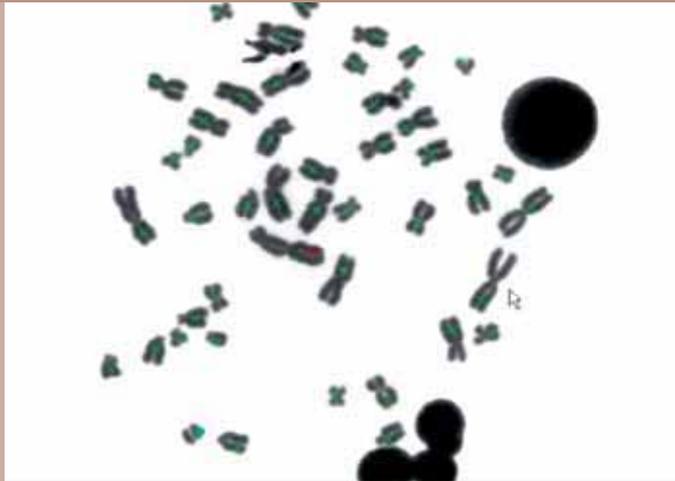
Des mesures de radon doivent être réalisées dans les établissements thermaux pour répondre aux évolutions de la réglementation française relative à la gestion du risque lié au radon dans les lieux ouverts au public. Compte tenu des particularités de ces établissements (existence de plusieurs sources de radon, atmosphère particulièrement humide des locaux, activité saisonnière), les dispositions de la norme AFNOR NF M60-771 relative au dépistage ne peuvent pas être respectées.

Une méthode spécifique a été établie par l'IRSN en 2005 à la demande de la DGSNR. Les aménagements apportés par rapport à la norme concernent principalement le type de dispositifs de mesure à utiliser et la détermination des zones homogènes des bâtiments (zones ayant les mêmes caractéristiques en termes de pénétration et de répartition du radon).

Pour les locaux thérapeutiques, la détermination de ces zones nécessite l'estimation de l'apport en radon par l'agent thérapeutique (eau, gaz, vapeur, boue), de l'influence de la source « sol » (sous-sol, rez-de-chaussée, etc.) et des conditions de ventilation qu'elle soit en continu, partielle ou inexistante. Cette méthode a été testée et validée en 2005 à la station thermale de Bagnères-de-Luchon (Haute-Garonne) avant sa mise en œuvre à l'échelle nationale.

[FOCUS]

Reconstitution de dose après un incident de radioprotection



Dénombrement des aberrations chromosomiques en dosimétrie biologique.

Au cours de l'année 2005, l'IRSN a procédé à une reconstitution de dose après l'exposition accidentelle d'un travailleur lors de la caractérisation d'un nouveau générateur de rayons X. La victime, qui ne portait pas son dosimètre individuel, a présenté un rougeur au niveau de la clavicule droite quelques heures après l'exposition. Des estimations clinique, biologique et physique de la dose ont été menées parallèlement. L'examen clinique a indiqué une exposition de la peau de plusieurs grays. La dosimétrie biologique, à partir des aberrations chromosomiques de type dicentriques au sein des lymphocytes, a conduit à une dose estimée de 100 mGy. L'intervalle de confiance associé [0-250] ne permet pas d'exclure que la dose reçue ait été nulle. Enfin, la dosimétrie physique a permis de préciser que, compte tenu de la très faible énergie du rayonnement, la dose a été déposée très localement et de façon superficielle. Ainsi, même si la dose reçue à la peau est importante, il n'est pas incohérent de mesurer une dose faible par dosimétrie biologique. L'ensemble de ces éléments a été utilisé par le médecin du travail pour décider du maintien ou non du travailleur en zone contrôlée. Cet incident montre l'intérêt de la collaboration au sein de l'Institut des équipes qui travaillent sur la caractérisation physique et sur la caractérisation biologique de la dose.

RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS

L'appui technique de l'IRSN à la Direction des relations du travail en matière de radioprotection des travailleurs concerne notamment la participation à la rédaction de textes réglementaires et la connaissance des expositions.

En 2005, l'IRSN a donné son avis sur différents projets de textes réglementaires concernant la formation des personnes compétentes en radioprotection, l'exposition des travailleurs au radon, le zonage des installations, les contrôles de radioprotection et la déclaration des incidents survenant dans les installations (hors INB).

Par ailleurs, l'Institut a donné un avis favorable sur les techniques de surveillance dosimétrique mises en œuvre par trois organismes pour la dosimétrie externe et trois organismes pour la dosimétrie interne. Ces avis interviennent dans le cadre de l'instruction des démarches d'agrément de ces organismes par le ministère chargé du Travail.

Le bilan de l'exposition des travailleurs en 2004 a été réalisé sur la base des données transmises par les laboratoires de dosimétrie passive de l'IRSN et par les organismes agréés. Environ 255 000 travailleurs sont concernés. Les secteurs médicaux et vétérinaires emploient 56 % de cet effectif. La dose collective totale reçue s'élève à 64 homme.sievert. Cette dose totale est en baisse régulière depuis une dizaine d'années. 51 personnes ont reçu en 2004 une dose supérieure à la limite réglementaire (20 mSv/an). Le nombre de ces dépassements est relativement stable depuis l'année 2000. Toutefois, trois secteurs d'activité présentent de façon récurrente des doses supérieures à 20 mSv : la radiologie



Salle d'interprétation scanner à l'hôpital Cochin.

médicale, l'industrie non nucléaire (essentiellement les contrôles non destructifs par tirs gammagraphiques) et les entreprises sous-traitantes des principaux exploitants nucléaires.

En fonction des particularités des postes de travail et des radionucléides manipulés, un certain nombre de travailleurs sont également soumis à des dosimétries complémentaires : dosimétrie « neutrons » et dosimétrie des extrémités.

Le constat global qui peut être tiré de ce bilan est la poursuite de la diminution des doses collectives observée depuis 1990 alors que les effectifs ont globalement augmenté durant la même période.

RADIOPROTECTION DANS LE DOMAINE MÉDICAL

La radioprotection des personnes exposées à des fins médicales repose sur deux principes : la justification des actes médicaux et l'optimisation des expositions.

En 2005, dans le cadre du plan d'actions pour la surveillance des expositions des patients aux rayonnements ionisants d'origine médicale (PASEPRI) établi par la DGSNR, les actions de l'IRSN ont été développées selon trois axes : l'achèvement d'un rapport sur l'exposition médicale de la population française rédigé conjointement avec l'InVS, le recueil d'informations dosimétriques pour l'établissement de niveaux de référence diagnostiques ainsi que les études dosimétriques concernant les prématurés et la radiologie dentaire.

Exposition médicale de la population française aux rayonnements ionisants

En 2005, la collaboration entre l'InVS et l'IRSN a permis la rédaction d'un rapport sur l'exposition médicale de la population française aux rayonnements ionisants. La connaissance de la distribution des examens radiologiques et des doses qui leur sont associées est nécessaire pour estimer la contribution de l'exposition médicale aux doses reçues par la population. Elle permet aussi d'en apprécier les évolutions afin de préciser l'impact de nouvelles techniques, de nouveaux protocoles, voire même de nouvelles dispositions réglementaires.



Rapport sur l'exposition médicale de la population française.

Dans ces conditions, l'IRSN et l'InVS ont décidé de coordonner leurs efforts pour mettre en place un système pérenne d'information sur l'exposition médicale de la population française aux rayonnements ionisants. Un bilan des données disponibles (CNAMTS et Statistique annuelle des établissements de santé) a été établi. Ce bilan montre que, selon les hypothèses retenues, 61 à 74 millions d'actes (y compris en radiologie dentaire) ont été effectués en France en 2002. Les actes de radiologie conventionnelle représentent 90 % des examens, les scanographies 7 % à 8 % et les examens de radiologie interventionnelle et de médecine nucléaire ensemble environ 2 %. Les tendances constatées dans cette étude par rapport aux précédentes enquêtes (1982, 1988, 1994) mettent en évidence :

- ▣ une diminution marquée de certains examens de radiologie conventionnelle sans préparation tels que la radiographie du thorax et la radiographie du crâne, examens dont le nombre a diminué de moitié environ en 15 ans ;
- ▣ une forte diminution des examens avec opacification qui sont 10 fois moins nombreux qu'en 1982 ;
- ▣ une stabilité des radiographies de l'abdomen et du rachis ;
- ▣ un net développement de la scanographie qui a triplé en 15 ans.

La dose efficace individuelle moyenne est comprise entre 0,66 et 0,84 mSv par an. Les examens de radiologie conventionnelle contribuent pour 35 % à la dose totale délivrée à la population, ceux de

[FOCUS]

Étude des doses reçues par les prématurés



Radiologie conventionnelle.

En 2005, l'IRSN a mené une étude des doses reçues par les prématurés qui représentent une des populations les plus radiosensibles. Pour leur suivi clinique, ces nouveau-nés subissent en plus de fréquents examens radiologiques. L'étude de l'IRSN a concerné 184 examens réalisés dans le service de réanimation de l'hôpital Antoine-Béclère sur 63 prématurés pesant de 500 grammes à plus de 2 500 grammes. La dose à la peau, fonction essentiellement du poids, varie de 20 μGy à 37 μGy par cliché et le nombre moyen de clichés par prématuré peut atteindre 20 au cours de son séjour. L'étude a montré qu'un gain de dose d'environ 30 % est envisageable avec l'utilisation de détecteurs numériques. Ce gain sera validé ultérieurement lorsque cette dernière technique aura été mise en place et adaptée aux caractéristiques des examens radiologiques chez les prématurés.

scanographie pour environ 40 % et les actes de médecine nucléaire et de radiologie interventionnelle pour 20 à 25 %.

Mise à jour des niveaux de référence diagnostiques

Depuis mars 2004, la réglementation fait obligation aux responsables des installations de radiologie et de médecine nucléaire de fournir chaque année à l'IRSN des informations dosimétriques relatives aux examens les plus courants. Ces dispositions concernent près de 4 000 installations de radiologie, 700 scanners et 200 services de médecine nucléaire.

Une phase d'information des professionnels concernés par cette nouvelle obligation réglementaire a été initiée par l'IRSN. Fin 2005, les données de 29 services de radiologie (y compris la scanographie) et de 78 services de médecine nucléaire ont été transmises. Elles mettent en évidence des pratiques variables selon les établissements : par exemple en médecine nucléaire, l'activité administrée pour un type d'examen peut varier d'un facteur proche de quatre.

La sensibilisation et l'information du personnel concerné seront poursuivies afin d'augmenter le volume des données recueillies.

Études dosimétriques en radiologie dentaire

En vue de contribuer à l'élaboration d'un guide des prescriptions et des procédures des examens radiologiques dentaires, il a été nécessaire d'initier une première phase pour l'établissement des niveaux de référence diagnostiques dans ce domaine.

Pour cela, l'IRSN a réalisé en 2005 des évaluations dosimétriques pour 16 des procédures les plus courantes et pour 11 dispositifs radiologiques, dont le scanner. Les doses mesurées à la peau vont de moins de 1 mGy pour une radiographie classique à 25 mGy pour une tomographie.

Avec l'évolution des technologies, les détecteurs numériques remplacent le film photographique. La diminution de dose souvent associée aux détecteurs numériques n'est cependant pas observée pour toutes les procédures. Cela ne pourra être réalisé qu'après une réelle démarche d'optimisation des procédures.

COOPÉRATION SCIENTIFIQUE MULTILATÉRALE : RENFORCEMENT DE LA CONTRIBUTION DE L'IRSN AUX TRAVAUX DE L'AIEA ET DE L'OCDE/AEN

Fin mai 2005, une délégation de l'IRSN, conduite par son directeur général a rencontré à Vienne les responsables des programmes de sûreté et de sécurité nucléaires ainsi que de coopération technique de l'AIEA.

Ces entretiens visaient à :

- mieux faire connaître les missions et les activités de l'IRSN aux dirigeants de l'Agence ;
- mieux connaître les activités que l'Agence souhaiterait développer, ainsi que les collaborations possibles entre les deux organismes ;
- renforcer la contribution de l'IRSN aux travaux de l'AIEA dans l'élaboration de référentiels et de consensus internationaux.

Des actions nouvelles ont été engagées pour faire suite à ces entretiens : la préparation d'interventions de l'IRSN lors de conférences internationales et la contribution de celui-ci à l'organisation d'une conférence de l'AIEA en France sur l'expertise de sûreté en avril 2007. Chaque année, la participation aux groupes de travail de l'AIEA et les activités de formation représentent pour l'Institut un effort supérieur à un homme/an et les missions d'inspection de sécurité correspondent à deux personnes. Par ailleurs, six experts de l'IRSN étaient mis à la disposition de l'AIEA au 31 décembre 2005. En outre, l'Institut a renforcé sa présence au sein des instances de l'AEN, avec l'élection de M. Philippe JAMET au poste de vice-président du comité CSNI dédié aux activités de recherche en sûreté nucléaire.

L'Institut a poursuivi en 2005 sa contribution à plusieurs groupes de travail de cette organisation.

Renforcement de la coopération avec la Chine

[FOCUS]

La coopération entre l'IRSN et les organismes de sûreté et de radioprotection chinois s'est poursuivie en 2005 à un rythme soutenu, avec un suivi par des réunions des comités directeurs. L'Institut a accueilli sept stagiaires chinois pour des durées de six mois à un an. Ces stages ont porté sur la radioprotection de l'homme et sur des questions de sûreté nucléaire (études probabilistes de sûreté, examens de sûreté, utilisation du code de thermohydraulique accidentelle CATHARE et du code ASTEC pour les accidents graves). Ces stages ont concerné des ingénieurs de l'autorité de sûreté chinoise NNSA, de son appui technique NSC et de la China National Nuclear Corporation (CNNC) avec lesquels l'IRSN a signé des accords de coopération. De même, deux visites (l'une en France et l'autre en Chine) ont eu lieu en 2005, dans le cadre de l'évaluation de la sûreté du réacteur expérimental chinois à neutrons rapides CEFR. Par ailleurs, l'Institut a accueilli fin mai 2005 une importante délégation de la CNNC, ce qui a permis de dégager des axes de coopération nouveaux dans le domaine de la radioprotection de l'homme. Enfin, l'IRSN s'est fortement impliqué dans l'organisation en Chine de deux séminaires, l'un consacré à la sûreté du projet de réacteur EPR (voir Focus Séminaire en Chine sur le projet de réacteur EPR*), l'autre dédié aux recherches et développements sur les accidents graves.

* FOCUS p.104

EUROSAFE 2005

[FOCUS]

La démarche EUROSAFE a pour objectif de contribuer à la convergence des pratiques techniques de sûreté nucléaire dans un contexte européen élargi. Cette démarche se manifeste par trois supports : le Forum EUROSAFE, la Tribune EUROSAFE et le site Internet EUROSAFE. Organisé jusqu'à présent par l'IRSN et la GRS en alternance en France et en Allemagne, le Forum 2005 a été organisé, pour la première fois, avec AVN à Bruxelles et a été consacré aux améliorations de sûreté. Une journée et demi de présentations à caractère scientifique et technique a regroupé environ 420 experts des organismes de sûreté, des instituts de recherche, des autorités de sûreté, des industries, des pouvoirs publics et des ONG de l'Union européenne, de la Suisse et de pays d'Europe de l'Est. Toutes les informations sur le forum, les textes des présentations ainsi que les numéros de la Tribune EUROSAFE sont disponibles sur le site www.eurosafe-forum.org. Les prochaines journées, organisées conjointement par AVN, l'IRSN et la GRS auront lieu à Paris les 13 et 14 novembre 2006.



Appui opérationnel en cas de crise ou de situation d'urgence radiologique

L'IRSN apporte son appui aux pouvoirs publics sur les aspects réglementaires, méthodologiques et opérationnels de l'organisation nationale à mettre en place afin de parer à une situation de crise ou d'urgence radiologique. L'Institut s'assure de la pertinence de cette expertise par une évolution permanente de ses outils d'expertise et de ses moyens d'intervention et par l'instauration de relations suivies avec les différents acteurs et parties concernés.



Prise en charge de personnes potentiellement irradiées dans le camion laboratoire LMR de l'Institut.

Aspects réglementaires de la gestion des situations d'urgence

Dans le cadre de son appui aux autorités pour l'élaboration de la réglementation, l'IRSN a notamment contribué en 2005 à la mise au point d'une directive interministérielle sur la réalisation et le traitement des mesures de la radioactivité dans l'environnement. L'Institut a également participé à la mise au point d'une circulaire définissant les principes d'intervention en cas d'événement susceptible d'entraîner une situation d'urgence radiologique hors situations couvertes par un plan de secours ou d'intervention.

Ces deux textes, datés respectivement du 29 novembre 2005 et du 23 décembre 2005, précisent en particulier

les missions opérationnelles de l'IRSN auprès des pouvoirs publics locaux pouvant être en charge de la gestion de situations d'urgence radiologique. La directive interministérielle du 30 novembre 2005 relative à l'application de la convention internationale sur l'assistance en cas d'accident nucléaire a précisé par ailleurs les modalités de mise en œuvre de cette assistance à laquelle l'Institut peut contribuer, notamment en termes d'aide au diagnostic et de prise en charge de victimes contaminées ou irradiées.

GESTION DES SITUATIONS D'URGENCE

L'IRSN apporte aux pouvoirs publics un appui opérationnel en situation d'urgence radiologique. En fonction des circonstances, l'Institut engage tout ou partie de ses moyens d'expertise ou d'intervention.

À cette fin, l'Institut dispose :

- d'un Centre technique de crise doté de multiples outils d'expertise ;
- de moyens mobiles d'intervention permettant des contrôles des personnes et des mesures de la radioactivité dans l'environnement ;
- de moyens d'évaluation des expositions individuelles (dosimétrie biologique, reconstitutions dosimétriques, etc.)

L'amélioration continue de ces moyens et leur engagement lors d'exercices, voire de situations réelles, permettent d'en apprécier périodiquement l'efficacité.

Organisation, méthodes et outils

En termes d'organisation, l'année 2005 a vu le renforcement de la cellule mobile de l'IRSN dépêchée sur les lieux de l'événement en situation d'urgence radiologique, avec notamment la création d'un poste de responsable de cette cellule et l'amélioration de ses liaisons avec le Centre technique de crise (CTC) de l'Institut. Par ailleurs, toutes les fiches de poste des équipiers de crise du CTC ont été élaborées ou révisées.

Dans un souci de développement et d'amélioration permanente des méthodes d'expertise utilisées au CTC, une première réflexion a été menée en 2005 sur l'évolution de la méthode diagnostic/pronostic utilisée pour la gestion d'un accident qui affecterait un réacteur d'EDF en exploitation. En parallèle, l'adaptation de cette méthode aux réacteurs embarqués à bord des sous-marins de nouvelle génération (SNG) a été examinée en concertation avec l'état-major de la Marine nationale.

Au-delà des méthodes, des évolutions majeures ont été engagées sur certains outils d'aide à l'expertise, en particulier sur le système SESAME permettant l'évaluation des rejets en cas d'accident affectant un réacteur d'EDF ainsi que sur les codes de dispersion atmosphérique et de calcul des conséquences radiologiques. Le développement d'un nouvel outil de post-traitement des données et de représentation cartographique a également été mis en chantier. La documentation opérationnelle (fiches synthétiques descriptives des installations, fiches accident-type, données sur l'instrumentation des cheminées des installations) relative aux laboratoires et usines, aux installations de la Marine et aux transports a été complétée.



Le responsable de la cellule mobile de l'IRSN en discussion avec ses coéquipiers définit le plan de mesures approprié.

Gréments du CTC de l'IRSN pour des situations réelles

[FOCUS]



Le Centre de crise de l'Institut a été activé le 30 septembre 2005 à la suite d'une fuite d'eau à la centrale de Nogent-sur-Seine.

En 2005, deux incidents concernant des centrales d'EDF ont conduit à la mise en œuvre de l'organisation nationale de crise et donc au grément du CTC de l'Institut.

Le premier a eu lieu le 30 septembre à la centrale de Nogent-sur-Seine (Aube) après qu'une fuite d'eau du circuit secondaire par des vannes de vidange restées anormalement ouvertes a conduit à l'apparition de défauts dans les équipements du système de protection du réacteur n° 1 (voir Focus Incident à Nogent-sur-Seine*). Le second est intervenu le jeudi 27 octobre lorsque la fermeture inopinée d'une vanne a provoqué l'augmentation de la pression de l'eau du circuit primaire du réacteur n° 3 de la centrale du Blayais (Gironde).

Ces deux incidents ont confirmé la réactivité des équipiers de crise de l'IRSN. Dans les deux cas, l'expertise a essentiellement consisté à faire un diagnostic de l'état de l'installation et à examiner le niveau de sûreté résultant des opérations de mise en sécurité de l'installation. À partir du retour d'expérience de ces incidents, une réflexion est menée sur le rôle de l'IRSN en situation « infra-PUI » (situation susceptible d'entraîner le déclenchement du PUI).

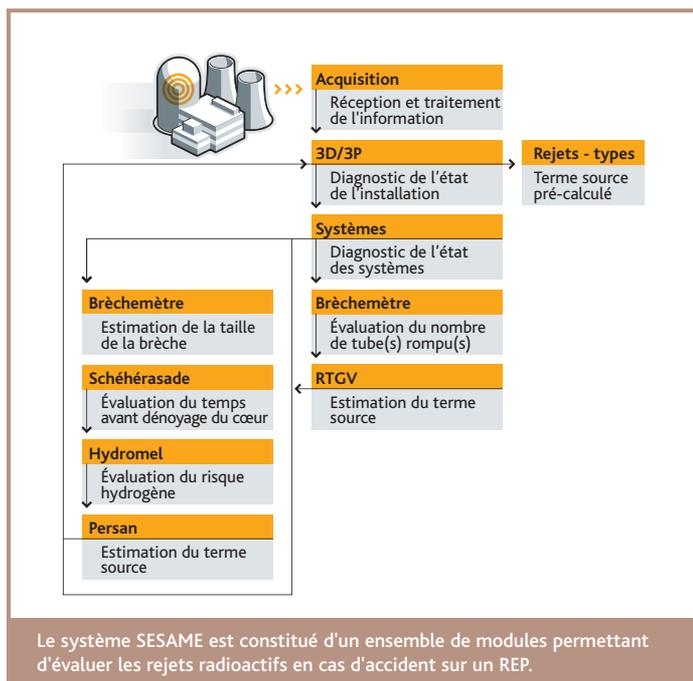
* FOCUS p.103



FOCUS

Emploi de la pectine pour la décontamination du césium 137

En avril 2005, l'ambassadeur de France en Biélorussie a sollicité l'IRSN en vue d'une évaluation pluraliste de l'efficacité de la pectine et de l'opportunité de son usage dans les territoires contaminés à la suite de l'accident de Tchernobyl. L'IRSN a réalisé dans un premier temps une analyse bibliographique des arguments scientifiques et techniques avancés afin d'identifier clairement les points de controverse ainsi que les éventuelles lacunes de connaissances sur l'usage de la pectine comme additif alimentaire pour piéger des radionucléides (plus particulièrement le césium 137) afin de favoriser leur élimination. La synthèse des 54 documents examinés a montré que les travaux entrepris pour évaluer l'efficacité de la pectine ne permettent pas de se prononcer définitivement sur l'intérêt ou non d'administrer de la pectine pour diminuer les concentrations en césium 137 dans le corps humain. À la suite de son analyse, l'IRSN a précisé qu'il conviendrait de compléter les connaissances relatives à l'intérêt d'une utilisation de la pectine. Seules des études expérimentales sur modèle animal complétées par des études cliniques pourraient fournir des informations indispensables à l'évaluation de l'intérêt de la pectine pour les enfants vivant sur les territoires contaminés par l'accident de Tchernobyl.



Évaluation des rejets radioactifs en cas d'accident

La version 3 du système SESAME, constitue actuellement l'outil informatique du CTC d'évaluation des rejets radioactifs en cas d'accident affectant un réacteur nucléaire d'EDF.

En 2005, EDF a procédé à des modifications du système de transfert des données des réacteurs aux centres de crise. Ces modifications ont conduit l'IRSN à développer au cours de cette même année un nouveau logiciel d'acquisition des paramètres d'un réacteur supposé accidenté. Ce logiciel, dénommé ACQUISITION 4, constitue le premier élément du développement de la version 4 du système SESAME engagé dans sa globalité par l'Institut dans un souci d'amélioration permanente de ses outils de crise. Ainsi, SESAME 4 tiendra compte de l'évolution des matériels et logiciels informatiques et des avancées de la R&D dans le domaine des accidents graves pour la mise au point des modèles physiques utilisés dans les différents modules. Le domaine d'application du système SESAME sera de plus étendu à de nouvelles situations accidentelles (situations à l'arrêt).

Cette évolution du système SESAME tiendra compte du retour d'expérience de l'utilisation de la version précédente ainsi que des besoins exprimés par les experts pouvant être appelés au CTC. Une attention particulière sera accordée au maintien de la compatibilité entre les modules de l'ancien outil et ceux du nouvel outil afin de permettre leur utilisation simultanée pendant la durée d'implantation progressive des neuf logiciels qui constitueront fin 2007 le système SESAME 4.

Évaluation des conséquences environnementales en cas d'accident

Le retour d'expérience de l'utilisation des outils opérationnels d'évaluation des conséquences environnementales d'une situation accidentelle et l'apparition de nouveaux besoins, notamment en matière de centralisation et d'interprétation des mesures dans l'environnement nécessiteront le développement d'une nouvelle plate-forme opérationnelle au CTC. Celle-ci comprendra :

- un nouvel outil de calcul des conséquences, dont les principales spécifications ont été définies en 2005, qui permettra de réaliser l'ensemble des calculs de dispersion atmosphérique et des conséquences radiologiques en cas d'accident et reposera sur des modèles de dispersion à l'échelle locale et à grande échelle ;

► un outil de centralisation des résultats des mesures dans l'environnement, dont une nouvelle version a été développée en 2005 ;

► un nouvel outil de post-traitement de l'ensemble des résultats calculés ou mesurés.

L'implantation au CTC de cette plate-forme opérationnelle s'effectuera à partir de 2006.

Exercices et retour d'expérience

Les 15 exercices nationaux organisés en 2005 par les pouvoirs publics afin de tester l'organisation nationale de crise ont conduit de façon systématique à l'activation du CTC de l'Institut et à l'envoi de sa cellule mobile au poste de commandement opérationnel (PCO) de la préfecture. Ces exercices sur des installations variées comme les réacteurs de puissance, les transports, les installations militaires, etc., ont montré, avec des situations diversifiées, la nécessité de progresser dans l'harmonisation des méthodes de travail (méthode d'expertise, liaisons permanentes, messages préformatés précis, etc.) entre l'IRSN et les exploitants afin d'améliorer les échanges en situation de crise.

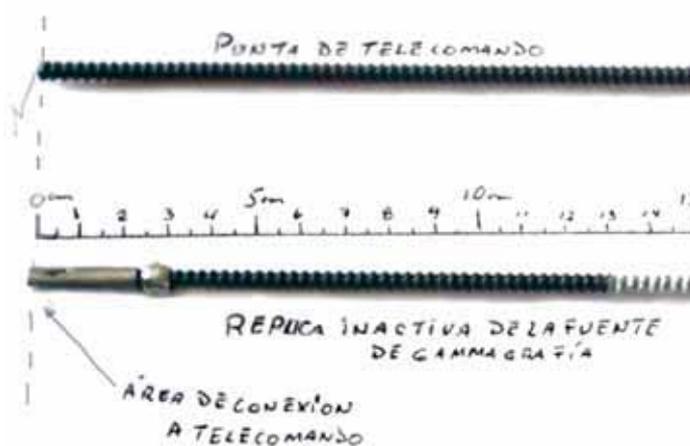
Ces exercices ont également confirmé le besoin de poursuivre les efforts engagés pour améliorer la coordination et l'interprétation des mesures de radioactivité dans l'environnement, afin de répondre pleinement aux missions confiées à l'IRSN par la directive interministérielle du 29 novembre 2005 relative à la réalisation et au traitement des mesures de radioactivité dans l'environnement.



Centre technique de crise de l'IRSN : audioconférence avec EDF lors d'un exercice.

Accident de source de gammagraphie au Chili

[FOCUS]



Source de gammagraphie accidentellement manipulée par un ouvrier chilien (document original).

Le 15 décembre 2005, trois ouvriers ont été accidentellement irradiés par une source d'iridium 192 (3 TBq) utilisée en gammagraphie industrielle dans une usine de cellulose en construction au Chili. L'État chilien a fait appel à l'assistance internationale, et une équipe de l'AIEA comptant un médecin de l'IRSN a effectué une mission d'expertise et d'assistance auprès des équipes médicales en charge des accidentés. Une des victimes ayant été sévèrement irradiée, les experts ont recommandé son transfert dans un centre international spécialisé dans le traitement des irradiés accidentés.

L'ouvrier a ainsi été hospitalisé le 29 décembre au centre de traitement des brûlés de l'hôpital d'instruction des armées de Percy à Clamart (Hauts-de-Seine).

Le soutien technique de l'IRSN a été déterminant pour guider le geste chirurgical visant à l'ablation d'une zone étendue des tissus ayant reçu des doses supérieures à 20 Gy. L'IRSN a pu donner en temps utile et avec assez de précision la cartographie dosimétrique en surface et en profondeur de la zone irradiée. Cette cartographie repose sur la distribution des doses évaluée par modélisation numérique et sur la mesure de la dose en un point de l'organisme, à savoir la crête iliaque exposée. Elle a associé pour la première fois la modélisation numérique à des mesures de résonance paramagnétique électronique (RPE) réalisées sur une biopsie osseuse. Cette association a ainsi permis d'élaborer une nouvelle stratégie thérapeutique.



[FOCUS]

Exercice de crise postaccidentelle



Test de techniques de décontamination de l'espace bâti par les équipes du SDIS du Cher.

Exercice national de Belleville-sur-Loire

Le scénario de l'exercice national de crise du 22 mars 2005 qui concernait le site EDF de Belleville-sur-Loire (Cher) a permis d'aborder certaines questions spécifiques des premières heures d'une phase postaccidentelle : la mise en place d'arrêtés de restriction de commercialisation, la levée de la mise à l'abri des populations, le déploiement de moyens de caractérisation de la radioactivité dans l'environnement, etc.

À l'issue de cet exercice, un groupe de travail, piloté par l'IRSN et constitué de représentants des services déconcentrés de l'État (DDE, SDIS, Ddass), de représentants d'associations locales et de maires, a mené une réflexion sur les opérations de réhabilitation à engager sur les bâtiments contaminés dès les premiers jours.

Cette réflexion a conduit les services départementaux d'incendie et de secours du Cher ainsi que l'IRSN à organiser en novembre 2005 une simulation de mise en œuvre de contre-mesures de nettoyage d'un espace bâti afin de préciser les ordres de grandeur de certains paramètres tels que les quantités d'eau nécessaires au nettoyage, les délais de réalisation des actions ou encore les moyens matériels et humains nécessaires à cette fin. Cet exercice et les actions qui ont suivi ont permis de confirmer l'intérêt :

- ▣ pour les autorités locales, de bénéficier du soutien de l'Institut au poste de commandement fixe de la préfecture, notamment pour la fourniture des explications techniques nécessaires à la compréhension de la situation et à l'appréciation des enjeux associés aux diverses actions à engager dès le tout début de la phase postaccidentelle ;
- ▣ pour l'IRSN, de disposer de données opérationnelles et d'impliquer les différentes parties prenantes concernées dans la définition des actions de réhabilitation et de leurs modalités de mise en œuvre.

Enfin, le principe de rendez-vous techniques réguliers entre l'IRSN et la DGSNR, ainsi qu'entre l'Institut et le DSND a été repris en 2005 afin d'examiner de façon bilatérale et détaillée les enseignements à tirer des exercices de crise et les voies d'amélioration en matière de conseil aux autorités locales.

APPUI À LA GESTION DES SITUATIONS POSTACCIDENTELLES

L'organisation opérationnelle de l'IRSN pour traiter les situations postaccidentelles a été développée en 2005 avec la mise en place de nouveaux outils informatiques et l'amélioration, dans le cadre d'une réflexion soutenue avec les acteurs locaux, de la démarche d'expertise, afin d'anticiper au mieux les actions à mener en phase postaccidentelle dès la phase d'urgence.

Évolution de l'outil de collecte de données DATARAD

L'Institut a mis au point en 2005 la version 2 de l'outil informatique DATARAD de collecte des mesures de radioactivité dans l'environnement en situation accidentelle. Cet outil doit permettre la centralisation et l'interprétation, au niveau national, de l'ensemble des résultats des mesures et des analyses des prélèvements effectués dans l'environnement pendant toute la durée d'une crise, dans le cadre défini en 2005 par les pouvoirs publics. Les évolutions de l'outil ont porté sur :

- ▣ l'amélioration de l'intégration de DATARAD dans la chaîne opérationnelle des outils informatiques du CTC ;
- ▣ le rapatriement au CTC des valeurs mesurées par les réseaux de surveillance de l'IRSN et des exploitants, centralisées sur le site IRSN du Vésinet (Yvelines) ;
- ▣ l'ergonomie de l'interface avec l'utilisateur compte tenu du retour d'expérience d'utilisation de la version 1 de l'outil DATARAD ;
- ▣ la mise en œuvre de technologies informatiques récentes.

Stratégies de réhabilitation

La réhabilitation d'un environnement contaminé après un accident nucléaire vise à réduire les niveaux de radioactivité dans l'environnement et leur impact en termes de doses aux populations. De nombreuses actions peuvent concourir à la réhabilitation de territoires contaminés. Cependant, leur application nécessite la mise en œuvre de moyens humains et techniques souvent lourds et doit tenir compte des délais nécessaires à leur réalisation, de l'exposition des intervenants et des déchets produits.

À cet égard, l'IRSN a engagé en 2005 le développement d'un outil d'Intercomparaison d'actions de réhabilitation (projet ICAR) en phase postaccidentelle, prenant en compte les multiples aspects d'une telle situation.

Gestion d'une phase postaccidentelle

En avril 2005 les pouvoirs publics ont mis en place un comité directeur chargé d'élaborer la doctrine en matière de gestion de la phase postaccidentelle d'un accident nucléaire. Dans une première étape, six groupes de travail interministériels ont été créés pour alimenter la réflexion sur les aspects suivants :

- ▣ évaluation des conséquences radiologiques et dosimétriques ;
- ▣ suivi sanitaire des victimes et des populations ;
- ▣ vie dans les territoires ruraux contaminés, agriculture, eau ;
- ▣ gestion des déchets, produits et terres contaminés ;
- ▣ indemnisation ;
- ▣ levée des actions d'urgence de protection des populations et réhabilitation du bâti.

L'IRSN a pris en charge le pilotage du groupe consacré à l'évaluation des conséquences radiologiques et dosimétriques et participera aux autres groupes de travail.

Par ailleurs, l'IRSN a participé à l'exercice en salle INEX 3 organisé par l'OCDE/AEN le 9 décembre 2005. Il a porté sur les conséquences et les actions à mener à la suite d'un rejet radioactif : la décontamination, la réhabilitation, la gestion des déchets, l'impact sur le commerce, l'indemnisation d'une filière agricole (grandes céréales) contaminée, etc. Cet exercice a réuni des acteurs locaux et nationaux. L'IRSN a participé à la préparation et à l'animation du scénario et, en tant qu'acteur, aux différents groupes de travail mis en place. Bien qu'il ait été volontairement limité à la filière agricole, les enseignements à tirer

Moyens mobiles d'intervention de l'IRSN

[FOCUS]

Au cours de l'année 2005, l'IRSN a mis au point un plan de remplacement et de modernisation de ses moyens mobiles d'intervention en situation d'urgence radiologique. Ce plan vise les objectifs suivants :

- ▣ une efficacité accrue, par abandon des moyens polyvalents au profit de moyens dédiés respectivement à la mesure ou à l'analyse d'échantillons de l'environnement et au contrôle radiologique des personnes ;
- ▣ une plus grande souplesse et une plus grande rapidité de déploiement par abandon des moyens lourds ou semi-lourds au profit de véhicules légers ;
- ▣ une totale autonomie de communication, même en situation de saturation des réseaux téléphoniques standards.

Quatre véhicules d'intervention d'urgence ont d'ores et déjà été acquis en 2005. Il leur sera progressivement associé, au cours des années à venir, trois véhicules laboratoires, six véhicules destinés au contrôle radiologique des personnes et un véhicule de coordination de l'ensemble des moyens déployés par l'Institut sur le terrain.

de cet exercice sont nombreux et devraient contribuer à alimenter les réflexions du comité directeur postaccidentel. Cet exercice, joué par différents pays, fera l'objet d'une restitution début 2006.

Appui opérationnel en cas de crise

L'IRSN met à la disposition du préfet les différentes composantes de sa cellule mobile, en fonction de la nature de la situation de crise :

- ▣ une équipe « coordination des mesures », chargée d'élaborer les plans de mesures et de prélèvements, de collecter et de contrôler l'ensemble des résultats des mesures et analyses ;
- ▣ une équipe « moyens de mesures », chargée de réaliser des mesures et des prélèvements dans l'environnement et d'effectuer un contrôle radiologique des personnes ;
- ▣ une équipe « examen des colis » chargée d'apprécier l'état des colis accidentés en cas d'accident de transport.

En 2005, les deux premières composantes de la cellule mobile de l'Institut ont été mobilisées à chaque exercice. Lors de l'exercice « transport » du Val-d'Oise le 22 septembre, l'équipe « examen des colis » a en outre été mobilisée.



Chiffres clés 2005

Chiffres clés 2004

1 610 000 dosimètres personnels fournis et exploités

1 714 000

856 prestations d'analyse des eaux potables

1 019

145 prestations d'analyse de denrées alimentaires

150

127 prestations en radioprotection

150

42 tierces expertises

43



PRESTATIONS CONTRACTUELLES D'EXPERTISE, DE RECHERCHE ET DE MESURE

L'IRSN effectue des prestations d'expertise et de mesure pour le compte d'institutions et d'industriels qui lui en font la demande. L'Institut met ainsi à leur disposition ses compétences et son savoir-faire, tout en veillant à ce que ces prestations restent compatibles avec sa mission d'appui et de concours technique aux pouvoirs publics. Certaines de ces prestations sont liées à des exigences réglementaires. La vente de prestations est également un moyen d'optimiser l'utilisation des outils techniques développés pour les programmes de recherche. Les prestations réalisées, hors cofinancements de recherches, correspondent à environ 5 % du budget actuel de l'Institut.



Prestations relatives à des exigences réglementaires



Prestations non liées à des exigences réglementaires



Prestations relatives à des exigences réglementaires

CONTRÔLE RADIOLOGIQUE DES EAUX DESTINÉES À LA CONSOMMATION HUMAINE

Dans le cadre des réglementations visant à la protection des consommateurs, l'IRSN réalise des prestations d'analyse radiologique des eaux destinées à la consommation humaine.

L'IRSN a analysé 856 échantillons d'eau en 2005. La qualité radiologique des eaux destinées à la consommation humaine est appréciée selon un protocole, défini dans l'arrêté du 12 mai 2004, qui fixe les modalités de contrôle. En fonction des valeurs obtenues pour certains paramètres (activités α total, β total, tritium), des analyses complémentaires peuvent être nécessaires, comme cela a été



Laboratoire dans lequel le contrôle radiologique des eaux est réalisé (Le Vésinet).

150 000 travailleurs suivis par dosimétrie externe (150 000 en 2004)

20 234 analyses radiotoxicologiques (21 089 en 2004)

208 anthropogammamétries (125 en 2004)

8 évaluations de dose par dosimétrie biologique (15 en 2004)



En 2005, l'IRSN a édité une fiche descriptive des prestations concernant le radon qu'il est en mesure d'effectuer.

Le cas pour 13 % des eaux contrôlées en 2005. Mais moins de 1 % des eaux ont conduit à une dose efficace, due à l'incorporation des radionucléides présents dans l'eau durant une année de consommation, supérieure à la valeur limite de 0,1 mSv fixée par une directive Euratom, sur la base des recommandations de l'OMS.

MESURES DE DÉPISTAGE DU RADON

Dans le cadre de la gestion du risque lié au radon dans les bâtiments, l'IRSN réalise des prestations de dépistage et d'investigation complémentaire, telles que définies par la réglementation. En 2005, plusieurs établissements ouverts au public (écoles, mairies, crèches, centres aérés, maisons de retraite, hôpitaux, etc.) ont fait l'objet de mesures du radon. Le service concerné de l'IRSN est certifié ISO 9001 par l'Afaq pour les études et les expertises dans le domaine de la mesure du radon.

En 2005, les recettes liées à ces prestations ont augmenté de 120 %.

PRESTATIONS EN RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS

Dans le cadre du décret n° 2003-296 du 31 mars 2003, relatif à la protection des travailleurs contre les rayonnements ionisants, l'IRSN effectue des prestations de mesure de l'exposition des travailleurs. Il réalise également des expertises telles que des études de postes de travail, et des activités de conseil, par exemple en soutien aux médecins du travail et aux personnes compétentes en radioprotection.

Suivi de l'exposition externe des travailleurs exposés

L'IRSN dispose de l'un des principaux laboratoires en France pour la détermination de l'exposition externe des travailleurs exposés aux rayonnements ionisants. En 2005, environ 150 000 travailleurs appartenant à 17 000 établissements ont porté des dosimètres fournis et développés par l'Institut. Le laboratoire correspondant a traité 1 500 000 dosimètres photographiques, 60 000 dosimètres thermoluminescents pour les expositions aux rayonnements gamma et bêta, ainsi que 50 000 dosimètres détecteurs de trace (PN3) pour les expositions aux neutrons.

Suivi de la contamination interne des travailleurs exposés

L'évaluation de l'exposition des travailleurs sujets à un risque de contamination interne repose sur la détermination de l'activité incorporée dans l'organisme. Deux types d'analyses sont utilisés : la mesure de l'activité incorporée par anthroporadiométrie et celle de l'activité excrétée à partir d'analyses radiotoxicologiques d'urines et de selles. Au cours de l'année 2005, l'IRSN a réalisé 208 examens anthroporadiométriques. Le suivi radiotoxicologique a été assuré pour 3 600 travailleurs. À cette fin, sur les différents échantillons biologiques traités, 20 234 analyses ont été réalisées. 64 radionucléides différents ont ainsi été mesurés.

Évolution dans la surveillance de l'exposition externe

[FOCUS]



Dosimètre passif.

En 2005, trois projets importants relatifs à la surveillance de l'exposition externe ont été engagés par l'IRSN. Il s'agit premièrement du remplacement du dosimètre photographique par un dosimètre thermoluminescent (TLD) ou un dosimètre en verre photoluminescent (RPL). Cette action est en partie motivée par le devenir incertain de la production du film argentique utilisé dans les dosimètres actuels. Pour cela, un appel d'offres a été lancé en novembre 2005, l'objectif étant de démarrer la mise en œuvre de la nouvelle technique vers le milieu de l'année 2007. Parallèlement, l'élaboration d'un système unique de gestion informatique du laboratoire avec une orientation plus ouverte aux différents clients (système DOSIP) est en cours. Enfin, l'obtention de l'accréditation du laboratoire selon la norme ISO 17 025 est envisagée pour 2006 et les préparatifs pour cette accréditation ont été engagés en 2005.



CONFORMITÉ DES MATÉRIELS ET ÉQUIPEMENTS

Au sein de l'IRSN, deux centres techniques peuvent mener des actions relatives à la conformité de matériels ou d'équipements à l'égard de normes ou de spécifications techniques. Ils participent, dans leurs domaines de compétence, à l'élaboration de textes réglementaires et normatifs, français et internationaux.

Les compétences du Centre technique d'homologation de l'instrumentation de radioprotection (CTHIR) concernent la mesure de la dosimétrie individuelle et de la dosimétrie d'ambiance, la mesure de la contamination atmosphérique et la détection des accidents de criticité. Depuis fin 2002, l'examen de la conformité des matériels associés à ces mesures est réalisé dans le cadre d'un système qualité certifié ISO 9001. En décembre 2005, le renouvellement de la certification a été accordé par l'AFAQ pour une période de trois ans.

Le CTHIR utilise notamment l'irradiateur IRMA, une installation dans laquelle sont réalisées des irradiations destinées à évaluer la tenue de matériels au rayonnement gamma. La durée des campagnes effectuées en 2005 représentent un total de 34 semaines.

FOCUS

Intercomparaison de dosimètres opérationnels



Dosimètres actifs.

L'AIEA a organisé un exercice d'intercomparaison internationale de dosimètres individuels opérationnels, ciblé sur la mesure de l'équivalent de dose dans un champ de rayonnements β et γ . Au cours de l'année 2005, l'IRSN, le centre de recherche de Mol (SCK-CEN, Belgique) et le CEA ont ainsi défini et réalisé les différentes conditions d'irradiation utilisées pour cette intercomparaison dans leurs installations. Au cours de cette intercomparaison, les performances des dosimètres opérationnels ont été appréciées par rapport aux exigences de la norme CEI 61526 pour des faisceaux types et pour des champs de rayonnements réalistes simulant des postes de travail. Au total, 13 modèles différents de dosimètres opérationnels provenant de neuf fournisseurs ont été testés. L'IRSN a ainsi irradié ces dosimètres auprès de ses installations produisant des photons de référence. Le rapport AIEA présentant les résultats de l'intercomparaison sera publié dans le courant de l'année 2006.

CONTRÔLES RÉGLEMENTAIRES EN RADIOPROTECTION

L'IRSN réalise, auprès de tiers détenteurs ou utilisateurs de sources scellées ou non scellées, d'exploitants d'équipements ou d'installations mettant en œuvre des sources de rayonnements ionisants, des prestations de contrôle liées aux obligations réglementaires auxquelles ils sont soumis. Ces prestations ont trait à la protection des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants, au titre du code de la santé publique ou au titre du code du travail. Au nombre de 15 en 2005, elles ont consisté par exemple à vérifier que des sources scellées n'étaient pas contaminantes, à réaliser un contrôle radiologique d'absence de contamination de certains



Contrôle réglementaire en radioprotection au CRECEP (94).

locaux en vue de leur déclassement du point de vue radiologique ou encore à s'assurer que la sécurité radiologique de l'exploitation d'équipements était satisfaisante.

L'IRSN réalise également des prestations de contrôle *in situ* de l'efficacité des filtres à très haute efficacité (THE) et des pièges à iode des circuits de ventilation des installations nucléaires de base : 16 prestations de ce type ont été effectuées en 2005.

PRESTATIONS NON NUCLÉAIRES

L'IRSN met à profit les compétences qu'il a acquises dans le domaine du nucléaire pour réaliser des prestations au profit d'industriels en dehors de ce domaine.

Expertise dans le domaine des odeurs

L'IRSN réalise depuis plus de trente ans des expertises dans le domaine des odeurs, permettant ainsi aux industriels concernés de prendre le cas échéant des mesures correctives adaptées.

Avec l'amélioration du cadre de vie, la population est de moins en moins tolérante à l'égard des pollutions olfactives, second motif de plaintes en France. La réponse à cette évolution s'appuie sur des éléments réglementaires et normatifs. La réglementation, centrée à l'origine sur le milieu émetteur et plus particulièrement sur les sources canalisées, ne répondait pas aux préoccupations des riverains. En effet, malgré le respect des prescriptions en matière d'émission de substances polluantes, ces riverains continuaient d'exprimer une gêne. Partant de ce constat, les nouveaux textes réglementaires imposent de considérer toutes les sources et fixent des valeurs limites dans le milieu récepteur. Dans ce cadre, l'IRSN a été consulté en 2005 par le ministère chargé de l'Environnement sur la rédaction du futur arrêté relatif aux sites de compostage, au même titre que lors de l'élaboration de l'arrêté du 12 février 2003 relatif aux usines d'équarrissage, actuellement en application.

En 2005, l'IRSN a mené 15 expertises dans diverses installations industrielles. Par ailleurs, l'Institut a poursuivi l'animation de la Commission Afnor X43F, des travaux de recherche en collaboration avec l'Ineris et des activités d'enseignement dans des



L'équipe du Bureau d'analyse de sûreté des installations non nucléaires (BAIN).

formations initiales (DUT, école d'ingénieur [Esigec]). Il a également lancé un programme d'étude sur la gêne olfactive.

Tierces expertises non nucléaires

L'IRSN est reconnu comme tiers expert par le ministère chargé de l'Environnement pour effectuer des analyses critiques d'études des dangers d'installations industrielles classées pour la protection de l'environnement. Afin de mener à bien ces analyses, l'Institut s'appuie en particulier sur ses compétences acquises dans le domaine de la sûreté nucléaire. Parmi la quarantaine d'analyses critiques réalisées par l'IRSN en 2005, peuvent être citées ici celles relatives à la raffinerie de la société Total à Donges (Loire-Atlantique), à des unités chimiques de la société Arkema à Saint-Auban (Alpes-de-Haute-Provence), Pierre-Bénite (Rhône) et Carling (Moselle), ainsi qu'aux installations de la distillerie d'alcool et de traitement de solvants de la société Dislaub à Buchères (Aube).

L'IRSN apporte également un support technique au ministère chargé de l'Environnement. Il participe activement aux groupes de travail mis en place par le ministère concernant les plans de prévention des risques technologiques, les valeurs toxicologiques de référence ou des aspects sectoriels (chlore, amoniac, liquides inflammables, chimie fine, etc.). Enfin, l'Institut a terminé en 2005 une étude probabiliste relative au risque d'explosion de gaz dans une installation de stockage de gaz de pétrole liquéfié. Les résultats obtenus ont été présentés au ministère ainsi qu'à l'ensemble de la profession gazière.



Prestations non liées à des exigences réglementaires

ÉTUDE DE LA RADIOACTIVITÉ DES EFFLUENTS DE LA STATION D'ÉPURATION DE TOURS

Au-delà des aspects réglementaires, l'IRSN est régulièrement sollicité par des gestionnaires de réseaux de traitement des eaux usées urbaines pour évaluer le marquage radioactif lié aux actes de médecine nucléaire et l'impact sanitaire correspondant dans les stations d'épuration. En 2005, c'est l'agglomération tourangelle qui a commandé une telle étude. Pour ce faire, des mesures gamma en continu des eaux usées, associées à des mesures intégrées de débit de dose gamma, ont été réalisées dans une station d'épuration, dans six locaux spécifiques et une aire témoin. Les valeurs signifi-

catives enregistrées dans les eaux usées à l'entrée de la station ont permis de quantifier les temps de transit, l'effet de dilution du réseau urbain et les flux de radionucléides. Ces valeurs sont conformes aux recommandations de la circulaire DGS/DHOS n° 2001/323 du 9 juillet 2001 relative à la gestion des effluents et des déchets d'activités de soins contaminés par des radionucléides. L'impact dosimétrique calculé de façon majorante est très faible, du fait notamment de la courte période radioactive du technétium 99 métastable, principal radionucléide rejeté.

SÛRETÉ DES USINES, DES TRANSPORTS ET DU DÉMANTÈLEMENT

L'étude des risques de criticité liés à la mise en œuvre de matières fissiles dans les installations nucléaires

FOCUS

Vente de sources étalons de faible activité



La préparation de sources étalons requiert rigueur et minutie. Ici un broyeur à billes permet une homogénéisation parfaite de l'échantillon à préparer.

Pour répondre à des demandes concernant la fourniture de sources radioactives étalons de faible activité, l'IRSN a obtenu en juin 2005 de la DGSNR « l'autorisation de détenir en vue de la distribution, d'utiliser, de céder, d'importer et d'exporter des radionucléides en sources scellées et non scellées ».

1 000 à 2 000 sources, concernant plus de 50 radionucléides différents, sont préparées chaque année pour des besoins internes de l'Institut, sous diverses formes :

- sources sous forme de liquide, de gel, de dépôt ponctuel ou de dépôt étalé sur un filtre, une coupelle ou un disque en acier inoxydable, sources électrodéposées ;
- échantillons naturels rechargés en radioactivité ;
- solutions étalonnées ;
- solutions de traceurs pour le marquage des échantillons et la détermination des rendements de séparation chimique pour les échantillons avant mesure.

Les laboratoires de mesure de la radioactivité de l'environnement peuvent ainsi s'adresser à l'Institut pour acquérir des sources étalons spécifiques aux mesures de faibles activités.

ou lors des transports nécessite l'utilisation de logiciels de calcul qualifiés. L'IRSN développe, en collaboration avec des industriels, le formulaire de criticité CRISTAL pour permettre la réalisation de telles études. Il met cet outil de calcul à disposition d'un ensemble d'utilisateurs pour lesquels il assure le soutien technique à sa mise en œuvre.

ÉTUDES RELATIVES À DES SITES MINIERES NIGÉRIENS POUR LA SOCIÉTÉ AREVA

En 2005, l'IRSN a réalisé, à la demande de la société Areva, deux études relatives aux mines d'uranium exploitées au nord du Niger par les sociétés Cominak et Somaïr.

Fondées pour partie sur une mission sur place, ces deux études ont consisté à expertiser les réseaux de surveillance de la radioactivité de l'environnement autour des sites ainsi qu'à évaluer l'impact dosimétrique des mines sur la population. L'impact lié à la récupération et à l'utilisation pour des usages domestiques de ferrailles contaminées provenant des exploitations minières a été également abordé. Les résultats, rendus publics sur le site Internet de l'IRSN, ont montré que les réseaux de surveillance mis en place par la société Areva autour des deux sites miniers respectent globalement les exigences applicables aux stockages de résidus d'uranium en France. Des améliorations ont cependant été jugées nécessaires pour préciser ou réduire l'exposition de certaines catégories de personnes. Les recommandations formulées ont amené la société Areva à solliciter de nouveau l'Institut pour réaliser des prélèvements et des analyses des eaux souterraines alimentant le réseau de distribution d'eau, de façon à disposer d'une évaluation plus précise de l'impact lié à la consommation d'eau potable.

Prestations de support aux utilisateurs du formulaire CRISTAL

[FOCUS]



Modélisation avec le formulaire CRISTAL.

Le formulaire CRISTAL permet d'effectuer tous les types de calculs nécessaires à l'étude des risques de criticité. Dans le but d'assurer un haut niveau de qualité des études de criticité réalisées avec ce formulaire, sa diffusion aux utilisateurs est accompagnée d'un soutien technique important coordonné par l'IRSN ainsi que d'actions de formation.

Les prestations de support de l'IRSN comportent :

- ▶ la fourniture et la validation de l'installation chez le client des codes et outils développés par l'IRSN ;
- ▶ une assistance à l'utilisation de ces codes et outils sous forme d'une *hotline* ;
- ▶ leur maintenance corrective et évolutive, en s'appuyant sur un outil de gestion informatisée des demandes d'intervention, directement accessible aux utilisateurs par Internet ;
- ▶ la diffusion d'informations relatives à la qualification de la « voie standard » de calcul (APOLLO 2-MORET 4) ;
- ▶ la gestion d'un site Internet réservé aux utilisateurs, leur permettant d'accéder à l'ensemble de la documentation technique, de formuler des demandes d'intervention et d'être informés des suites données à leurs demandes, et de télécharger les différentes versions des codes et outils développés par l'IRSN ;
- ▶ la réalisation de sessions de formation à l'IRSN ou à l'Institut national des sciences et techniques nucléaires, en collaboration avec les développeurs.

En 2005, l'IRSN a réalisé l'installation de la version 1.0 du formulaire dans 15 entités appartenant au CEA, à Areva et à EDF. L'Institut a également répondu à 262 appels et traité 129 demandes d'intervention pour les deux versions livrées du formulaire CRISTAL.



PRESTATIONS EN RADIOÉCOLOGIE

L'IRSN effectue des prestations de mesure et d'étude dans le domaine de la radioécologie, à la demande des industriels ou des pouvoirs publics.

Suivi radioécologique des centrales nucléaires

Depuis 1991, une convention entre l'IRSN et EDF concerne la détermination des niveaux de radioactivité autour des centrales nucléaires. Il s'agit d'une volonté d'EDF d'aller au-delà des obligations strictement réglementaires, et de mesurer à cette fin les très faibles concentrations de radionucléides artificiels dans l'environnement terrestre, fluvial ou marin de ses installations. Ce suivi permet également de mieux répondre aux questions des pouvoirs publics ou de la société en matière de protection de l'environnement et de la population. Actuellement, la convention comporte trois volets : un suivi radioécologique annuel autour de chaque centrale nucléaire, des bilans décennaux ainsi qu'un volet de recherche sur le comportement de radionucléides particuliers comme le tritium et le carbone 14. Grâce aux données acquises, l'Institut est aujourd'hui en mesure de dresser un bilan des conséquences sur l'environnement de 20 ans de fonctionnement des centrales nucléaires. Les radionucléides présents en quantités mesurables



Suivi radioécologique de la centrale de Tricastin (Drôme) par prélèvement d'échantillons.

(césium 137, plutonium, etc.) dans les sols, les végétaux naturels et les productions agricoles, proviennent presque exclusivement des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires et de l'accident de Tchernobyl. Ce n'est que pour le carbone 14 qu'un très faible mais significatif marquage de l'environnement par les rejets des centrales a pu être mis en évidence.

Enquête sur les habitudes alimentaires autour de Pierrelatte

De l'été 2004 au printemps 2005, l'IRSN a piloté une enquête commandée par la société Cogema sur les habitudes alimentaires et l'autoconsommation des populations résidant autour du site nucléaire de Pierrelatte (Drôme). Cette enquête vise à mieux prendre en compte les pratiques locales pour l'évaluation des doses liées aux rejets des installations du site. L'étude a porté sur 80 foyers. En particulier, les résultats montrent qu'il existe une population, encore importante dans ces zones semi-rurales, qui produit une grande partie des denrées qu'elle consomme.

Études autour du site de Cogema La Hague

Le contrat de prestations qui lie depuis plusieurs années l'IRSN et Cogema s'est prolongé en 2005 pour traiter deux sujets relatifs à l'usine de traitement de combustibles irradiés de La Hague (Manche). Une première étude a consisté à qualifier le code de calcul DISPRO, qui permet de prévoir la dispersion des rejets de radionucléides dans la Manche à partir



La validation du code de calcul DISPRO nécessite de mesurer un grand nombre d'échantillons collectés sur le terrain pour comparer les résultats à ceux obtenus par modélisation.

de l'usine. Pour l'amélioration de la connaissance des rejets de l'usine, une seconde étude a porté sur l'étude de la granulométrie des aérosols provenant de l'usine UP3 et sur l'évaluation des vitesses de dépôt des aérosols rejetés par l'usine dans l'environnement.

Transferts de tritium et de carbone 14 entre l'eau et l'atmosphère

En 2005, le CEA a demandé à l'Institut, dans le cadre d'une sous-traitance d'un contrat CEA-EDF, de réaliser des études expérimentales pour évaluer les flux de transfert de l'eau à l'atmosphère du tritium et du carbone 14 en aval des centrales nucléaires du bord de Loire.

Réponses à des appels d'offres

Une dizaine de projets proposés par l'Institut au sujet du devenir et des effets des polluants radioactifs dans l'environnement, ont été retenus en 2005. Ces projets, fruits de collaborations avec d'autres partenaires de recherche, répondent à divers appels d'offres émanant d'organismes publics (Andra, Agence de l'eau Seine-Normandie, région Haute-Normandie, région PACA, ministère chargé de la Recherche, ministère chargé de l'Environnement, etc.).

PRESTATIONS CONCERNANT LE RADON

Mesures du radon dans des grottes préhistoriques

À la suite de la découverte de fortes concentrations de radon dans la grotte Chauvet-Pont-d'Arc (Ardèche), le ministère chargé de la Culture a demandé à l'IRSN de réaliser des mesures de l'activité volumique du radon dans les grottes ornées relevant de sa gestion pour évaluer l'exposition des personnes travaillant dans ces grottes (guides, chercheurs, etc.). En raison de l'atmosphère fortement humide de ces cavités, une méthode spécifique a été définie pour caractériser au mieux les teneurs en radon et déterminer l'appareillage le plus adapté. À l'issue d'une phase de validation du protocole dans cinq grottes (Chauvet, Niaux [Ariège], Lascaux, Font-de-Gaume et Combarelles [Dordogne]), l'IRSN a proposé un protocole applicable de manière systématique à ce type de cavité.

Mesures du radon et du thoron dans les locaux de la Marine nationale

En 2005, l'IRSN a réalisé pour le ministère chargé de la Défense des mesures destinées à caractériser, du point de vue radiologique, l'atmosphère intérieure de certains locaux souterrains. La quantification des descendants du radon et du thoron par des mesures intégrées a permis d'estimer l'exposition du personnel travaillant dans ces locaux.



Appareils de mesure de la concentration en radon dans une grotte.

MODÉLISATION DE LA VENTILATION DES INSTALLATIONS

Les locaux des installations nucléaires dans lesquels il existe un risque de dispersion de matières radioactives ou de polluants font l'objet d'une ventilation et d'une surveillance de leur atmosphère par des prélèvements d'air. Un renouvellement le plus homogène possible de l'air des locaux est recherché afin d'éviter toute accumulation locale d'aérosols radioactifs ou de polluants. L'IRSN développe et met en œuvre des techniques de mesure de la performance de ventilation et des transferts de matières radioactives ou de polluants qui lui sont associés (voir Focus*).

* FOCUS p.142



[FOCUS]

Performances de la ventilation d'un local – transferts de polluants



Appareil de traçages gazeux et particulaire mis en œuvre par l'IRSN.

En 2005, l'IRSN a réalisé des mesures *in situ* à la demande d'exploitants nucléaires ou d'industriels pour vérifier les performances de la ventilation des locaux concernés, notamment l'absence de zones faiblement ventilées et la pertinence de l'implantation des appareils de surveillance par prélèvement d'air (APA, explosimètres, etc.).

Deux approches complémentaires ont été mises en œuvre. La première a consisté à mesurer dans l'air extrait du local l'évolution temporelle de la concentration d'un traceur gazeux (hélium ou hexafluorure de soufre) injecté en continu au soufflage. La seconde approche a consisté à caractériser le transfert d'un polluant gazeux ou particulaire (simulé par un aérosol de fluorescéine sodée de diamètre donné) d'un point source S à un point quelconque M du local.

Par ailleurs, les équipes de l'IRSN mettent en œuvre des techniques de traçage similaires pour d'autres applications (mesures de débit, mesures de l'étanchéité de barrières, vérification de la représentativité d'un prélèvement dans une cheminée, etc.) dans le domaine du confinement et de la filtration des aérosols et des polluants.

PRESTATIONS DOSIMÉTRIQUES

Dosimétrie biologique

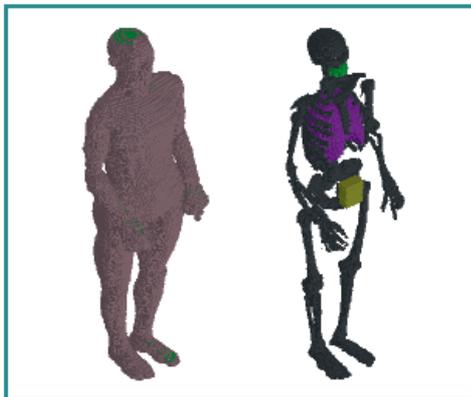
En 2005, le laboratoire de dosimétrie biologique de l'IRSN, seul laboratoire reconnu en France pour ce type d'expertise, a effectué huit estimations de doses individuelles en réponse à des demandes de médecins généralistes ou de médecins du travail : deux pour une estimation rétrospective et six pour des suspicions d'irradiations récentes dans un cadre professionnel. L'estimation des doses reçues par dosimétrie biologique est fondée sur l'observation d'aberrations chromosomiques (dicentriques) formées dans les lymphocytes des personnes concernées.

Les estimations rétrospectives ont concerné des personnes qui ont consulté un médecin pour diverses pathologies. Dans les deux cas, le nombre d'aberrations chromosomiques observé s'est avéré supérieur à celui de la population non exposée, prise comme référence.

Pour les suspicions d'irradiations récentes, les doses estimées par dosimétrie biologique n'étaient pas significativement différentes de zéro, et ce pour diverses raisons : pas d'exposition avérée malgré le résultat positif du dosimètre ; la dose au corps entier est trop faible pour être mesurable par dosimétrie biologique ; la sensibilité de la dosimétrie biologique conventionnelle n'est pas adaptée aux cas d'irradiation hétérogène.



Dénombrement des aberrations chromosomiques.



Modélisation géométrique pour le calcul de dose efficace.

Expertise de l'exposition du public et des travailleurs

L'IRSN est régulièrement sollicité par des entreprises ou des institutions pour évaluer les doses reçues dans des contextes particuliers. En 2005, des études ont été réalisées pour évaluer les doses susceptibles d'être reçues :

- ▶ par les personnes du public lors d'une cure de balnéothérapie, en raison de la radioactivité présente dans l'eau ;
- ▶ par des personnes qui vivaient dans un chalet construit avec du bois provenant de Biélorussie ;
- ▶ par les employés d'une installation de traitement d'eaux usées pouvant contenir des radionucléides provenant notamment de radiothérapies.

Expertise dosimétrique à la suite d'un incident survenu à Paluel

En juillet 2005, l'IRSN a effectué une reconstitution dosimétrique à la demande du médecin du travail de la centrale EDF de Paluel (Seine-Maritime). En effet, un incident était survenu lors du nettoyage d'un générateur de vapeur et plusieurs travailleurs avaient manipulé une pièce métallique radioactive. L'IRSN a réalisé des calculs de dose à la peau en considérant plusieurs scénarios plausibles (pièce au contact, interposition de gants). Bien que le port de gants protège presque entièrement des rayonnements bêta, le débit de dose absorbée restait élevé car la contribution des photons était importante. Les reconstitutions réalisées par EDF ont montré que les temps d'exposition avaient été courts. Par conséquent, les équivalents de dose à la peau calculés sont nettement inférieurs à la limite annuelle de 500 mSv.

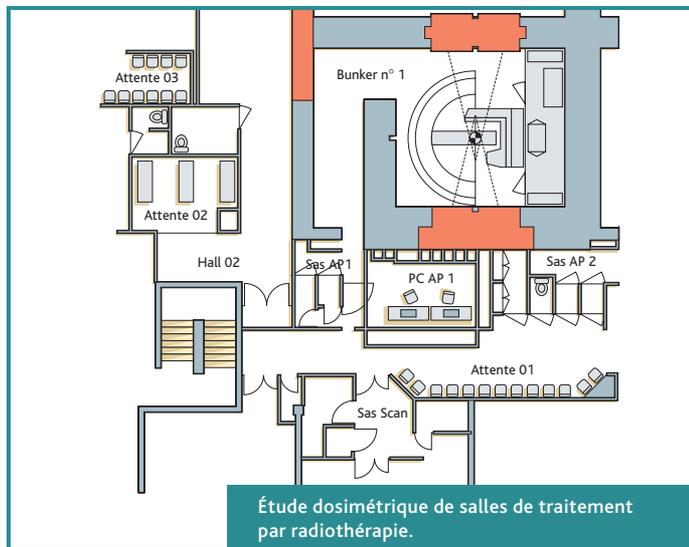
RADIOPROTECTION DANS LE DOMAINE MÉDICAL

L'IRSN est fréquemment sollicité par le milieu médical pour participer à des démarches visant à mieux connaître l'exposition des personnels de santé dans les conditions habituelles de travail. La contribution de l'Institut peut aller de la simple fourniture de dosimètres à une étude complète sur site. Les évolutions réglementaires récentes, et en particulier les textes relatifs à la dosimétrie opérationnelle, provoquent un intérêt croissant pour les études de postes de travail et de zonage.

Les secteurs les plus intéressés par ces prestations sont la radiologie, et plus précisément la radiologie interventionnelle, ainsi que la médecine nucléaire. D'une façon générale, toutes les activités où l'opérateur est proche du patient et risque de recevoir des doses élevées doivent faire l'objet d'une attention particulière. Les études de postes de travail ont montré que, dans les situations les plus défavorables (au niveau hépatique en radiologie interventionnelle), les doses aux extrémités sont de l'ordre de 250 mSv/an soit la moitié de la limite de dose. En médecine nucléaire, les situations les plus critiques se rencontrent lors de la manipulation de fluor 18.

Suivi des travailleurs exposés à l'amiante

Dans le cadre du suivi post-professionnel de travailleurs ayant été exposés à l'amiante, l'IRSN a été chargé de l'évaluation des doses reçues lors des examens scanographiques associés à ce suivi. Un rapport a été remis au ministère chargé du Travail en octobre 2005. Pour cette évaluation, 187 examens scanographiques ont été considérés avec une dose efficace moyenne par examen de 3,9 mSv. Cette dose est inférieure au niveau de référence diagnostique de la scanographie pour l'examen standard des poumons, qui est de l'ordre de 8,5 mSv.



Radioprotection dans les installations de radiothérapie

En 2005, l'IRSN a lancé en appui de la DGSNR une étude qui vise à répondre à des préoccupations des radiothérapeutes ou des radiophysiciens. L'Institut est en effet régulièrement consulté pour donner un avis sur des projets de construction ou de réaménagement de salles de radiothérapie. À ces demandes se sont ajoutées récemment des préoccupations des utilisateurs d'accélérateurs linéaires concernant la protection à l'égard des neutrons produits par les appareils de plus de 10 MV. Ces travaux permettent d'apprécier l'importance de la configuration de la salle ainsi que du type d'appareil utilisé en radiothérapie.

Évaluation dosimétrique pour de nouvelles technologies en radiologie

En 2005, l'IRSN a participé, à la demande des professionnels concernés, à l'évaluation de deux nouvelles techniques d'imagerie en trois dimensions en radiologie dentaire. Les doses ont été comparées à celles d'examen similaires réalisés par scanner. Pour le système « Newtom », les doses à la peau et aux glandes salivaires sont inférieures respectivement d'un facteur deux et d'un facteur trois à celles d'un examen par scanner classique. Pour le système « Accuitomo », les doses à la peau et aux glandes salivaires sont comparables à celles reçues lors d'un examen par scanner classique dont les paramètres d'acquisition ont été optimisés.

Exposition des femmes enceintes

En réponse à des demandes de radiologues ou de gynécologues, l'IRSN a réalisé en 2005 des évaluations dosimétriques pour 54 patientes enceintes ayant subi un ou plusieurs examens radiologiques. Les examens correspondants se répartissent entre la radiologie conventionnelle (26 cas), la scanographie (26 cas), la médecine nucléaire (un cas) et la radiothérapie (un cas). Les doses estimées reçues par le fœtus vont de quelques mGy (24 % des cas) à 30-51 mGy (5,5 % des cas). 51 cas avaient été étudiés en 2004 et les doses se répartissaient sensiblement de la même façon.

Par rapport aux recommandations internationales et à celles de la publication 84 de la CIPR en particulier, toutes ces doses sont inférieures à la valeur de 100 mGy, seuil au-dessus duquel il peut y avoir un préjudice pour le fœtus, dont l'ampleur et la nature dépendent de la dose et du stade de la grossesse.

PRESTATIONS EN RADIOPROTECTION OPÉRATIONNELLE

Les prestations de l'IRSN en radioprotection opérationnelle en France mais aussi à l'étranger concernent des entités de toutes sortes qui détiennent ou utilisent des sources de rayonnements



Certaines interventions nécessitent la mise en œuvre des moyens de téléintervention de l'IRSN. Ici le robot Romain.

ionisants. Les prestations correspondent à des activités de conseil, d'étude, d'expertise ou d'analyse radiologique (sources scellées ou non scellées, sites pollués, équipements ou installations). Il peut également s'agir d'interventions, notamment en

situation dégradée (mise en sécurité de sources, dépistage et mesures du radon). En 2005, l'Institut a ainsi réalisé 112 prestations, tous types confondus, auprès d'établissements publics ou privés et de particuliers.

Expertise radiologique d'un appareil en vue de son importation en France



L'appareillage expertisé par l'IRSN en Australie avant son importation en France.

L'IRSN a été sollicité par la société importatrice PLCD pour réaliser une expertise radiologique d'un appareil d'analyse des éléments chimiques contenus dans le ciment, fabriqué en Australie et utilisant une source neutronique de californium 252 d'environ 1 GBq. Une équipe de l'IRSN est ainsi intervenue à Adélaïde dans les locaux du fabricant Scantech pour réaliser des mesures de radioactivité. Elle a pu évaluer le risque d'exposition aux rayonnements ionisants et vérifier les différents systèmes de protection et de sécurité.

L'expertise a permis de déterminer les précautions particulières à prendre lors de l'implantation de l'appareillage dans les cimenteries ainsi que de proposer des améliorations concernant la protection, la sécurité et la signalisation.

[FOCUS]



[FOCUS]

Stabilisation du sarcophage du réacteur accidenté de la centrale de Tchernobyl



L'IRSN poursuit son activité d'assistance à l'autorité de sûreté ukrainienne.

Les travaux de stabilisation des structures actuelles du sarcophage qui entoure le réacteur n° 4 se sont poursuivis et intensifiés sur le site de Tchernobyl durant l'année 2005. Démarrés en 2004, ces travaux devraient être achevés vers la fin de l'année 2006. En parallèle, l'activité d'assistance à l'autorité de sûreté ukrainienne menée par l'IRSN a été poursuivie en apportant un support à l'organisme d'appui technique ukrainien (SSTC) pour évaluer un grand nombre de dossiers de sûreté transmis par l'exploitant. Ces dossiers de sûreté concernent les divers domaines du projet : travaux de stabilisation, fondations, conception du nouveau sarcophage, système intégré et automatisé de surveillance, évaluation *a priori* des expositions aux rayonnements pendant le chantier, réglementation pour limiter cette exposition des travailleurs, stratégies de gestion des déchets radioactifs, etc.

[FOCUS]

Riskaudit

Riskaudit est un Groupement européen d'intérêt économique (GEIE) créé en 1992 par l'IPSN et la GRS afin de coordonner des projets internationaux communs. Depuis sa création, Riskaudit a géré plus d'une centaine de projets associant ses deux maisons mères et d'autres organismes techniques de sûreté européens et américains, dans le cadre des programmes d'assistance aux pays d'Europe de l'Est en matière de sûreté nucléaire, financés par la Commission européenne et la Banque européenne pour la reconstruction et le développement (BERD).

Riskaudit dispose d'un siège situé à Châtillon (Hauts-de-Seine) et de deux bureaux permanents à Moscou (Russie) et à Kiev (Ukraine).

COLLABORATION AVEC LES PAYS D'EUROPE DE L'EST

La sûreté nucléaire dans les pays d'Europe de l'Est demeure un sujet majeur de l'action internationale de l'IRSN en partenariat avec d'autres organismes techniques de sûreté européens et ceux des pays concernés.

La collaboration avec les pays d'Europe de l'Est se traduit par le développement de cadres réglementaires, le transfert de codes de calcul et la formation à leur utilisation, mais surtout par la réalisation d'évaluations de sûreté.

Ces évaluations concernent la définition d'objectifs ou d'exigences de sûreté, la détermination d'améliorations nécessaires, l'évaluation des programmes d'amélioration correspondants, ainsi que l'analyse des solutions détaillées proposées par les exploitants. Dans ce cadre, l'IRSN a pris part en 2005 à une quarantaine de projets, notamment des revues de sûreté relatives à des réacteurs RBMK en Lituanie et en Russie, et à des réacteurs VVER en Ukraine.

Cette coopération est principalement réalisée dans le cadre de contrats gérés par Riskaudit, filiale de l'IRSN et de la GRS, et financés par la Commission européenne (programmes PHARE et TACIS) ou par la BERD.

La coopération dans cette région du monde connaît de nouveaux développements avec la mise en œuvre en Russie et prochainement en Ukraine du « Partenariat mondial de lutte contre la prolifération des armes de destruction massive et des matières connexes » adopté en 2002 par le G8.

Expertises dans le cadre du partenariat mondial du G8

[FOCUS]

La France est un acteur important du partenariat mondial du G8, décidé lors du sommet de Kananaskis en 2002, notamment dans le domaine de la lutte contre la prolifération des armes de destruction massive et contre le terrorisme.

Dans ce cadre, l'IRSN a participé en 2005 à la préparation de plusieurs projets d'appui technique aux autorités de radioprotection ou de sûreté concernées :

- « Réglementation RTG », prestation pour l'amélioration de la réglementation russe applicable au démantèlement des générateurs thermoélectriques à sources radioactives (RTG) ;
- « Kalinine », évaluation des améliorations envisagées par l'exploitant pour la protection contre l'incendie de la centrale de Kalinine (Lituanie) ;
- « AÏDA MOX », mise en place d'une réglementation adaptée à l'élimination du plutonium militaire russe sous forme de combustible MOX.

Système d'arrêt d'urgence du réacteur n° 2 de la centrale d'Ignalina

[FOCUS]

En 2005, l'IRSN a participé à un projet PHARE dédié à une revue de sûreté du nouveau système d'arrêt d'urgence du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire d'Ignalina (Lituanie), en assistance à l'autorité de sûreté lituanienne.

En octobre 2005, l'exploitant de cette centrale nucléaire a achevé l'installation de ce nouveau système d'arrêt d'urgence. Ce système comprend deux sous-systèmes indépendants, chacun d'eux étant capable d'arrêter le réacteur en cas de nécessité.



Chiffres clés 2005

Chiffres clés 2004

132 avis techniques relatifs à la sûreté des installations et activités intéressant la défense

103

13 réunions de commissions de sûreté et de groupes restreints d'experts

9

4 exercices de crise relatifs à la sûreté des installations intéressant la défense

3

183 inspections relatives au contrôle de matières nucléaires

198

1 exercice de crise relatif à la sécurité des installations

1



EXPERTISE NUCLÉAIRE DE DÉFENSE

En application du décret relatif à l'IRSN en date du 22 février 2002, le directeur général adjoint, chargé de la mise en œuvre des missions de l'Institut dans les domaines relevant de la défense, dispose d'une direction spécifique, la Direction de l'expertise nucléaire de défense (DEND). Celle-ci réalise des activités d'expertise, de contrôle, d'étude et de recherche relatives à la sûreté et la radioprotection des installations et activités intéressant la défense, à la protection et au contrôle des matières nucléaires et sensibles et à la protection des installations nucléaires et des transports de matières radioactives et fissiles contre les actions de malveillance.

150

Évaluation de la sûreté des systèmes nucléaires militaires, des installations nucléaires de base secrètes et des transports intéressant la défense

154

Protection et contrôle des matières nucléaires et sensibles

159

Protection contre les actions de malveillance

Évaluation de la sûreté des systèmes nucléaires militaires, des installations nucléaires de base secrètes et des transports intéressant la défense



APPUI TECHNIQUE
EN MATIÈRE DE RISQUE
NUCLÉAIRE ET
RADIOLOGIQUE



APPUI OPÉRATIONNEL
EN CAS DE CRISE OU DE
SITUATION D'URGENCE
RADIOLOGIQUE

L'IRSN a examiné en 2005 la sûreté d'installations et de transports intéressant la défense nationale, sur la base de dossiers fournis par les exploitants, et a transmis les avis correspondants au délégué à la sûreté et à la radioprotection des installations et activités nucléaires intéressant la défense (DSND). Les installations concernées peuvent être au stade de la conception, de l'exploitation, de la mise à l'arrêt définitif ou du démantèlement.

Activités relatives aux laboratoires et usines intéressant la défense

En 2005, l'IRSN a examiné la sûreté des installations, exploitées par le CEA (direction des applications militaires) ou par Cogema, qui mettent en œuvre les procédés nécessaires à l'approvisionnement et à la fabrication des armes ainsi qu'à la fabrication

du combustible des réacteurs nucléaires de propulsion navale.

L'IRSN a examiné la sûreté de la gestion des déchets radioactifs du centre CEA de Valduc (Côte-d'Or) sur la base notamment de l'étude « déchets » et des « plans déchets » annuels présentés par l'exploitant. Cette expertise a porté sur :

- ▣ le « zonage déchets » des installations ;
- ▣ la stratégie de l'exploitant en matière de gestion des déchets ;
- ▣ les perspectives de traitement des déchets du centre de Valduc ;
- ▣ les évolutions des types et des quantités de déchets produits par le site.

Le dossier de l'exploitant ainsi que le rapport d'évaluation associé de l'IRSN ont servi de support à la réunion de la Commission de sûreté du 26 mai 2005 chargée de la gestion des déchets (CSGD).

L'IRSN a assuré un suivi de l'établissement Cogema de Marcoule (Gard) et des installations qui y sont implantées. Dans ce cadre, l'Institut a transmis des avis relatifs :

- ▣ aux installations d'entreposage et de conditionnement des déchets, ces avis ont concerné en particu-



Vue générale de Marcoule - au centre l'usine UP1.



Transport de matières radioactives par camion-citerne.

Activités relatives aux transports de matières radioactives intéressant la défense

Un nouveau type d'emballage de transport de matières radioactives, qui permettrait de transporter des matières d'activité élevée par voie aérienne, a été développé depuis 1996 par le CEA (Direction des applications militaires - DAM). Ce type d'emballage doit résister à des conditions d'accident représentatives des accidents du transport aérien, sans perte significative du confinement et sans augmentation significative des débits de dose à l'extérieur du colis. L'IRSN a suivi son développement et a instruit en 2005 le dossier de sûreté correspondant. Celui-ci a fait l'objet d'échanges techniques très poussés entre le CEA (DAM) et l'IRSN, notamment concernant le comportement mécanique de l'emballage lors d'un impact à grande vitesse. L'avis de l'IRSN sur la sûreté de ce colis a été présenté devant la Commission de sûreté des transports (CST).

lier l'entreposage intermédiaire polyvalent, la mise en service de fosses d'entreposage et le réexamen de la sûreté de l'Installation d'entreposage et de conditionnement des déchets alpha (IECDA). Les avis correspondants ont été présentés devant la CSGD et la Commission de sûreté des laboratoires et usines (CSLU) ;

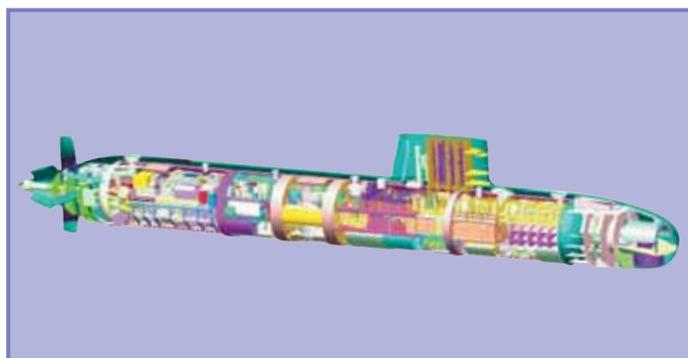
- ▶ aux prescriptions générales de sûreté de l'Installation nucléaire de base classée secrète (INBS) ;
- ▶ aux opérations prévues dans le cadre de la poursuite de la mise à l'arrêt définitif et du démantèlement de l'usine UP1 et de l'atelier de dégainage ;
- ▶ à l'évacuation, après reconditionnement, d'étuis d'aiguilles vers Cadarache (Bouches-du-Rhône) ;
- ▶ à l'entreposage d'étuis d'aiguilles de combustibles irradiés ;
- ▶ à la mise en service d'une station de mesure de l'activité des déchets technologiques ;
- ▶ à la prolongation pour cinq ans d'un entreposage de déchets provenant des opérations de mise à l'arrêt définitif de l'usine UP1.

L'IRSN a assuré un suivi de l'établissement Cogema de Pierrelatte (Drôme) et des installations qui y sont implantées. À cet égard, l'Institut a transmis des avis relatifs :

- ▶ à la mise en exploitation du parc d'entreposage de matières uranifères P35 ;
- ▶ aux opérations de démantèlement des annexes des usines de diffusion gazeuse (UDG).

Pour la base aérienne d'Istres, et dans le cadre de la démarche de création d'une nouvelle INBS, l'IRSN a donné un avis sur la démonstration de sûreté du génie civil vis-à-vis du séisme.

Par ailleurs, une revue concernant la réglementation des transports de matières radioactives, a lieu tous les deux ans avec la soumission à l'AIEA de propositions et de modifications par les États membres et les organisations internationales (ISO, CEE, etc.). 40 propositions ont été acceptées par le comité de révision de la réglementation de l'AIEA et transmises pour commentaires aux États membres et aux organisations internationales. L'IRSN a donné un avis sur 11 propositions qu'il a estimées les plus importantes pour la sûreté et a présenté cet avis à la Commission de sûreté des transports (CST) à la demande du DSND.



Projet Barracuda : maquette de SNA.



Le *Saphir*, sous-marin nucléaire d'attaque (SNA).

Enfin, l'IRSN a expertisé des dossiers concernant des transferts internes aux sites de Pierrelatte, Cadarache, Marcoule et Valduc, ainsi que des dossiers d'emballages de transport utilisés sur la voie publique.

Activités relatives aux réacteurs de propulsion navale

Les expertises réalisées par l'IRSN en 2005 ont concerné la conception, l'exploitation et le démantèlement d'installations et notamment de réacteurs liés à la propulsion navale.

Concernant la conception, l'année 2005 a été marquée par la poursuite de l'instruction du rapport préliminaire de sûreté des sous-marins nucléaires d'attaque (SNA) de nouvelle génération de type Barracuda, qui a fait l'objet de deux réunions de la Commission de sûreté des réacteurs. À l'issue de l'instruction, qui doit aboutir au cours du premier semestre 2006, le DSND se prononcera sur l'autorisation de réalisation de la première chaufferie de ce type.

Concernant le suivi en exploitation, les travaux réalisés en 2005 ont notamment porté sur la revue de sûreté des SNA, le premier « entretien majeur » du sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE) *Le Triomphant* et le bilan de l'exploitation pour l'année 2004 des chaufferies nucléaires embarquées.

Revue de sûreté des SNA de type Rubis : En avril 2005, l'IRSN a présenté à la Commission de sûreté

des réacteurs son avis sur la démarche générale de la revue de sûreté des SNA de type Rubis, ainsi que sur la méthode d'étude des scénarios d'accidents. L'instruction technique de la revue de sûreté des SNA, dont le premier navire du type a été mis en service en 1983, doit s'étendre jusqu'en 2008. Une revue de sûreté consiste principalement en un examen de la conformité des installations à leur référentiel initial de sûreté et des principaux événements survenus au cours de l'exploitation, complété par une reprise de la démonstration de sûreté tenant compte de l'évolution des exigences pour une installation nouvelle. Cet exercice pourra aboutir à la définition de modifications visant à renforcer le niveau de sûreté global des installations.

Entretien majeur : L'année 2005 a également été marquée par le premier examen exhaustif des travaux et visites menés lors d'une phase d'entretien majeur d'un bâtiment à propulsion nucléaire. Il a consisté à analyser la politique de maintenance et l'organisation associée mises en place lors d'une telle phase, mais également les modifications importantes pour la sûreté apportées aux installations en tenant compte des demandes formulées par le DSND, le contour et les résultats des contrôles réalisés sur les différentes « barrières » de confinement, ainsi que le programme et les modalités de requalification de la chaufferie nucléaire et des installations supports.



Le *Triomphant*, sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE).

Bilan d'exploitation annuel : L'examen annuel du bilan d'exploitation des chaufferies nucléaires embarquées comprend une analyse des incidents survenus et des faits marquants en termes de formation, d'organisation, de gestion des effluents et des déchets et de suivi de l'évolution des réacteurs. En 2005, cet examen a été complété par une évaluation de la fiabilité en exploitation des équipements de production d'électricité des SNLE de type Le *Triomphant*. Concernant le démantèlement, l'année 2005 a principalement été marquée par les examens relatifs à la mise à l'arrêt définitif de la chaufferie du SNLE L'*Indomptable* et de ses installations supports, ainsi qu'à ses modalités de déclasserment. Enfin, l'IRSN a également analysé deux dossiers particulièrement importants du point de vue de la sûreté :

- ▣ les scénarios proposés par l'exploitant pour l'élaboration du plan particulier d'intervention relatif au port de Toulon (Var) ;
- ▣ les conditions de réalisation des épreuves réglementaires de résistance des circuits primaires principaux des chaufferies nucléaires embarquées.

Activités relatives aux sources radioactives

En 2005, dans le cadre de la mise en œuvre progressive de la nouvelle réglementation en matière de radioprotection, l'IRSN a répertorié une vingtaine d'installations dont les sources radioactives sont désormais contrôlées par le DSND. Ce nombre devrait encore évoluer compte tenu du transfert au DSND du contrôle d'installations qui disposaient d'une autorisation délivrée par la CIREA (Commission interministérielle des radioéléments artificiels) avant 2002. Pour ces installations, l'IRSN assure un suivi des mouvements de sources en délivrant les formulaires nécessaires et en les enregistrant dans l'inventaire national.

Activités relatives aux plans d'urgence internes (PUI)

En 2005, l'IRSN a transmis des avis techniques concernant les révisions des PUI d'installations classées secrètes. Ils ont concerné :

- ▣ la partie opérationnelle du PUI de l'établissement Cogema de Marcoule ;
 - ▣ les situations accidentelles servant de base à l'élaboration du PUI du centre CEA de Valduc.
- Cette dernière expertise a consisté à examiner l'ensemble des situations accidentelles retenues,



puis à évaluer, pour chaque situation, les moyens de détection et d'alerte, les moyens d'intervention, les rejets ainsi que les conséquences radiologiques calculées par l'exploitant.

D'une manière générale, l'IRSN a des difficultés à faire face à l'accroissement du plan de charge résultant de la mise à jour des PUI des installations nucléaires dans les domaines intéressant la défense comme ceux des installations à des fins civiles.

Exercices de crise

En 2005, l'IRSN a participé à quatre exercices nationaux de crise concernant des Installations nucléaires de base secrètes (INBS) :

- ▣ les réacteurs CELESTIN de l'établissement Cogema de Marcoule ;
- ▣ la base aérienne de Saint-Dizier (Haute-Marne) ;
- ▣ un atelier du centre CEA de Valduc ;
- ▣ un SNLE dans la base de l'Île-Longue.

Ces différents scénarios ont permis de tester les relations de l'IRSN avec l'autorité de sûreté (DSND) et avec les exploitants des installations concernées.

Protection et contrôle des matières nucléaires et sensibles



APPUI TECHNIQUE
EN MATIÈRE DE RISQUE
NUCLÉAIRE ET
RADIOLOGIQUE



DÉFINITION ET
MISE EN ŒUVRE
DE PROGRAMMES DE
RECHERCHE NATIONAUX
ET INTERNATIONAUX

La protection et le contrôle des matières nucléaires et sensibles comportent plusieurs volets : la protection physique, le suivi et la comptabilité des matières nucléaires, le suivi des transports et l'application des contrôles internationaux de non-prolifération des armes chimiques et nucléaires.

PROTECTION PHYSIQUE DES MATIÈRES NUCLÉAIRES

Activités d'expertise et d'inspection

L'IRSN apporte une expertise technique aux pouvoirs publics pour leur permettre d'apprécier l'efficacité des dispositions de protection physique adoptées ou proposées par les exploitants nucléaires et les détenteurs de matières nucléaires. À ce titre, l'IRSN analyse les rapports demandés par la réglementation et organise des réunions techniques avec les opérateurs dans le cadre de l'instruction des dossiers.

Par ailleurs, certains agents de l'IRSN effectuent pour le compte du Haut fonctionnaire de défense (HFD) du Minefi des inspections dans les installations détenant des matières nucléaires, afin de vérifier *in situ* la mise en place et le caractère opérationnel des dispositions de protection et de contrôle prises à l'égard des risques de perte, de vol ou de détournement des matières nucléaires et de protection des installations contre les actions de malveillance.

Dans ce but, l'Institut a réalisé 51 inspections et traité, au cours de l'année 2005, environ 130 demandes d'analyses de dossiers fournis par les exploitants et détenteurs, dont une centaine ont donné lieu à un rapport d'analyse.

Lors de certaines inspections, l'Institut a effectué des mesures *in situ* de caractéristiques physiques de dispositifs de protection.

Évaluations réalisées lors d'inspection

L'IRSN évalue les performances des dispositifs de protection physique installés par les exploitants nucléaires pour empêcher tout vol ou détournement de matières nucléaires. Au cours de l'année 2005, plusieurs sites ont fait l'objet de telles évaluations, avec un accent particulier sur les clôtures électriques. Cette action se poursuivra au cours de l'année 2006. Les essais et les évaluations concernent à la fois la vérification des prescriptions techniques des fabricants de matériels et l'adaptation de ces matériels à l'objectif recherché.

Les évaluations concernent notamment les deux fonctions « détecter » et « retarder ».



Barrière de protection physique.

56 missions
d'accompagnement des
inspecteurs internationaux
pour le contrôle des matières
nucléaires et sensibles
(32 en 2004)

42 participations
à des groupes de travail
nationaux ou internationaux
(54 en 2004)

Détecter

La détection donne une réponse par oui ou par non et conduit, le cas échéant, à une intervention des forces de réponse. Pour analyser de plus près cette fonction, l'IRSN examine successivement les éléments physiques de détection (avec leurs principes de fonctionnement), la transmission de l'information à un poste de garde et la prise en compte de l'information par l'agent en poste.

Ces trois étapes sont appréciées par des tests sur le terrain de façon à tenir compte des spécificités des installations (distances entre bâtiments, localisation du poste de garde, superficie de la zone à surveiller, etc.). Dans le cas des clôtures électriques, plusieurs systèmes de détection de franchissement sont utilisés, dont certains nécessitent le réglage des seuils. Il est fondamental de s'assurer que les réglages effectués par les exploitants conduisent bien à la détection d'une tentative d'intrusion.

Retarder

Cette fonction repose, dans le cas des clôtures électriques, sur l'association d'une barrière physique constituée par la clôture avec la présence d'un signal électrique impulsif. La haute tension du signal électrique, testée lors des essais sur site, garantit la fonction répulsive.

SUIVI ET COMPTABILITÉ DES MATIÈRES NUCLÉAIRES

Activités d'expertise et d'inspection

L'IRSN effectue, à la demande du Haut fonctionnaire de défense (HFD) du Minefi, un examen des dispositions prises par les exploitants et détenteurs en termes de suivi et de comptabilité des matières nucléaires détenues dans les installations, afin notamment :

- ▶ de connaître de façon précise, en quantité et en qualité, toutes les entrées et sorties de matières nucléaires de leurs installations ;
- ▶ d'assurer un suivi de ces matières, c'est-à-dire de connaître en permanence leur localisation, leur utilisation et les opérations (mouvements, transformations, etc.) qu'elles subissent ;
- ▶ de vérifier que le stock réel des matières détenues est conforme à la comptabilité que les exploitants et détenteurs ont l'obligation de tenir à jour.

L'IRSN propose les actions correctives qui lui paraissent nécessaires, en particulier à l'égard des risques de vol, de perte ou de détournement de matières nucléaires. Il s'assure ensuite que les demandes du HFD sont bien suivies d'effet, et lui en rend compte.

Par ailleurs, certains agents de l'IRSN effectuent, pour le compte du HFD, des inspections dans les installations autorisées à détenir des matières nucléaires afin de s'assurer que les référentiels applicables à la détention de ces matières sont bien respectés.

Pour mémoire, la réglementation distingue les installations relevant du régime de l'autorisation de celles soumises à déclaration, selon la nature et les quantités de matières détenues.

Dans ce cadre, l'IRSN a réalisé au cours de l'année 2005 :

- ▶ 128 analyses de dossiers transmis par les exploitants qui ont nécessité une quarantaine de réunions techniques et produit 113 analyses de comptes-rendus d'inventaire de matières nucléaires ;
- ▶ 79 inspections chez les exploitants relevant du régime de l'autorisation. L'Institut a par ailleurs effectué une vingtaine de visites techniques d'installations relevant du régime de la déclaration.

Évolution de la comptabilité

Le nouveau règlement Euratom 302/2005 est entré en vigueur le 20 mars 2005. L'IRSN, qui est chargé par le HFD de fixer les règles de déclaration comptable des matières nucléaires, de centraliser les données comptables transmises par les détenteurs et de transmettre les déclarations destinées à la Commission européenne, est directement concerné par les évolutions introduites par le nouveau règlement. Ces évolutions concernent le formalisme des rapports comptables et des documents destinés à la Commission, ainsi que l'extension du contrôle européen aux déchets de l'industrie nucléaire qui n'étaient jusqu'ici soumis qu'au contrôle national et à la fourniture d'informations supplémentaires.

L'action de l'IRSN a comporté un suivi des négociations préliminaires à la publication du règlement 302/2005, une présentation du texte aux exploitants français et une étude d'impact sur la gestion des matières nucléaires en France.

À la suite de cette étude, deux groupes de travail ont été organisés par l'Institut avec les représentants des exploitants nucléaires français. Le premier a traité des évolutions nécessaires à court terme. Ses travaux ont conduit à des décisions de modifications du système informatique de la comptabilité nationale pour permettre aux exploitants de répondre aux nouvelles obligations, relatives à la gestion comptable des déchets, à partir du mois de juillet 2006. Le second groupe de travail traite des évolutions de fond dont la mise en œuvre doit intervenir avant mars 2008. Il a pour but d'harmoniser les modalités d'application des réglementations nationale et européenne, et prévoit une évolution sensible des systèmes comptables des exploitants. L'évolution concernera également le formalisme des déclarations comptables nationales qui comporteront les informations supplémentaires requises par le règlement 302/2005. Les décisions de ce groupe de travail permettront d'établir les spécifications nécessaires à la mise en œuvre des modifications du système comptable français et du système informatique de la comptabilité nationale prévues en 2006-2007. Une mise à jour du référentiel réglementaire de codification des déclarations comptables nationales est également nécessaire et sera réalisée en 2006.

TRANSPORTS DE MATIÈRES NUCLÉAIRES

Au sein de l'IRSN, l'Échelon opérationnel des transports (EOT) assure, pour le compte du HFD du Minefi, des missions opérationnelles dans le domaine de la protection et du contrôle des matières nucléaires en cours de transport. Les moyens de transport routiers utilisés pour réaliser ces déplacements font l'objet d'une procédure d'agrément de la part du Minefi à laquelle l'IRSN participe en expertisant les dossiers de conception, en effectuant des actions de suivi des fabrications et en réalisant des contrôles de conformité périodiques. Ainsi, l'EOT a assuré en 2005 la gestion et le suivi de 1 558 transports.

Parmi ceux-ci, il convient de mentionner un transport international particulièrement sensible dont la première phase avait débuté en 2004 : le transport de matières nucléaires pour la fabrication en France de combustibles MOX destinés à un réacteur aux États-Unis (projet EUROFAB). L'EOT a instruit les



Conteneur d'éléments combustibles expérimentaux irradiés.

dossiers décrivant les mesures de protection physique des matières nucléaires lors de leur transfert entre l'Atelier de technologie du plutonium (ATPu) de Cadarache (Bouches-du-Rhône) et l'usine MELOX, puis entre cette dernière et l'usine de La Hague (Manche), enfin lors de l'embarquement sur le navire assurant la traversée jusqu'aux États-Unis. L'EOT a également réalisé un suivi en temps réel par satellite de l'ensemble de ces mouvements 24 heures sur 24 jusqu'à la sortie du navire des eaux territoriales françaises (voir Focus page de droite).

CONTRÔLES INTERNATIONAUX DE NON-PROLIFÉRATION

Certains traités internationaux de lutte contre la prolifération des armes de destruction massive, nucléaires et chimiques, mettent en place des systèmes de vérifications. En France, l'IRSN apporte son concours et son appui techniques aux autorités en charge du suivi de ces contrôles.

Bien que différents, les systèmes de contrôle mis en place par le traité de non-prolifération, le traité de Rome ou la convention sur l'interdiction des armes chimiques reposent tous sur la vérification par des fonctionnaires internationaux, dans les installations déclarées, des informations transmises par les États aux organismes internationaux de contrôle (AIEA, Euratom, OIAC).

Dans ce cadre, l'IRSN intervient pour le compte

des autorités françaises en collectant et en préparant les déclarations françaises à transmettre aux organismes de contrôle.

L'Institut a également pour mission de s'assurer du bon déroulement des inspections internationales dans les installations nucléaires ou chimiques françaises. Dans ce but, il prépare les inspections, accompagne l'équipe d'inspection en tant que représentant des autorités françaises et veille au respect des modalités pratiques du contrôle.

Dans son rôle d'appui technique, l'IRSN procède à l'analyse de la documentation technique due par les assujettis aux organismes de contrôle, avant que celle-ci ne leur soit adressée. Il assiste les autorités françaises en analysant et en suivant les évolutions de la réglementation nationale ou internationale afférente au domaine de la lutte contre la prolifération. Il participe, en tant que de besoin, aux travaux interministériels ou aux groupes d'experts internationaux mis en place par l'Organisation pour l'interdiction des armes chimiques (OIAC) ou l'AIEA.

Chimie

Durant l'année écoulée, l'IRSN a ainsi préparé et transmis au ministère des Affaires étrangères, à destination de l'OIAC :

- ▶ la déclaration des activités de l'année 2004 des 144 sites chimiques français recensés ;
- ▶ la déclaration des activités prévues en 2006 par ces sites.

L'IRSN a accompagné les huit inspections que l'OIAC a diligentées dans les installations chimiques du secteur civil français. Aucune de ces inspections n'a appelé de suite de la part de l'OIAC.



Échantillons pour le contrôle Euratom.

L'Institut a également participé à l'ensemble des travaux des groupes d'experts de l'OIAC visant à proposer les modalités pratiques des inspections des installations civiles dans le monde.

Protection et contrôle des matières nucléaires lors de l'opération EUROFAB

[FOCUS]



Transport maritime de matières nucléaires.

La fabrication par Cogema de quatre assemblages MOX avec du plutonium en vue de son utilisation dans les réacteurs électrogènes américains (opération EUROFAB) a concerné l'IRSN à plusieurs titres. Au cours des années 2004 et 2005, l'Institut a été sollicité :

- ▶ pour la vérification des autorisations et des agréments des équipements de transport, l'approbation des plans de transport et le suivi des transports maritimes et terrestres, dont celui très médiatisé d'octobre 2004 entre La Hague et Cadarache comme mentionné précédemment ;
- ▶ pour l'évaluation et le contrôle des dispositifs de protection physique et de détection des matières nucléaires ;
- ▶ en termes de suivi et de comptabilité des matières nucléaires, pour l'analyse du caractère suffisant de la campagne préparatoire de remise en fonctionnement de la ligne de fabrication de l'ATPu à Cadarache, et la pertinence des contrôles de réception du plutonium étranger ainsi que des contrôles en cours de fabrication, et de la validité des méthodes d'analyses de la matière mises en œuvre ;
- ▶ pour l'étude du comportement du colis FS47 en cas d'action de malveillance.



Préparation de la déclaration annuelle dans le cadre de l'application du protocole additionnel français.

Nucléaire

En 2005, l'IRSN a préparé et transmis à la Commission européenne :

- ▶ plus de 160 000 lignes de déclaration d'opérations portant sur des matières nucléaires ;
- ▶ plus de 500 000 lignes de déclaration de stocks physiques ;
- ▶ plus de 650 avis préalables d'importation ou d'exportation.

L'Institut a préparé et transmis au comité technique Euratom :

- ▶ le programme prévisionnel des activités des installations nucléaires françaises déclarées ;
- ▶ la liste des quelque 250 détenteurs français de faibles quantités de matières nucléaires (ainsi que l'état de leurs stocks).

Il a également préparé et transmis au gouverneur pour la France auprès de l'AIEA :

- ▶ les rapports comptables mensuels et semestriels des stocks de matières nucléaires à transmettre à l'AIEA ;
- ▶ les rapports comptables mensuels et semestriels relatifs aux transferts internationaux de matières brutes et de minerais ;
- ▶ le projet de déclaration annuelle de la France sur ses activités de recherche et développement et de coopération avec les États non dotés d'armes nucléaires (dans le cadre de l'application du protocole additionnel aux accords de garanties) ;
- ▶ les projets de déclarations trimestrielles de la France à l'AIEA, relatives à l'exportation d'équipements ou de matières non nucléaires (dans le même cadre).

L'Institut a accompagné 48 inspections de la Commission européenne dans le cadre de contrôles d'inventaires (35) et de vérifications des dossiers dits de « caractéristiques techniques fondamentales » des installations (13).

L'activité de l'IRSN en 2005 a été très influencée par la révision du règlement Euratom 302/2005 et par la décision de la Commission européenne de modifier profondément sa manière de contrôler les installations. La révision du règlement Euratom impose une extension des contrôles aux déchets. La décision vise à accroître la dimension qualitative du contrôle, notamment par le biais d'audits des systèmes de gestion des matières nucléaires des exploitants. Dans ce contexte, l'IRSN a participé à de nombreuses réunions de concertation avec les services de la Commission européenne ainsi qu'avec les exploitants nucléaires français.

Protection contre les actions de malveillance

Les dispositions retenues au niveau international pour lutter contre les actions terroristes ou malveillantes ont renforcé le besoin déjà identifié au niveau national d'améliorer la réglementation relative à la protection des installations nucléaires, des sources radioactives ou des transports de matières nucléaires contre les actions de malveillance.



APPUI TECHNIQUE
EN MATIÈRE DE RISQUE
NUCLÉAIRE ET
RADIOLOGIQUE



DÉFINITION ET
MISE EN ŒUVRE
DE PROGRAMMES DE
RECHERCHE NATIONAUX
ET INTERNATIONAUX

Évolution des textes réglementaires

L'IRSN a participé en 2005 aux travaux engagés en vue de renforcer et d'harmoniser, dans le cadre du code de la défense, la réglementation relative à la protection des matières nucléaires à l'égard des risques de vol ou de détournement et celle relative à la protection des matières et des installations nucléaires contre les risques de sabotage. Ainsi, l'IRSN a été associé à la rédaction d'un projet de décret pris en application des articles L.1333-1 et suivants du code de la défense. L'Institut a également participé à la mise au point d'un nouveau jeu de menaces de référence destinées au dimensionnement et à la vérification du caractère adéquat des systèmes de protection physique des installations nucléaires. Enfin, l'IRSN a été impliqué dans les travaux menés par le Secrétariat général de la défense nationale (SGDN) concernant l'évolution de la réglementation relative aux matières relevant de la dissuasion nucléaire.

Sécurité des sources radioactives

L'IRSN a lancé en 2005 un programme de travail visant au renforcement de la sécurité des sources radioactives à l'égard des actions de malveillance. L'objectif général de ce programme est de mieux apprécier les risques d'utilisation malveillante de sources radioactives et de préparer l'élaboration de propositions de mesures techniques ou réglementaires permettant la réduction de ces risques.

En 2005, une première étude a été réalisée afin d'identifier les types de sources et les situations présentant les risques les plus importants. L'étude a comporté trois étapes principales :

► le recensement des sources radioactives et leur regroupement selon différents types ou familles ;

► une évaluation de leur sensibilité, c'est-à-dire des conséquences possibles d'une action malveillante sur l'homme et l'environnement ;

► une évaluation de leur vulnérabilité, à savoir la possibilité de réussite d'une action malveillante, pour les familles de sources radioactives présentant les risques les plus élevés.

Le travail réalisé en 2005 a principalement porté sur les sources radioactives scellées.



Échanges entre experts au cours d'une réunion au sein de la Direction de l'expertise nucléaire de défense.

Études et développement d'outils d'évaluation

L'IRSN a poursuivi au cours de l'année 2005 le développement d'outils d'évaluation des conséquences d'actions de malveillance contre des transports de matières nucléaires. Il s'agit d'outils permettant d'évaluer non seulement la résistance des emballages à un jeu de menaces de référence mais aussi les rejets de radioactivité qui pourraient résulter des dommages causés aux conteneurs.

Dans le cas des transports de combustibles irradiés, il est important de connaître précisément le comportement de la matière dans le cas où un projectile à grande vitesse viendrait à l'atteindre. L'objectif est de préciser les caractéristiques des fragments produits et la fraction dispersable de ces fragments. Dans ce contexte, un groupe de travail international a été constitué en 2000 regroupant la Gesellschaft für Anlagen und Reaktorsicherheit (GRS) pour l'Allemagne, le Department of Energy (DOE), la National Regulatory Commission (NRC) et les Sandia National Laboratories pour les États-Unis, l'IRSN pour la France et l'Office for Civil Nuclear Safety (OCNS) pour le Royaume-Uni. Le groupe a défini un programme de travail expérimental d'étude des dommages subis par un crayon combustible en cas d'agression par un dispositif dit « à haute densité d'énergie », typiquement un engin perforant. L'un des objectifs majeurs des essais est de déterminer les caractéristiques des aérosols produits. Les essais sont prévus en 2007 à Albuquerque (Nouveau-Mexique), sur le site des Sandia National Laboratories.



Exercice d'inventaire de matières nucléaires en situation de crise.

[FOCUS]

La convention sur la protection physique

La révision de la convention sur la protection physique des matières et installations nucléaires étend de manière significative la portée de la convention internationale de 1979 et en renforce l'efficacité. Ce nouveau texte doit beaucoup à la France et, en particulier, au rôle joué par un directeur de l'Institut qui a assuré la présidence du groupe international d'experts chargé d'élaborer les évolutions techniques et juridiques du document.

L'Institut a notamment été associé à la définition des principes de protection physique retenus dans la nouvelle convention, qui couvre désormais l'usage domestique des matières nucléaires et la protection des matières et installations contre le sabotage. Ces principes mettent en avant la responsabilité première des États qui doivent mettre en place un système de protection physique fondé notamment sur l'existence d'un cadre législatif et réglementaire ainsi que sur la désignation d'une autorité compétente. La convention introduit également une référence à de nouveaux délits, afin d'assurer une meilleure protection juridique des matières et des installations contre des risques de vol et de sabotage.

L'acte final de la conférence de révision a été signé le 8 juillet 2005 au siège de l'AIEA à Vienne. L'amendement à la convention entrera en vigueur lorsque les deux tiers des États parties l'auront ratifié.

Auparavant, une importante campagne expérimentale a débuté pour mettre au point le dispositif et sélectionner le substitut du combustible irradié à retenir pour les expériences. Parallèlement à sa participation à ce programme expérimental, l'IRSN a développé en 2005 plusieurs modèles de calcul pour l'évaluation des dommages. Il apparaît aujourd'hui possible de prédire les dommages causés aux crayons et les quantités de fragments produites par une simulation numérique. De tels modèles sont nécessaires pour pouvoir extrapoler les résultats obtenus dans une configuration expérimentale bien précise à un ensemble de cas représentatifs de transports réels.

Exercices de protection des installations

L'IRSN organise à la demande du HFD des exercices de sécurité dans le domaine de la protection des installations en vue de tester les chaînes de décisions et la coordination des intervenants (exploitants, pouvoirs publics). Il anime également les groupes de travail chargés de préparer les exercices et d'en tirer les enseignements.

Ainsi, en 2005, un exercice national de sécurité, le deuxième du genre, s'est déroulé dans la nuit du 9 au 10 septembre 2005 à l'établissement Cogema de La Hague (Manche). Il a mobilisé 150 personnes.

L'IRSN a participé à la définition du scénario avec la collaboration de Cogema et de la police nationale, et a établi le protocole de l'exercice. Dirigé par le représentant du MINEFI (HFD), l'exercice a été animé et observé par des agents de l'Institut. L'IRSN est sollicité pour participer à l'évaluation de cet exercice.

Activités internationales

En 2005, l'IRSN a participé, en tant que formateur ou conférencier, à des cours internationaux organisés par l'AIEA, relatifs aux menaces de référence (en Serbie) ainsi qu'aux principes de protection physique des matières et installations nucléaires (en Iran et en Inde). L'IRSN a en outre développé depuis 2004, en coopération avec le Department of Energy des États-Unis (US DOE), une méthode et une formation concernant le traitement de la menace interne. La formation a été testée en 2005 en République tchèque.

La méthode a ensuite été proposée à l'AIEA. Elle servira de base à une publication dans les documents de type « Tecdoc » de l'Agence. En 2005, l'IRSN a également participé à plusieurs groupes de travail de l'AIEA pour l'élaboration de « Tecdocs » traitant de sujets tels que la définition des menaces de référence, l'identification des zones vitales dans les installations nucléaires ou la sécurité des transports.

Concernant les relations bilatérales avec les États-Unis, des agents de l'Institut ont fait partie de la délégation française invitée par l'US DOE et l'US NRC à assister dans une centrale nucléaire américaine à des exercices de sécurité appelés « force on force ». Concernant les relations multilatérales, l'IRSN, partie prenante de l'ENSRA a rencontré ses homologues à plusieurs reprises au cours de l'année 2005 afin d'échanger de manière informelle sur des sujets d'actualité en matière de sécurité nucléaire.

La culture de sécurité nucléaire



Dans l'esprit de l'acte final de la convention sur la protection physique des matières et installations nucléaires, signé le 8 juillet 2005, l'IRSN a travaillé à l'élaboration de deux documents de doctrine exposant les principes fondamentaux d'une culture de sécurité nucléaire.

Le premier texte est un document susceptible d'être publié par l'AIEA pour répondre aux demandes des États membres. Le second, disponible sur le site Internet de l'IRSN sous le titre *Culture de sécurité dans le domaine nucléaire* est adapté au contexte français. Ce deuxième document précise la notion de culture de sécurité nucléaire et clarifie les rôles et responsabilités de chacune des différentes parties prenantes.

Il s'agit de renforcer la prise de conscience, par tous les acteurs concernés, des conséquences possibles d'un manque d'attention en matière de sécurité des matières et installations nucléaires.

[FOCUS]

Glossaire

A

Accident de criticité

Déclenchement incontrôlé d'une réaction de fission en chaîne au sein d'un milieu contenant des matières fissiles telles que l'uranium 235 ou le plutonium 239

ACQUISITION 4

Version 4 du logiciel d'acquisition des paramètres d'un réacteur EDF supposé accidenté.

ACQUISITION 4 constitue le premier élément du système SESAME, outil informatique du Centre technique de crise (CTC) d'évaluation des rejets radioactifs en cas d'accident affectant un réacteur nucléaire d'EDF

AECL

Organisme de recherche canadien

AEN

Agence de l'Énergie Nucléaire de l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE)

AES 92

Réacteur de génération III développé par Atomstroyexport

AFA 3GLr AA

Advanced Fuel Assembly (2^e génération d'assemblage) - Nom donné à un certain type d'assemblage combustible

AFAQ

Association Française d'Assurance de la Qualité

AFNOR

Association Française de NORmalisation

AFSSET

Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail

AIEA

Agence Internationale de l'Énergie Atomique

ALCADE

Nom d'un mode de gestion du combustible sur certaines centrales françaises

Alpha (symbole α)

Rayonnement composé de noyaux d'hélium,

fortement ionisant mais très peu pénétrant. Une simple feuille de papier est suffisante pour arrêter sa propagation

ALPHA-RISK

Quantification of cancer and non-cancer risks associated with multiple chronic radiation et exposures : epidemiological studies, organ dose calculation and risk assessment - Projet européen sur l'évaluation des risques chroniques des rayonnements sur l'homme

AMANDE

Accélérateur pour la Métrologie et les Applications Neutroniques en Dosimétrie Externe (Cadarache)

ANCLI

Association Nationale des Commissions Locales d'Information

ANDRA

Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

ANL

Argonne National Laboratory (États-Unis)

ANTARES

Projet de réacteur à très haute température, modéré au graphite et refroidi à l'hélium

AP-1000

Réacteur de génération III développé par Westinghouse (États-Unis)

Aplasie

Arrêt ou insuffisance du développement d'un tissu ou d'un organe

APOLLO 2

Code de calcul de neutronique qui permet de calculer les conditions du déroulement d'une réaction nucléaire dans un milieu fissile

APRP

Accident de Perte de Réfrigérant Primaire d'un REP

AREVA

Groupe industriel comprenant les sociétés Areva T et D, Cogema, Framatome, FBFC, Cogema logistics, Framatome ANP, Technicatome et FCI

Assemblage combustible

Faisceau de crayons combustibles, reliés par une structure métallique, utilisé dans les réacteurs nucléaires

ASTEC

Accident Source Term Evaluation Code - Système de logiciels scientifiques simulant le déroulement d'un accident grave de réacteur à eau avec fusion de cœur, de l'événement initiateur jusqu'au rejet de produits radioactifs hors de l'enceinte de confinement. Il est développé conjointement par l'IRSN et la GRS

ASTRAL

ASsistance Technique en Radioprotection postAccidenteLle, code de calcul de l'IRSN servant à quantifier les transferts d'éléments radioactifs en milieu agricole

ATPu

Atelier de Technologie du Plutonium (Cogema)

AVN

Association Vinçotte Nucléaire (Belgique)

B

B₄C

Carbure de bore utilisé comme absorbant neutronique dans certaines barres de commande

BACCARA

Banc d'étalonnage et de test des appareils de mesure du radon et de ses descendants (Saclay)

BANCO

BANc d'étude du COLmatage des filtres (Saclay)

BARC

Bhabha Atomic Research Centre (Inde)

BARRACUDA

Programme dédié à la future génération de sous-marins d'attaque nucléaires français

BECARRE

Essais de dégradation de Barres En Carbure de boRe et RELâchements associés

Becquerel (Bq)

Unité de mesure, légale et internationale, utilisée pour la radioactivité. Le becquerel équivaut à une désintégration par seconde

BEMUSE

Best Estimate Methods Uncertainty and Sensitivity Evaluation - Programme de l'OCDE

Berd

Banque européenne pour la reconstruction et le développement

Bêta (symbole β)

Rayonnement composé d'électrons de charge négative ou positive. Un écran de quelques mètres d'air ou une simple feuille d'aluminium suffisent à l'arrêter

Bfs

Bundesamt für Strahlenschutz - Office fédéral de radioprotection allemand

Biocinétique

Ensemble des cinétiques d'accumulation et d'excrétion d'un élément dans un organisme

BLEVE

Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion - Explosion due à l'expansion des vapeurs d'un liquide en ébullition

BRGM

Bureau de Recherches Géologiques et Minières

C

CABRI

Réacteur d'essais concernant la sûreté du combustible utilisé par l'IRSN (CEA)

CABRI-CIP

CABRI International Program - Programme international Cabri avec une boucle à eau sous pression

Callovo-Oxfordien

Couche de roche sédimentaire de l'époque du Jurassique (160 millions d'années) qui est la couche étudiée dans le laboratoire de Bure

CAMARI

Certificat d'Aptitude à Manipuler des Appareils de Radiographie ou de radioscopie Industrielle

CANDU

CANada Deuterium Uranium - Concept canadien de réacteur à eau lourde

CaPhé-InE

Caractérisation des Phénomènes de transfert en zone Insaturée d'Éléments traces potentiellement toxiques

CAPITOUL

Canopy and Aerosol Particles Interactions in TOulouse Urban Layer - Campagne de mesure pour étudier la météorologie urbaine à Toulouse

CARINEA

Dispositif expérimental pour la CARactérisation pour l'INCendie d'Échantillons Analytiques

CATFISH

Caractérisation AnalyTique de la Filtration Sous Humidité - Banc d'essai (Saclay)

CATHARE

Code de calcul avancé de thermohydraulique pour l'étude du comportement des réacteurs à eau sous pression en situation accidentelle

CCAP

Commission Centrale des Appareils à Pression, organe consultatif placé auprès du ministre chargé de l'Industrie qui regroupe des représentants des diverses professions et des spécialistes des techniques utilisées dans la construction et le contrôle des appareils à pression. La CCAP peut être saisie de toute question touchant à l'application des lois et règlements concernant les appareils à pression

CCE

Commission des Communautés Européennes

CDI

Contrat à Durée Indéterminée

CEA

Commissariat à l'Énergie Atomique

CEFR

China Experimental Fast Reactor (Chine) - Réacteur rapide expérimental chinois

CEI

Commission Électrotechnique Internationale

Cellules hématopoïétiques

Cellules à partir desquelles se forment les différentes cellules sanguines (globules rouges, globules blancs, plaquette)

CERI

Comité Européen sur le Risque de l'Irradiation (ECRR en anglais)

CERN

Centre Européen pour la Recherche Nucléaire (Suisse)

Césium (Cs, numéro atomique 55)

Métal rare dont la biocinétique est analogue à celle du potassium rejetée en quantité importante lors d'accidents nucléaires de réacteur

CFX-5

Logiciel de calcul tridimensionnel de mécanique des fluides

CHIP

Programme expérimental sur la « Chimie de l'Iode dans le circuit Primaire » d'un réacteur à eau sous pression lors d'un accident de fusion du cœur

CHSCT

Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail

CIPR

Commission Internationale de Protection Radiologique

Circuit primaire

Circuit fermé constitué par un ensemble d'appareils assurant la circulation du fluide

caloporteur chargé d'extraire la chaleur dégagée par le cœur d'un réacteur

CIREA

Commission Interministérielle des RadioÉléments Artificiels

CIVA

Plateforme de logiciels permettant de modéliser des contrôles par ultrasons et par courants de Foucault

CLI

Commission Locale d'Information

CMS

Cote Majorée de Sécurité

CNAM-TS

Caisse Nationale d'Assurance Maladie - Travailleurs Salariés

CNNC

China National Nuclear Corporation (Chine) - Compagnie nationale nucléaire de Chine

CNPE

Centre Nucléaire de Production d'Électricité

CNRS

Centre National de la Recherche Scientifique

COFRAC

COmité FRançais d'ACcréditation

COGEMA

COmpagnie GÉnérale des MATières nucléaires, membre du groupe Areva et récemment renommée Areva NC

Combustible nucléaire

Matière fissile (capable de subir des réactions de fission) utilisée dans un réacteur pour y développer une réaction nucléaire en chaîne. Après son utilisation dans un réacteur nucléaire, on parle de combustible irradié

Corium

Cœur de réacteur nucléaire en fusion (combustible et matériaux de structure)

COXST

COmité dédié à l'eXcellence Scientifique et Technique (IRSN)

CPDP

Commission Particulière du Débat Public

CPHR

Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones - Unité scientifique et technique de l'Agence pour l'énergie nucléaire (Cuba)

CRIS

Centre de Ressources en Information Scientifique

CRISTAL

Formulaire de criticité, développé en

collaboration par l'IRSN, le CEA et Cogema. Il a pour objectif l'étude du risque de criticité dans toutes les installations du cycle du combustible nucléaire et les emballages de transport des matières fissiles

Criticité (risques de)

Risques associés aux phénomènes de fission incontrôlés dans les matériaux fissiles

CSGD

Commission de Sûreté chargée de la Gestion des Déchets

CSM

Cellules Souches Mésoenchymateuses

CSLU

Commission de Sûreté des Laboratoires et Usines

CST

Commission de Sûreté des Transports

CTC

Centre Technique de Crise

CTHEN

Centre Technique d'Homologation des Équipements Nucléaires

CTHIR

Centre Technique d'Homologation de l'Instrumentation de Radioprotection

D

DAM

Direction des Applications Militaires du CEA

DATARAD

Base de données des mesures de radioactivité

DECOVALEX

DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiments - Développement des modèles de validation expérimentale dans le domaine des déchets nucléaires

DEND

Direction de l'Expertise Nucléaire de Défense

DDASS

Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales

DDE

Direction Départementale de l'Équipement

DGA

Délégation Générale pour l'Armement

DGSNR

Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection

DISCO

Programme expérimental allemand sur l'échauffement direct de l'enceinte de confinement d'un réacteur lors d'une éjection de corium hors cuve

DISCO

Banc d'essais de DISpersion de COntamination (Saclay)

DISPRO

DISpersion en champ PROche

DIVA

Dispositif pour l'étude de l'Incendie, la Ventilation et l'Aérocontamination (Cadarache)

DOE

Department Of Energy (États-Unis) - Ministère de l'Énergie

Dosimétrie

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

DPPR

Direction de la Prévention des Pollutions et des Risques

DRACCAR

Déformation et Renoyage d'un Assemblage de Crayons Combustibles pendant un Accident de Refroidissement, logiciel de calcul permettant de prévoir le comportement d'un assemblage de crayons combustibles

DRASS

Direction Régionale des Affaires Sanitaires et Sociales

DRH

Direction des Ressources Humaines

DRIRE

Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

DRT

Direction des Relations du Travail

DSND

Délégué à la Sûreté Nucléaire et à la radioprotection pour les activités et les installations intéressant la Défense

DTI

Dose Totale Indicative

E

EBMT

European cooperative group for Blood and Marrow Transplantation - Groupe européen pour la transplantation de sang et de moelle osseuse

EDEN

Évaluation Dosimétrique pour l'ENvironnement

EDF

Électricité De France

EDZ

Excavation Disturbed Zone - Zone d'excavation perturbée

Effet de site

Modification des caractéristiques des mouvements sismiques du fait des propriétés mécaniques des terrains ou de la topographie ; il peut accentuer l'effet dévastateur d'un séisme

EMRAS

Environment Modelling for RAdiation Safety - Programme de modélisation environnementale pour la protection contre les radiations

Enceinte de confinement

Bâtiment du réacteur, enceinte étanche en béton, contenant la cuve du réacteur, le circuit primaire, les générateurs de vapeur ainsi que les principaux auxiliaires assurant la sûreté d'un réacteur à eau sous pression

ENVIRHOM

Programme de recherche qui vise à étudier les processus d'accumulation des radionucléides et les effets biologiques induits par cette accumulation chez les organismes vivants du monde végétal, animal et chez l'homme en situation d'exposition chronique

ENSRA

European Nuclear Security Regulators Association - Association des autorités de sécurité européennes et de leurs appuis techniques

EOT

Échelon Opérationnel des Transports

EPIC

Experimental Platform In Chernobyl - Plate-forme expérimentale de Tchernobyl

EPICE

Évaluation des Pathologies Induites par les contaminations chroniques en Césium

EPICUR

Irradiateur au cobalt 60 permettant d'étudier le comportement de l'iode sous rayonnement (Cadarache)

EPR

European Pressurised water Reactor - Réacteur européen à eau pressurisée

EPS

Étude Probabiliste de Sûreté

EPS1

Étude Probabiliste de Sûreté de niveau 1 quantifiant les probabilités de rejets de fusion du cœur

EPS2

Étude Probabiliste de Sûreté de niveau 2 quantifiant les probabilités de rejets de produits de fission en cas d'accident grave

ERMSAR

European Review Meeting on Severe Accident Research - Réunion de revue européenne sur les recherches sur les accidents graves

EURANOS

European approach to nuclear and radiological emergency management - Approche européenne de gestion des situations d'urgence radiologique et nucléaire et de stratégies de réhabilitation

EURATOM

Communauté européenne de l'énergie atomique

ERICA

Environmental Risk for Ionising Contaminants : Assessment and management - Risque environnemental des contaminants ionisants : évaluation et gestion

EURODIF

Usine européenne d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse (Pierrelatte)

EUROFAB

FABrication en EUROpe, projet qui s'inscrit dans le cadre du programme d'élimination du plutonium militaire russe et américain déclaré en excès des besoins de défense

EURSAFE

Projet européen du 5^e PCRD sur les priorités de recherche dans le domaine des accidents graves

EXTREME

Programme de recherche visant à étudier les conséquences des événements climatiques extrêmes sur les transferts de radioactivité dans les compartiments de l'environnement

F

FASSET

Framework for ASSESSment of Environmental impacT - Cadre pour l'évaluation de l'impact environnemental des rayonnements ionisants

FBFC

Société Franco-Belge de Fabrication de Combustibles

FLAMME_S

Logiciel simulant de manière simplifiée l'évolution de feux de produits carbonés dans des installations composées de locaux confinés et ventilés mécaniquement

FLAMME_S/SIMEVENT

Logiciel FLAMME_S couplé au logiciel SIMEVENT qui simule un feu dans un ensemble de locaux reliés par un réseau de ventilation et par des portes

FIRST

Further Improvement of Radiotherapy of cancer through side effect reduction by innovative application of adult Stem cells transplantation for prevention and Treatment of deterministic radiation effects - Programme de recherche du 6^e PCRD

FPT-3

Essai PHÉBUS PF dédié à l'étude des effets du B₄C sur la dégradation d'un cœur de réacteur et sur le relâchement des produits de fission

FRED

Fasset Radiation Effects Database - Base de données créée à l'occasion du programme européen FASSET (5^e PCRD)

FUTURAE

A Future for Radioecology in Europe - Un futur pour la radioécologie en Europe

FzK

Forschungszentrum Karlsruhe - Centre d'études allemand

G

Gamma (symbole γ)

Rayonnement électromagnétique, très pénétrant mais peu ionisant, émis lors de la désintégration de radionucléides. Des écrans de béton ou de plomb permettent de s'en protéger

GAMA

Groupe de travail de l'OCDE sur les accidents graves dans les réacteurs nucléaires

GATeL

Génération Automatique de Tests à partir d'une description Lustre

GP

Groupe Permanent

GPL

Gaz de Pétrole Liquéfié

GPD

Groupe Permanent d'experts pour les Déchets

GPR

Groupe Permanent d'experts pour les Réacteurs nucléaires

GPU

Groupe Permanent d'experts pour les Usines

GRNC

Groupe Radioécologie Nord-Cotentin

GRS

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (Allemagne) - Équivalent IRSN en Allemagne

GWj/t

Unité de taux de combustion du combustible. Giga Watt Jours par tonne de combustible, unité usuelle donnant le niveau d'irradiation des assemblages combustibles, exprimé sous la forme de l'énergie extraite de l'assemblage en réacteur par tonne d'uranium initial

H

HAVL

Haute Activité à Vie Longue

HDR

Habilitation à Diriger des Recherches

HFD

Haut Fonctionnaire de Défense du ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie

HTR/VHTR

High Temperature Reactor/Very High Temperature Reactor - Réacteur à haute ou très haute température

I

ICARE

Interprétation des Cœurs Accidentés pour les Réacteurs à Eau, code de calcul simulant la dégradation d'un cœur de réacteur à eau durant un accident grave

ICARE-CATHARE

Logiciel de calcul scientifique qui permet de décrire finement la dégradation du cœur d'un réacteur jusqu'à la rupture de la cuve lors d'un accident avec fusion du cœur

ICPE

Installation Classée pour la Protection de l'Environnement

ICSBEP

International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project - Projet international d'expériences de criticité

ICST

Ingénierie de la Connaissance Scientifique et Technique

IFA

Initiative Franco-Allemande pour Tchernobyl

IGR

Institut Gustave-Roussy

IGS

Institute of Geological Sciences (Ukraine) - Institut des sciences géologiques

Îlot nucléaire

Ensemble englobant la chaudière nucléaire et les installations relatives au combustible, ainsi que les équipements nécessaires au fonctionnement et à la sécurité de cet ensemble

INB

Installation Nucléaire de Base

INBS

Installation Nucléaire de Base classée Secrète

INERIS

Institut National de l'Environnement industriel et des RISques

INEX 3

International EXercise (3^e du genre) - Exercice international d'urgence en cas d'accident nucléaire

INPI

Institut National de la Propriété Industrielle

INRETS

Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité

INRS

Institut National de Recherche et de Sécurité

InVS

Institut de Veille Sanitaire

IPSN

Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire

IPPE

Institute of Physics and Power Engineering (Russie) - Institut de physique et d'énergétique

IRIS TÛM

Dispositif d'irradiation des plaques de combustible des réacteurs de recherche

IRS

Incident Reporting System - Système de notification des incidents. C'est le seul système de notification international à la disposition des autorités de sûreté et des organisations gouvernementales. Il fournit une évaluation des événements les plus importants pour la sûreté survenant dans les centrales nucléaires, de même que des informations détaillées sur les analyses des causes premières et les enseignements tirés du point de vue de la sûreté. L'IRS est géré par un secrétariat commun de l'AEN et de l'AIEA

IRMA

IRradiation MATériaux : cellule d'irradiation au cobalt 60, moyen d'essai dans le domaine de la tenue à la dose et/ou débit de dose (Saclay)

IRSN

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

ISIS

Logiciel de calcul simulant de manière détaillée l'évolution d'un feu, des gaz, des fumées et des structures dans un local confiné et ventilé de géométrie quelconque

ISO

International Standard Organisation - Organisation internationale de normalisation

ISO 9001

Norme européenne du système de management par la qualité

Isotopes

Éléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons : ils ont le même nom et les mêmes propriétés chimiques ; on connaît actuellement environ 325 isotopes naturels et 1 200 isotopes créés artificiellement

IST

Information Scientifique et Technique

ISTC

International Science and Technology Center - Institut russe réalisant des programmes de recherche civile dans des laboratoires précédemment engagés dans des activités militaires

IUR

International Union of Radiology - Union Internationale de Radioécologie (UIR)

J

JAEA

Japan Atomic Energy Agency - Agence japonaise de l'énergie atomique

JO

Journal Officiel

K**KAERI**

Korea Atomic Energy Research Institute - Institut coréen de recherche sur l'énergie atomique

KINS

Korea Institute of Nuclear Safety - Institut coréen de sûreté nucléaire

KROTOS

Installation destinée à étudier l'interaction corium-eau et plus particulièrement l'explosion de vapeur qui résulte d'un transfert rapide d'énergie du corium à l'eau (CEA)

kV

Kilovolt

L**L3-COM-MAPPS**

Industriel (Canada)

LECI

Laboratoire d'Examen de Combustibles Irradiés (CEA)

LMDN

Laboratoire de Métrologie et de Dosimétrie des Neutrons (Cadarache)

LOLF

Loi Organique relative aux Lois de Finances

M**M5**

Type de gainage de combustibles à eau sous pression

MAVL

Moyenne Activité à Vie Longue

Masurca

Maquette de surgénérateur - réacteur de recherche (CEA)

Matières nucléaires

Matières qui pourraient être utilisées pour fabriquer un engin explosif nucléaire ; elles sont définies à partir de leurs caractéristiques fissiles (pour un engin de fission), fusibles (pour une

bombe thermonucléaire), ou fertiles (capacité à produire des matières fissiles ou fusibles). La législation française en retient six : plutonium, uranium, thorium, tritium, deutérium et lithium 6 (le deutérium et le lithium 6 ne sont pas radioactifs)

MC3D

Multi Composants 3 Dimensions - Logiciel qui calcule l'interaction corium-eau ou l'explosion de vapeur

MEDEC

Salon de la médecine

MEDD

Ministère de l'Écologie et du Développement Durable

MELODIE

Modèle d'Évaluation à Long terme des Déchets Irradiants Enterrés

Mésenchymateux

Relatif au tissu conjonctif embryonnaire

MICADO

Model uncertainty for the mechanism of dissolution of spent fuel in nuclear waste repository - Projet européen du 6^e PCRD sur l'influence des incertitudes relatives au relâchement des radionucléides des combustibles usés sur la sûreté globale d'un stockage géologique

MIMAUZA

Mémoire et Impact des Mines Anciennes d'Uranium : Synthèse et Archivage

MINEFI

MINistère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie

MONTE CARLO

Méthode de calcul fondée sur des tirages au sort

MORET

Logiciel Monte Carlo de simulation du transport des neutrons (approximation multigroupe) pour calculer le facteur de multiplication effectif (keff) de systèmes complexes à trois dimensions

MOX

Combustible à base d'oxyde d'uranium (naturel ou appauvri) et de plutonium

MOZART

Essais analytiques pour étudier la cinétique d'oxydation des gaines sous air

MWe

Mégawatt électrique

mGy

Milligray - Unité de dose de rayonnement absorbée du système international

mSv

Millisievert - Unité d'équivalent de dose du système international

N**N4**

Palier N4, palier de réacteurs à eau sous pression de puissance 1 450 MWe exploité par EDF

NAGRA

Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Suisse) - Société coopérative nationale pour le stockage des déchets radioactifs, organisme en charge de l'évacuation des déchets radioactifs

NF-PRO

Near Field PROCesses - Processus en champ proche

NNSA

National Nuclear Safety Administration (Chine) - Administration nationale de sûreté nucléaire

NRC

Nuclear Regulatory Commission (États-Unis) - Commission de sûreté nucléaire

NSRR

Nuclear Safety Research Reactor (Japon) - Réacteur de recherche en sûreté nucléaire

Nureth

Congrès de spécialistes de la thermohydraulique des réacteurs nucléaires

O**OCDE**

Organisation de Coopération et de Développement Économiques (Union européenne)

OCDE/AEN

Agence pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE

OCNS

Office for Civil Nuclear Security - Office de sécurité nucléaire civile

OIAC

Organisation pour l'Interdiction des Armes Chimiques

OMS

Organisation Mondiale de la Santé

OPERA

Observatoire PErmanent de la RAdioactivité dans l'environnement

OPRI

Office de Protection contre les Rayonnements Ionisants

OSIRIS

Réacteur expérimental (CEA)

P**P4**

Palier constitué de huit réacteurs à eau sous pression de 1 300 MWe à Paluel, Flamanville et Saint-Alban

P'4

Palier constitué de douze réacteurs à eau sous pression de 1 300 MWe plus récents

PACA

Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur

PAMINA

Performance Assessment Methodologies IN Application to guide the development of the safety case - Projet européen du 6^e PCRD sur l'apport des modélisations effectuées dans le cadre des évaluations de performance des stockages géologiques pour construire le dossier de sûreté

PASEPRI

Plan d'Actions pour la Surveillance de l'Exposition des Patients aux Rayonnements Ionisants

PCO

Poste de Commandement Opérationnel

PCRD

Programme-Cadre de Recherche et de Développement (Union européenne)

PCRDT

Programme-Cadre de Recherche et de Développement Technologique (Union européenne)

PHARE

Poland-Hungary Assistance for Reconstruction of the Economy - Programme européen d'assistance à la restructuration des économies de la Pologne et de la Hongrie

PHÉBUS-PF

Programme expérimental sur la dégradation d'un cœur de réacteur nucléaire et sur le relâchement de produits de fission (PF)

PHÉBUS FPT3

Essai du programme PHÉBUS PF

PHENIX

Réacteur à neutrons rapides de 250 MWe (CEA)

PIC

Programme d'Intérêt Commun

PICSEL

Propagation de l'Incendie de Combustibles Solides dans un Environnement Laboratoires et usines (programme IRSN/Areva)

Plutonium (Pu, numéro atomique 94)

Élément chimique transurannique ; l'isotope 239 a une période de 24 110 ans

POLLUTEC

Salon international des équipements, des technologies et des services de l'environnement pour l'industrie

PRISME

Propagation d'un Incendie pour les Scénarios Multi-locaux Élémentaires (programme de l'OCDE)

PROTECT

Protection of the environment from ionising radiation in a regulatory context - Protection de l'environnement contre les rayonnements ionisants dans un contexte réglementaire

PUI

Plan d'Urgence Interne

R**Radier**

Fondations du réacteur d'une centrale nucléaire

Radioactivité

Propriété de certains éléments chimiques dont les noyaux se désintègrent spontanément pour former d'autres éléments en émettant des rayonnements ionisants

Radioélément

Élément radioactif naturel ou artificiel

Radionucléide

Isotope radioactif d'un élément

Radioprotection

Ensemble d'actions destinées à assurer la protection de la population et des travailleurs vis-à-vis des sources de rayonnements ionisants

RAPHAEL

ReActor for Process heat, Hydrogen And Electricity generation - Réacteur destiné à la production de chaleur, d'hydrogène et d'électricité

REB

Réacteur à Eau Bouillante

REBUS

REactivity tests for a direct evaluation of the BUrnup credit on Selected irradiated LWR fuel bundles
Expériences critiques sur des faisceaux de crayons irradiés en réacteur à eau légère, pour une évaluation directe du Crédit Burnup

RECI

REcombineur d'Iode, dispositif expérimental pour évaluer l'influence des recombineurs sur la chimie de l'iode dans l'enceinte (Saclay)

RFS

Règle Fondamentale de Sécurité

RGE

Règles Générales d'Exploitation

R&D

Recherche et Développement

REP

Réacteur à Eau sous Pression

REP-Na

Programme expérimental dans l'installation CABRI-boucle Na destiné à étudier le comportement du combustible lors d'un transitoire de puissance

RHF

Réacteur à Haut Flux de l'Institut Laüe-Langevin (Grenoble)

RIA

Reactivity Insertion Accident - Accident de réactivité

RPE

Résonance Paramagnétique Électronique

ROSATOM

Agence fédérale de l'énergie atomique de Russie

S**SAPIDE/LUDD**

Base de données documentaires rassemblant les incidents et événements relatifs aux installations nucléaires autres que les réacteurs (laboratoires et usines)

SARNET

Severe Accident Research NETWORK of excellence - Réseau d'excellence européen sur les accidents de réacteur à eau avec fusion du cœur (6^e PCRDT)

SATURNE

Installation expérimentale avec hotte d'extraction destinée à étudier l'évolution d'un feu (Cadarache)

SCANAIR

Logiciel de calcul d'un transitoire de type RIA

SCPRI

Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants

SDIS

Service Départemental d'Incendie et de Secours

SENSIB

Sensibilité radioécologique, projet de recherche

SERENA

Steam Explosion REsolution for Nuclear Applications - Explosion vapeur dans les applications nucléaires (programme de l'OCDE)

SESAME

Schéma d'Évolution des Situations Accidentelles et Méthodes d'Évaluation

SEVESO

Accident survenu en Italie en 1976 qui a donné son nom à une directive européenne relative aux risques d'accidents industriels

SGDN

Secrétariat Général de la Défense Nationale

SIEVERT

Système d'Information et d'Évaluation par Vol de l'Exposition aux Rayonnements cosmiques

SIGIS

Système d'Information et de Gestion de l'Inventaire national des Sources de rayonnements ionisants

SIMEVENT

Logiciel de simulation de l'aérodynamique dans un réseau de ventilation développé en collaboration par l'IRSN, SGN et Cogema

SIPA

Simulateur d'accident dans les réacteurs à eau sous pression, développé et exploité par l'IRSN

SISERI

Système d'Information de la Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants

SNA

Sous-marin Nucléaire d'Attaque

SNG

Sous-marin de Nouvelle Génération

SNLE

Sous-marin Nucléaire Lanceur d'Engins

SNM

Système Nucléaire Militaire

SPN

Section Permanente Nucléaire de la Commission centrale des appareils à pression

SSI

Statens Strålskyddsinstitut (Suède) - Autorité de radioprotection

SSTC

State Scientific and Technical Center on nuclear and radiation safety (Ukraine) - Centre scientifique et technique national de sûreté nucléaire et de radioprotection

STARMANIA

Station pour les Transferts d'Aérocontamination et les Résistances Mécaniques Appliquées aux Nuisances Incidentelles et Accidentelles (Saclay)

Sûreté nucléaire

Ensemble des dispositions prises à tous les stades : conception, construction, fonctionnement et arrêt définitif des installations nucléaires pour prévenir les accidents et en limiter les effets

STEME

Service de Traitement des Échantillons et de Métrologie de l'Environnement

STUK

Stäteilyturvakeskus (Finlande) - Autorité de sûreté

SYLVIA

Système de Logiciels de l'IRSN pour l'étude de la Ventilation, de l'Incendie et de l'Aérocontamination

SYMBIOSE

Systemic approach for modelling the fate of chemicals in biosphere and ecosystems - Approche systémique de modélisation du devenir des produits chimiques dans la biosphère et les écosystèmes

T**TACIS**

Technical Assistance for Commonwealth of Independent States - Programme européen d'assistance à la restructuration des économies des nouveaux États indépendants



Tampon

Dispositif d'accès des gros matériels au bâtiment réacteur

Taux de combustion

Énergie thermique produite par les fissions nucléaires dans une unité de masse de combustible. Il est mesuré en mégawatts-jour par tonne (MWj/t)

THE

Très Haute Efficacité

TONUS

Logiciel développé par le CEA pour l'IRSN mettant en œuvre des modèles qui régissent la répartition de l'hydrogène dans l'enceinte de confinement

TOSQAN

TOnuS Qualification ANalytique : enceinte expérimentale permettant de reproduire à l'échelle réduite un accident avec risque « hydrogène » dans une enceinte de réacteur nucléaire (Saclay)

TROI

Test for Real cOrium Interaction - Installation expérimentale pour étudier l'interaction corium-eau (Corée)

U

UDG

Usines de Diffusion Gazeuse (Areva NC)

UF₆

Hexafluorure d'uranium

UIAR

Ukrainian Institute of Agricultural Radioecology (Ukraine) - Institut ukrainien de radioécologie agricole

UNSCEAR

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations - Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants

UP1

Première usine de traitement de combustibles nucléaires usés en vue de leur recyclage en France (Areva NC)

UP2-400

Usine de traitement de combustibles nucléaires irradiés, définitivement arrêtée, implantée sur le site de La Hague (Areva NC)

UP2-800

Usine de traitement de combustibles nucléaires irradiés implantée sur le site de La Hague (Areva NC)

UP3-A

Usine de traitement de combustibles nucléaires irradiés implantée sur le site de La Hague (Areva NC)

UPRES

Unité Propre de Recherche de l'Enseignement Supérieur

USDOE

US Department of Energy (États-Unis) - Ministère de l'Énergie des États-Unis

USNRC

US Nuclear Regulatory Commission (États-Unis) - Commission de sûreté nucléaire

UO₂

Oxyde d'uranium

V

VD3 900

Troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe

VDEW

Verbandes der Elektrizitätswirtschaft (Allemagne) - Groupement d'électriciens

VHTR

Very High Temperature Reactor - Réacteur à Très Haute Température (RTHT)

Voxel

Volume élémentaire dans une structure tridimensionnelle numérisée

VVER ou WWER

Vodo Vodiannoï Energititschesky Reactor ou Water Water Energetic Reactor - Réacteurs de conception russe, dont le principe de fonctionnement ressemble à celui des réacteurs à eau sous pression occidentaux

Table des matières

1 Actualité, stratégie et organisation

Avant-propos de J.-F.LACRONIQUE et J.REPUSSARD	.04
Avant-propos de M. BRIÈRE	.06
L'IRSN en bref	.07
L'IRSN en 2005 : bilan et perspectives	.08
[Le contrat d'objectifs État-IRSN 2006-2009]	.09
[Les conventions signées par l'IRSN en 2005]	.09
L'IRSN en 2005, en quelques chiffres	.11

2 Pilotage et support

■ Excellence scientifique et technique	.23
[Accords signés en 2005 entre l'IRSN et les universités, les écoles ou le CNRS]	.25
[Formation par la recherche : des résultats encourageants]	.26
■ Qualité	.28
[Démarche pour une accréditation « organisateur de comparaisons interlaboratoires »]	.29

3 Activités de l'IRSN

■ Des programmes au service des missions	.42
■ Recherche et missions de service public	.48
• Définition et mise en œuvre de programmes de recherche nationaux et internationaux	.50
Travaux de recherche en appui à l'analyse de sûreté des réacteurs en exploitation	.50
[Renovation du simulateur SIPA 2]	.51
Recherche sur le vieillissement des REP	.51
[Séminaire international sur l'impact du vieillissement sur la fiabilité]	.52
Travaux de recherche sur la fiabilité humaine et organisationnelle	.51
Le combustible et sa gestion en fonctionnement normal et accidentel	.52
[Accident de perte de réfrigérant primaire (APRP)]	.53
[Accident de vidange d'une piscine d'entreposage de combustibles irradiés]	.54
Travaux de modification de l'installation CABRI	.55
Travaux de recherche dans le domaine des accidents graves avec fusion du cœur d'un REP	.56
[ASTEC, colonne vertébrale du réseau SARNET]	.56
[Démarrage du programme TERME SOURCE]	.57
[Programme PHÉBUS : premiers résultats de l'essai FPT3]	.58
[Synthèse du programme RECI]	.59

Les faits marquants 2005	.12
Les missions de l'IRSN	.14
Les implantations : activités et effectifs	.15
Le conseil d'administration	.16
Le conseil scientifique	.17
L'organigramme	.18

■ Sécurité et santé au travail	.30
[Les installations et les activités réglementées de l'IRSN]	.32
■ Communication de l'IRSN	.33
[Deux questions à la direction de la communication]	.35
■ Ressources humaines, au service du développement de l'IRSN	.36

[Bilan et perspectives du programme SERENA de l'OCDE/AEN]	.59
Sûreté des laboratoires, des usines, des transports et du démantèlement	.60
[Programmes expérimentaux de criticité 2005-2008]	.61
Travaux de recherche dans le domaine des déchets	.62
[Caractérisation des perturbations induites par le creusement de la roche]	.63
Travaux de recherche dans les domaines de l'incendie et de l'aérodispersion	.65
[Poursuite du Programme d'intérêt commun sur les feux (PIC)]	.64
[Mise en place du programme expérimental PRISME]	.65
[Développement du logiciel ISIS]	.66
[Simplification de la modélisation des réseaux de ventilation en cas d'incendie]	.67
Recherches sur les agressions d'origine naturelle : séismes et inondations	.68
[Accord de collaboration avec l'université du Chili sur les risques sismiques]	.68
Recherches en radioécologie	.69
[Dépôts radioactifs liés aux retombées de poussière saharienne en France]	.70
[Participation de l'IRSN aux projets européens en radioécologie]	.71

Recherches en métrologie des radionucléides dans l'environnement	72	■ Appui et concours technique aux pouvoirs publics 98 • Appui technique en matière de risque nucléaire et radiologique . 100 Analyse de la sûreté des réacteurs nucléaires 100 [Réexamen de sûreté associé aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 900 MWe] 101 [Risque de vidange de la piscine d'entreposage des combustibles irradiés] 102 [Incident à Nogent-sur-Seine] 103 [Séminaire en Chine sur le projet de réacteur EPR] 104 [Groupe permanent pour les réacteurs nucléaires] 105 Appui à l'analyse de sûreté des réacteurs en exploitation 106 [Conséquences radiologiques des accidents] 107 Vieillesse des réacteurs à eau sous pression (REP) 108 Fiabilité humaine et organisationnelle 108 Comportement du combustible en fonctionnement normal et en situation accidentelle 109 Examen des risques associés aux accidents graves avec fusion du cœur des réacteurs 109 [Référentiel « accidents graves »] 110 [Utilisation de l'EPS de niveau 2 dans l'analyse de sûreté] 111 Réacteurs de quatrième génération 110 Sûreté des usines, des transports et du démantèlement 111 [Exploitation du retour d'expérience relatif aux incidents] 113 Sûreté de la gestion des déchets radioactifs 114 [Le Dossier 2005 Argile en quelques chiffres] 114 [Expertise du dossier relatif au site minier des Bois Noirs] 116 Protection des installations contre les incendies et les explosions 117 [Guide pour l'évaluation des risques d'explosion] 117 Risques associés aux agressions externes 117 Exposition de la population aux retombées des tirs atmosphériques d'armes nucléaires 118 Surveillance de l'environnement 119 [Impact sanitaire des effluents d'origine médicale] 119 [Accroissement de la participation aux exercices d'intercomparaisons] 120 Appui technique dans le domaine du radon 120 [Mesure du radon dans les stations thermales] 121 Intervention et assistance en radioprotection 121 Radioprotection des travailleurs 122 [Reconstitution de dose après un incident de radioprotection] 122 Radioprotection dans le domaine médical 123 [Étude des doses reçues par les prématurés] 124 Coopération scientifique multilatérale : renforcement de la contribution de l'IRSN aux travaux de l'AIEA et de l'OCDE/AEN 125 [Renforcement de la coopération avec la Chine] 125 [EUROSAFE 2005] 125
Risques chroniques	72	
[Présentation au conseil scientifique du programme ENVIRHOM]	73	
Travaux de recherches liés au radon	75	
Épidémiologie des travailleurs du nucléaire	76	
[Quantification des risques de cancer]	76	
Amélioration de la radioprotection	77	
L'installation AMANDE	79	
Radioprotection dans le domaine médical	79	
[Renouveau de l'UPRES EA 27-10]	79	
Accidents d'irradiation et de contamination	80	
[Bio-indicateur d'atteinte de la moelle osseuse]	80	
[Achèvement du contrat avec la DGA sur la thérapeutique moléculaire]	82	
Gestion des situations postaccidentelles	82	
[Analyse et quantification des retombées atmosphériques en France consécutives à l'accident de Tchernobyl]	83	
Programmes et accords internationaux	84	
[Coopération tripartite en cas d'accident radiologique]	84	
[Coopération franco-russe]	84	
[Étude des pathologies des enfants de l'oblast de Bryansk]	85	
Radioprotection : renforcement de la présence française à l'international	86	
[Prise de position de l'IRSN sur la radioprotection de l'environnement]	86	
[Controverse sur les effets d'une contamination interne]	87	
• Contribution à la formation en radioprotection	88	
Au service de la prévention des risques radiologiques et de la limitation de leurs conséquences	88	
[Mise en place d'une formation sur la radioactivité des eaux à destination des ingénieurs et des techniciens des Ddass et Drass]	88	
[Sessions de formation réalisées en 2005]	89	
[Programmes de formation professionnelle proposés]	90	
• Veille permanente en matière de radioprotection	91	
Surveillance radiologique de l'environnement	91	
[Réflexion sur les objectifs de la surveillance environnementale]	92	
Veille permanente en matière de radioprotection	92	
• Contribution à l'information du public et à la transparence	94	
Information du public	94	
Ouverture de l'expertise à la société	96	
[Action pilote avec les CLI concernant la radioactivité dans l'environnement dans le bassin de la Loire]	96	
[Participation de l'IRSN au débat public sur le projet EPR tête de série à Flamanville]	97	

▪ Appui opérationnel en cas de crise ou de situation d'urgence radiologique	126
Gestion des situations d'urgence	126
[Gréements du CTC de l'IRSN pour des situations réelles]	127
[Emploi de la pectine pour la décorporation du césium 137]	128
[Accident de source de gammagraphie au Chili]	129
Appui à la gestion des situations postaccidentelles	130
[Exercice de crise postaccidentelle]	130
[Moyens mobiles d'intervention de l'IRSN]	131
■ Prestations contractuelles d'expertise, de recherche et de mesure	132
▪ Prestations relatives à des exigences réglementaires	134
Contrôle radiologique des eaux destinées à la consommation humaine	134
Mesures de dépistage du radon	134
Prestations en radioprotection des travailleurs	135
[Évolution dans la surveillance de l'exposition externe]	135
Conformité des matériels et équipements	136
[Intercomparaison de dosimètres opérationnels]	136
Contrôles réglementaires en radioprotection	136
Prestations non nucléaires	137
▪ Prestations non liées à des exigences réglementaires	138
Étude de la radioactivité des effluents de la station d'épuration de Tours	138
[Vente de sources étalons de faible activité]	138
Sûreté des usines, des transports et du démantèlement	138
[Prestations de support aux utilisateurs du formulaire CRISTAL]	139
Études relatives à des sites miniers nigériens pour la société Areva	139
Prestations en radioécologie	140
Prestations concernant le radon	141
Modélisation de la ventilation des installations	141
[Performances de la ventilation d'un local – transferts de polluants]	142
Prestations dosimétriques	142
Radioprotection dans le domaine médical	143
Prestations en radioprotection opérationnelle	144
[Expertise radiologique d'un appareil en vue de son importation en France]	145
Collaboration avec les pays d'Europe de l'Est	146
[Stabilisation du sarcophage du réacteur accidenté de la centrale de Tchernobyl]	146
[Riskaudit]	146
[Expertises dans le cadre du partenariat mondial du G8]	147
[Système d'arrêt d'urgence du réacteur n° 2 de la centrale d'Ignalina]	147
■ Expertise nucléaire de défense	148
▪ Évaluation de la sûreté des systèmes nucléaires militaires, des installations nucléaires de base secrètes et des transports intéressant la défense	150
▪ Protection et contrôle des matières nucléaires et sensibles	154
Protection physique des matières nucléaires	154
Suivi et comptabilité des matières nucléaires	155
Transports de matières nucléaires	156
Contrôles internationaux de non-prolifération	156
[Protection et contrôle des matières nucléaires lors de l'opération EUROFAB]	157
▪ Protection contre les actions de malveillance	159
[La convention sur la protection physique]	160
[La culture de sécurité nucléaire]	161
■ Glossaire	162

COORDINATION ÉDITORIALE

Direction de la stratégie, du développement et des relations extérieures

COMITÉ ÉDITORIAL

Bernard ADROGUER	Huguette FABRE
Jocelyne AIGUEPERSE	Dominique FRANQUARD
Françoise BRETHERAU	Marie-Line de HEAULME
Nathalie CHAPTAL-GRADOZ	Jean JALOUNEIX
Stéphanie CLAVELLE	Pascale MONTI
Patrick COUSINOU	Emmanuelle MUR
Didier DEMEILLERS	Jean-Louis ROY
Agnès DUMAS	

RÉDACTION

IRSN avec le concours de Camille JAUNET (La Clé des mots) et Jean-Christophe HEDOUIN (HIME)

COORDINATION DE LA RÉALISATION

Direction de la communication

CONCEPTION GRAPHIQUE ET COORDINATION



ASSISTANCE À LA RÉALISATION

LAO Conseil, ré(craie)action, summer time

TRADUCTION

Mic Assistance

IMPRESSION

Idéale Prod/JPA, imprimerie certifiée Imprim Vert

CRÉDITS PHOTOS

Areva / Le Bœuf : Page 151 (gauche) ■ Areva / Magnum / Gruyaert Harry : Page 54
Areva / Jean-Marie Taillat : Pages 150 et 157 (droite) ■ CEA / P. Stroppa : Page 104
Commission européenne - Direction générale de l'énergie et des transports : Page 157 (gauche)
DCN : Page 151 (droite) et 152 ■ IDÉ : Page 71 (haut) ■ IGR : Page 79 ■ Image-et-process : Page 97
IRSN : Pages 18-19, 52, 61, 66, 68-70, 72-73, 76-77, 82-83, 85, 115-116, 119 (droite), 121 (gauche),
122 (gauche), 123, 130, 136, 141-142 (gauche), 144-145 et 156 ■ Stéphane Jungers : Pages 28-30,
31, 43, 53, 59, 63, 80, 93, 96, 101, 102, 106, 110 (gauche), 121 (droite) et 128
Patrick Landmann : Page 146 ■ Médiathèque EDF / Michel Brigaud : Page 127 (droite)
Médiathèque EDF / Mario Gerra : Page 107 (gauche) ■ Médiathèque EDF / Jean-Claude Raoul : Page 96
Médiathèque EDF / Frédéric Sautereau : Page 108 ■ Mikaël Lafontan / Olivier Seignette : Pages 1-6, 18-21,
23-24, 26-27, 29-30, 32, 34-35, 37-38, 40-43, 45-48, 50, 56-58, 62, 64, 67, 71 (bas), 74-75, 77-78, 81, 84-85, 88,
90-91, 94-95, 98, 107 (droite), 119 (gauche), 120, 122 (droite), 124, 126-127 (gauche), 132, 134-135,
137-140, 142 (droite), 154, 158-160
Marine nationale / Patrick Fromentin : Page 148 ■ Marine nationale / Bernard Plouviez : Page 44
Noak : Pages 100 et 103 ■ TroisCube : Page 110 (droite)
Günther Vincent : Pages 105 et 129

Ce rapport d'activité est imprimé sur papier couché sans chlore, 100 % recyclable et biodégradable avec des encres végétales.

© Communication IRSN
N° ISSN : 1762-0600

Les implantations

Les plans d'accès aux différents sites IRSN sont consultables sur le site Internet www.irsn.org

■ Clamart

(Siège social de l'IRSN)
77-83, av. du Général-de-Gaulle
92140 Clamart
Tél : +33 (0)1 58 35 88 88

■ Agen

B.P. 27
47002 Agen
Tél : +33 (0)5 53 48 01 60

■ Cadarache

B.P. 3
13115 Saint-Paul-lez-Durance Cedex
Tél : +33 (0)4 42 19 91 00

■ Cherbourg-Octeville

Rue Max-Paul Fouchet
B.P. 10
50130 Cherbourg-Octeville
Tél : +33 (0)2 33 01 41 00

■ Fontenay-aux-Roses

B.P. 17
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex
Tél : +33 (0)1 58 35 88 88

■ La Seyne-sur-Mer

Centre Ifremer de Méditerranée
B.P. 330
83507 La Seyne-sur-Mer Cedex
Tél : +33 (0)4 94 30 48 29

■ Le Vésinet

31, rue de l'Écluse
B.P. 35
78116 Le Vésinet
Tél : +33 (0)1 30 15 52 00

■ Les Angles – Avignon

550, rue de la Tramontane – Les Angles
B.P. 70295
30402 Villeneuve-Avignon Cedex
Tél : +33 (0)4 90 26 11 00

■ Mahina – Tahiti

B.P. 519
Tahiti Papeete, Polynésie française
Tél : +689 54 00 25

■ Orsay

Bois-des-Rames (bât. 501)
91400 Orsay
Tél : +33 (0)1 69 85 58 40

■ Pierrelatte

B.P. 166
26702 Pierrelatte Cedex
Tél : +33 (0)4 75 50 40 00

■ Saclay

Centre CEA de Saclay
91191 Gif-sur-Yvette Cedex
Tél : +33 (0)1 69 08 60 00

The logo for IRSN, featuring the letters 'IRSN' in a bold, sans-serif font. The 'I' and 'R' are red, the 'S' is blue, and the 'N' is white with a blue outline.

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Siège social

77-83, avenue du Général-de-Gaulle
92140 Clamart
RCS Nanterre B 440 546 018

Téléphone

+33 (0)1 58 35 88 88

Courrier

B.P. 17 - 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

Site Internet de l'IRSN

www.irsn.org

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Cahier financier du
rapport d'activité

2005





Didier DEMEILLERS,
Directeur délégué aux affaires financières

Sommaire

- 04 Rapport de gestion
- 10 Compte de résultat
- 12 Bilan
- 14 Soldes intermédiaires de gestion
- 15 Rapprochement prévisions-réalisations

Rapport de gestion

1. PERSPECTIVE D'ENSEMBLE

L'année 2005 a vu la mise en place d'un régime fiscal révisé, excluant du champ de la TVA la subvention de fonctionnement de l'Institut versée par l'État par le biais du ministère de l'Écologie et du Développement durable (MEDD). Cette modification du régime fiscal, étendue à la subvention versée par le ministère de la Défense, a permis pour la première fois en 2005 de présenter un état des prévisions de recettes et de dépenses (EPRD) équilibré. Le déficit budgétaire, récurrent depuis la création de l'IRSN, a disparu. Cependant, cet équilibre disparaîtra mécaniquement dès 2006 du fait de la mise en place de la taxe sur les salaires. Il sera définitivement restauré si la Direction de la législation fiscale (DLF) confirme l'alignement de la taxe professionnelle et de l'impôt sur les sociétés sur la limitation du principe de lucrativité qui régit le nouveau régime de TVA de l'Institut. Par ailleurs, la décision modificative n° 1-2005, présentée au conseil d'administration du mois de juin 2005, a intégré le report des investissements non terminés sur l'exercice 2004, soit 2,2 M€, versés au fonds de roulement lors de la clôture 2004. La quasi-totalité de ces opérations a été soldée sur l'exercice.

L'exécution du budget 2005 avait pour objectif majeur le redressement effectif des équilibres, conformément à l'EPRD, et la reprise des investissements, dont le niveau avait été significativement réduit au cours des exercices précédents, tout en atteignant pour l'essentiel les objectifs scientifiques et techniques visés. Plusieurs urgences nouvelles étant apparues en matière d'investissements au cours de cet exercice, il a été jugé préférable de redéployer en faveur de ces programmes des moyens affectés au fonctionnement, plutôt que de revoir le programme d'investissement initialement prévu. La plus importante de ces opérations porte sur la modernisation de l'offre de l'IRSN en matière de dosimétrie des travailleurs, le remplacement du film argentique par une technologie numérique étant *de facto* imposé à court terme par

le marché. Un transfert de 10 M€ de crédits (soit 3 % du budget de l'IRSN) entre fonctionnement et investissement a été effectué afin d'engager ces opérations, dans le cadre de la fongibilité budgétaire dont bénéficie l'Institut. Conformément aux directives en la matière, cette modification n'a pas nécessité l'approbation du conseil d'administration, dans la mesure où elle n'affectait pas l'équilibre global du budget ni ne dégradait le résultat. Lancées au second semestre 2005, ces opérations ne sont pas achevées en fin d'exercice, entraînant ainsi un report de crédits de 12,2 M€ sur le fonds de roulement, en vue d'un réemploi en 2006.

L'équilibre budgétaire

Exécution (en M€)	2003	2004	2005	Évolution 2005/2004
Total ressources	242,9	247,2	287,7	+ 16,4 %
Total dépenses	246,1	258,0	268,2	+ 4,0 %
Solde	- 3,2	- 10,8	19,5	NS

L'exécution 2005 laisse apparaître un équilibre budgétaire optiquement surévalué par le report d'investissements pour un montant de 12,2 M€. Sur 2005, la modification du régime fiscal (régime de TVA proratisé) a généré une recette complémentaire de 33 M€ et une dépense complémentaire d'environ 23 M€, qui correspond à la TVA devenue non récupérable. La différence, soit environ 10 M€, a permis d'absorber le déficit budgétaire résultant de la sous-évaluation de la provision fiscale constituée à la création de l'IRSN en 2002.

Globalement, l'année budgétaire 2005 se caractérise ainsi par :

- le respect des équilibres de l'EPRD 2005 approuvés par le conseil d'administration ;
- un taux de réalisation du budget de 95,7 % (contre 97,5 % en 2004), soit un écart de 13 M€ avec l'EPRD, correspondant pour 12,2 M€ à des décalages dans la réalisation de certains investissements.

2. ANALYSE DU COMPTE DE RÉSULTAT

2.1. Les produits

Exécution (en M€)	2003	2004	2005	Évolution 2005/2004
Chiffre d'affaires	36,6	35,2	36,1	+ 2,6 %
Subventions	198,1	206,7	240,2	+ 16,2 %
Autres produits d'exploitation	1,8	3,7	2,2	- 40,5 %
Produits financiers	1,0	1,4	1,2	- 14,3 %
Produits exceptionnels	25,2	6,7	4,2	- 37,3 %
Total	262,7	253,7	283,9	+ 11,9 %

2.1.1.

En hausse de 32,9 M€ par rapport à 2004 (+ 13,4 %), les produits d'exploitation s'élèvent à 278,5 M€ dont :

- 236,8 M€ au titre de la subvention MEDD, en progression de 34,9 M€ en raison du non-assujettissement à la TVA du fait de la modification du régime fiscal.
- 2,9 M€ au titre de la convention avec le ministère de la Défense, montant en légère progression (0,2 M€) du fait de la modification du régime de TVA, ajusté sur celui applicable à la subvention du MEDD.
- 0,5 M€ au titre d'autres subventions, provenant en particulier des collectivités locales, contre 2 M€ l'année passée.

- 36,1 M€ de ressources propres (contre 35,2 M€ en 2004) provenant des activités d'expertise de l'IRSN, d'autres prestations de services ou de cofinancements sur des programmes de recherche. Ces ressources sont quasi stables par rapport à l'exercice précédent, la hausse de 2,6 % permettant de compenser l'inflation. Cette stabilité masque une perte de part de marché sur l'activité dosimétrique, globalement compensée par la progression du chiffre d'affaires dans d'autres domaines.
- 2,2 M€ de produits divers contre 3,8 M€ pour l'année passée. Ces produits comprennent les redevances liées à la propriété industrielle (pour 0,1 M€, stable), des produits divers de gestion courante (pour 0,4 M€, stable), de reprises sur amortissements

et provisions (pour 0,5 M€, en progression) et enfin 1,2 M€ d'annulation de charges à payer constituées sur les exercices antérieurs, contre 3,3 M€ en 2004.

2.1.2.

Les produits financiers, qui s'élèvent à 1,2 M€, sont en baisse par rapport à l'année précédente (- 0,2 M€ soit - 14 %) du fait d'un étalement plus régulier des charges d'exploitation de l'Institut tout au long de l'exercice, en particulier avec son principal fournisseur, le CEA (frais de centres, sous-traitance scientifique, INB, etc.).

2.1.3.

Les produits exceptionnels s'inscrivent en baisse à 4,2 M€. Ils correspondent pour l'essentiel à la quote-part des subventions d'investissements héritées du CEA, quote-part virée au compte de résultat (3,8 M€). Ces opérations comptables, sans impact sur l'équilibre du budget, vont continuer de décroître progressivement jusqu'à disparaître totalement.

Le total des produits de l'exercice 2005 s'élève à 283,9 M€ contre 253,8 M€ en 2004 et 261,7 M€ en 2003.

2.2. Les charges

Exécution (en M€)	2003	2004	2005	Évolution 2005/2004
Achats	124,9	118,0	128,7	+ 9,1 %
Personnel	103,3	107,7	109,2	+ 1,4 %
Impôts et taxes	1,4	1,3	1,2	- 7,7 %
Amortissements	25,0	13,6	13,4	- 1,5 %
Provisions	3,4	4,2	8,3	+ 97,6 %
Autres	3,0	1,2	2,1	- 75,0 %
S/T Exploitation	261,0	246,0	262,9	+ 6,9 %
Charges financières	NS	NS	0,1	NS
Charges exceptionnelles	0,3	13,8	0,4	NS
Total	261,3	259,8	263,4	+ 1,4 %

2.2.1.

Les charges d'exploitation de l'exercice 2005, qui atteignent 262,9 M€, sont en hausse sensible (de 16,9 M€, soit + 6,9 %) par rapport à 2004. Cette augmentation est due à la modification du régime fiscal de l'Institut, avec l'apparition d'une charge de TVA non récupérable représentant 85 % de la TVA payée aux fournisseurs.

Les charges d'exploitation se décomposent de la façon suivante :

- Charges globales de personnel, incluant les salariés mis à disposition par le CEA (+ 3,5 M€ par rapport aux comptes arrêtés par l'agent comptable), et les taxes sur rémunérations (+ 2,1 M€) : 109,2 M€ en 2005 contre 107,7 M€ en 2004 et une prévision dans la DM1-2005 de 110 M€. Cette réduction de 0,8 M€ s'explique par les décalages intervenus dans la réalisation des plans de recrutement de l'Institut.

- Impôts et taxes : 1,2 M€ (soit 3,3 M€ - 2,1 M€ retraités ci-dessus en charges de personnel) contre 1,3 M€ en 2004. Ce poste est largement inférieur à la prévision en DM1-2005, d'un montant de 5,4 M€, mais une provision pour risques et charges est constituée pour un montant de 4,7 M€ au titre des impôts 2005, non connus à la clôture des comptes. Cette provision est constituée en particulier au bénéfice de la taxe professionnelle, dont l'évaluation est effectuée selon la recommandation de la DLF, en vertu du principe de précaution, par un plafonnement à la valeur ajoutée sur l'ensemble de l'activité.

- Amortissement d'un montant de 13,4 M€, stable par rapport à l'année précédente (13,6 M€) mais en léger recul par rapport à la DM1-2005 (14 M€). La dotation aux provisions est de 8,3 M€ dont 4,7 M€ pour la fiscalité (cf. *supra*) et 3,6 M€ pour les engagements au titre des retraites anticipées (accord Capron).

- Achats de biens et de prestations pour 128,7 M€ contre 118 M€ en 2004. Cette augmentation dissimule en réalité une baisse de volume de l'ordre de 8 M€

environ, compensée par l'impact fiscal évalué à 19 M€ (16,6 %, soit 85 % de 19,6 %) au titre de la TVA non récupérable.

- Autres charges pour 2,1 M€ contre 1,2 M€ en 2004. Elles représentent des annulations de recettes émises sur exercices antérieurs pour 0,5 M€ et des redevances d'utilisation de brevets et de logiciels payées pour 1,4 M€.

Exécution (en M€)	2003	2004	2005	Évolution 2005/2004
60 - Achats	43,3	58,3	69,1	+ 18,5 %
61 - Services extérieurs	63,6	42,3	41,1	- 2,8 %
62 - Autres services extérieurs	18,0	17,4	18,4	+ 5,7 %
Total	124,9	118,0	128,6	+ 9,1 %

La lecture de ce tableau montre :

- la stabilité du poste 60 - achats, dont la variation de 18,5 % résulte de l'impact conjugué de la TVA non récupérable (16,6 %) et de l'inflation (1,9 %) ;

- une baisse du poste 61 - services extérieurs, résultant en particulier de la réduction de la sous-traitance de cœur de métier liée à la montée en puissance des effectifs de l'Institut ;

- une baisse relative, compte tenu de l'effet TVA non récupérable, du poste 62 - autres services extérieurs, baisse imputable à une meilleure maîtrise par l'Institut de ses activités et de ses coûts.

2.2.2.

La charge financière de 0,1 M€ provient essentiellement des intérêts de l'emprunt contracté pour le financement de l'achat du bâtiment dit UIS à Fontenay-aux-Roses. La charge correspondant à l'imposition forfaitaire annuelle (régime de l'impôt sur les sociétés) est citée pour mémoire.

Les charges exceptionnelles de 0,4 M€ contre 13,8 M€ en 2004 sont désormais non significatives. Le total des charges de l'exercice est de 263,4 M€ contre 259,8 M€ en 2004 et 261,3 M€ en 2003.

3. RÉSULTAT ET FINANCEMENT

Exécution (en M€)	2003	2004	2005	Évolution 2005/2004
Résultat	0,4	- 6,0	20,4	NS
CAF	10,3	5,1	37,8	+ 641,2 %
Variation du fonds de roulement	- 3,2	- 10,8	19,5	NS

3.1.

L'exercice se solde par un résultat bénéficiaire de 20,4 M€ contre une perte de 6 M€ en 2004 et un bénéfice de 0,4 M€ en 2003. Par ailleurs, la décision modificative de l'EPRD prévoyait un bénéfice de 8,5 M€ pour l'exercice 2005. L'écart de 11,9 M€ (soit 20,4 M€ - 8,5 M€) par rapport à la DM1-2005 s'explique par :

- une réduction des dépenses de fonctionnement consécutive à la nécessité de redéployer les budgets de l'Institut afin de réaliser, pour un montant global de 10 M€, certains investissements non prévus au titre de la DM1-2005 ;
- un niveau plus élevé de 0,1 M€ des produits financiers de l'Institut ;
- des produits exceptionnels pour 0,3 M€ ;
- une annulation de charges à payer émises sur les exercices antérieurs pour 1,2 M€ ;
- une réduction de la charge d'amortissement de 0,6 M€ ;
- *a contrario*, une réduction de la quote-part de subvention d'investissement versée au compte de résultat, qui minore ce bénéfice de 0,3 M€.

3.2.

La capacité d'autofinancement de l'Institut, initialement fixée à 17,6 M€ dans l'EPRD, se trouve automatiquement ajustée à un niveau supérieur du fait de l'amélioration du résultat de 11,9 M€, et progresse en outre de 8,3 M€ du fait de la réintégration

de la dotation aux provisions (fiscalité et retraite), prévue dans l'EPRD sous la forme de charges et non de provisions.

La capacité d'autofinancement de l'IRSN est donc portée à 37,8 M€ pour assurer le financement de ses investissements. L'ensemble des projets lancés sur l'exercice 2005 ou reportés de l'année 2004 s'élève à 38,6 M€, dont l'exécution est réalisée à hauteur de 26,4 M€, ce qui se traduit par le report sur l'année 2006, pour un montant total de 12,2 M€, du solde de ces opérations engagées. D'un montant significatif, ce report s'explique à la fois par le retard pris par certaines opérations et par le lancement en cours d'année de certains projets non prévus initialement. Ces 12,2 M€ versés au fonds de roulement au titre de 2005 feront l'objet d'un prélèvement sur le fonds de roulement au titre de 2006, en conformité avec les instructions de la direction du Budget (circulaire 4BCJS-05-3152 du 1^{er} août 2005).

4. ANALYSE DU BILAN

4.1. Passif

Exécution (en M€)	2003	2004	2005	Évolution 2005/2004
Situation nette	40,6	34,6	55,0	+ 58,9 %
Subventions d'investissement	18,9	12,3	8,5	- 30,9 %
S/T capitaux propres	59,5	46,9	63,5	+ 35,4 %
Provisions	8,4	12,4	20,3	+ 63,7 %
S/T capitaux permanents	67,9	59,3	83,8	+ 41,3 %
Dettes financières	0,1	-	7,3	NS
Avances et acomptes	2,4	2,4	2,5	+ 4,2 %
Dettes fournisseurs	84,4	40,6	40,7	+ 0,2 %
Dettes fiscales et sociales	11,4	16,7	20,5	+ 22,8 %
Autres dettes	41,8	2,9	1,7	- 41,4 %
S/T Dettes court et moyen termes	140,1	62,6	72,7	+ 16,1 %
Total	208,0	121,9	156,5	+ 28,4 %

4.1.1.

Avec la prise en compte d'un résultat bénéficiaire de 20,4 M€, les capitaux permanents se composent :

- d'une situation nette de 55 M€ ;
- de 8,5 M€ de subventions d'investissement ;
- de 20,3 M€ de provisions ;

soit un total de 83,8 M€ contre 59,3 M€ en 2004 et 67,9 M€ en 2003.

4.1.2.

Les dettes à court et moyen terme s'élèvent à 72,7 M€, contre 62,6 M€ pour l'année précédente. Cette progression s'explique essentiellement par la souscription d'un emprunt de 7,2 M€, destiné à financer l'acquisition d'un immeuble, et par l'ajustement (pour un montant de 3,6 M€) du passif social au titre des congés payés. Ces dettes à court et moyen terme se décomposent comme suit :

- 7,3 M€ de dettes financières ;
- 2,4 M€ d'avances sur commandes en cours ;
- 40,8 M€ de dettes fournisseurs ;
- 20,5 M€ de dettes fiscales ou sociales ;
- 1,7 M€ de dettes diverses.

4.2. Actif

Exécution (en M€)	2003	2004	2005	Évolution 2005/2004
Actif immobilisé	47,9	50,1	62,5	+ 24,8 %
Avances et acomptes	7,8	9,8	0,1	- 99,0 %
Créances d'exploitation	108,3	48,5	26,7	- 44,9 %
Trésorerie	44,1	13,5	67,2	+ 397,8 %
Total	208,1	121,9	156,5	+ 28,4 %

4.2.1.

L'actif immobilisé est en progression notable (de 24,8 %) avec un montant net de 62,5 M€ contre 50,1 M€ l'année précédente. Après plusieurs exercices où ce poste restait stable et traduisait un vieillissement des installations de l'IRSN, la tendance est inversée et devrait se poursuivre en 2006.

4.2.2.

L'actif circulant est en progression à 94,1 M€ contre 71,8 M€ en 2004. Il se décompose en :

- 26,7 M€ de créances d'exploitation ;
- 67,2 M€ de trésorerie.

La forte croissance de la trésorerie constatée à l'occasion de la clôture de l'exercice 2005 correspond :

- au retard constaté (*cf. supra*) sur le programme d'investissement (12,2 M€) ;
- aux provisions constituées sur l'exercice (8,3 M€) ;
- à la forte réduction des créances d'exploitation (- 21,6 M€).

Cet exercice 2005 se termine sur un fonds de roulement en croissance de 19,5 M€ au sein duquel 12,2 M€ de report d'investissements seront prélevés en décision modificative n° 1 sur l'exercice 2006.

CONCLUSION

Le budget 2005 a été exécuté conformément aux engagements budgétaires pris devant le conseil d'administration.

Les comptes ne prennent pas en considération la charge future de démantèlement, dont les modalités de prise en charge n'étaient pas totalement clarifiées au 31 décembre 2005. Ce provisionnement, estimé à 31 M€, a été intégré dans la décision modificative n° 1 pour 2006, grâce à l'affectation directe à l'IRSN d'une fraction du produit de la taxe sur les INB au titre de 2006. L'IRSN a demandé la péren-

nisation de cette mesure à compter de 2007, de manière à lui permettre de faire face notamment à ces charges futures.

La disparition du déficit budgétaire de l'Institut, consécutive à la révision de son régime fiscal, lui permet de présenter une situation financière assainie au plan de son fonctionnement courant. Avec l'assujettissement effectif de l'IRSN à la taxe sur les salaires à compter de 2006, cette amélioration ne pourra être maintenue que dans la mesure où le régime fiscal adopté pour la TVA sera étendu à l'impôt sur les sociétés et à la taxe professionnelle.

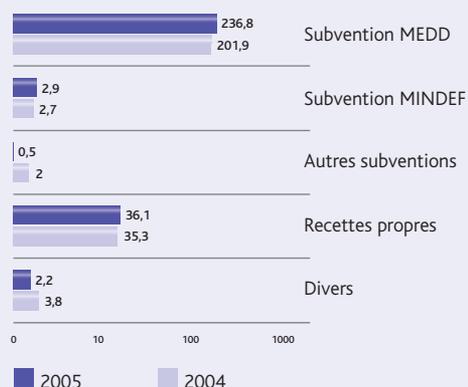
Compte de résultat

PRODUITS

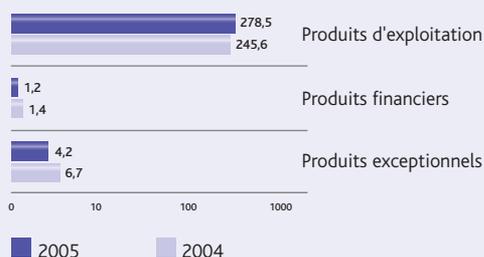
En euros hors taxes	2005	2004	2003
Produits d'exploitation	278 533 129,53	245 598 908,63	235 482 280,96
Montant net du chiffre d'affaires	36 082 032,27	35 164 526,17	35 590 211,96
Subventions d'exploitation ⁽¹⁾	240 153 038,38	206 681 399,76	198 098 871,94
Reprises sur amortissements et provisions	522 051,53	80 417,64	20 504,32
Transferts de charges	54 410,88	36 839,37	25 349,47
Autres produits	1 721 596,47	3 635 725,69	1 747 343,27
Produits financiers	1 190 690,45	1 446 579,93	1 018 763,58
De participation	104 780,21		
Autres intérêts et produits assimilés	19 690,46	8 710,77	
Différences positives de change	4 800,05	19 953,00	38 568,13
Produits nets sur cessions de valeurs mobilières de placement	1 061 419,73	1 417 916,16	980 195,45
Produits exceptionnels	4 146 552,62	6 721 564,71	25 211 622,50
Produits des cessions d'éléments d'actif	20 516,72		
Subventions d'investissement virées au compte de résultat de l'exercice	3 791 414,60	6 554 482,13	18 742 326,22
Subventions d'investissement non étalées	265 856,15		
Sur opérations de gestion	68 765,15	167 082,58	6 469 296,28
TOTAL PRODUITS	283 870 372,60	253 767 053,27	261 712 667,04
Solde débiteur = perte		6 045 350,60	
TOTAL GÉNÉRAL	283 870 372,60	259 812 403,87	261 712 667,04

(1) À compter du 1^{er} janvier 2005, les subventions de fonctionnement versées par le ministère de l'Écologie et du Développement durable et le ministère de la Défense sont exonérées de TVA.

Produits d'exploitation (en M€)



Détail des produits (en M€)



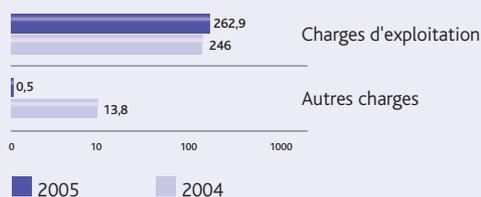
CHARGES

En euros hors taxes	2005	2004	2003
Charges d'exploitation	262 953 012,10	245 997 066,23	261 015 076,71
Consommations de l'exercice en provenance de tiers ⁽¹⁾	132 158 168,96	158 454 902,47	182 831 266,23
Impôts, taxes et versements assimilés	3 302 586,05	2 776 145,74	1 381 124,89
Charges de personnel ⁽²⁾	103 617 061,44	65 805 418,98	45 440 248,53
Dotations aux amortissements et aux provisions	21 734 857,59	17 771 491,98	28 404 363,46
Autres charges	2 140 338,06	1 189 107,06	2 958 073,60
Charges financières	99 153,11	33 456,39	21 155,29
Dotations aux amortissements et aux provisions			
Intérêts et charges assimilées	88 837,44	9 805,48	1 881,88
Différences négatives de change	10 315,67	13 650,91	19 199,31
Charges nettes sur cessions de valeurs mobilières de placement		10 000,00	74,10
Charges exceptionnelles	375 520,45	13 763 131,25	260 535,00
Sur opérations de gestion	292 742,13	13 763 131,25	35,00
Sur opérations en capital	82 778,32		500,00
Dotations aux amortissements et aux provisions			260 000,00
Impôt sur les bénéfices	18 750,00	18 750,00	
Imposition forfaitaire annuelle	18 750,00	18 750,00	
TOTAL CHARGES	263 446 435,66	259 812 403,87	261 296 767,00
Solde créditeur = bénéfice	20 423 936,94		415 900,04
TOTAL GÉNÉRAL	283 870 372,60	259 812 403,87	261 712 667,04

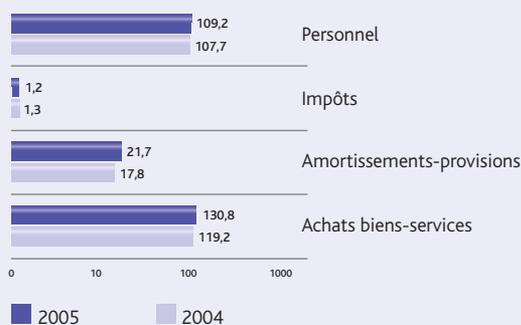
(1) Depuis le 1^{er} janvier 2005, la TVA sur les achats est devenue non récupérable au prorata de l'activité non soumise à la TVA.

(2) Les charges de personnel augmentent avec l'arrivée des salariés du CEA optant pour l'IRSN. Cette augmentation se compense par une baisse équivalente des consommations en provenance des tiers.

Détail des charges (en M€)



Charges d'exploitation (en M€)

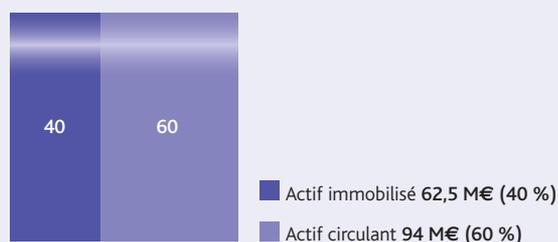


Bilan

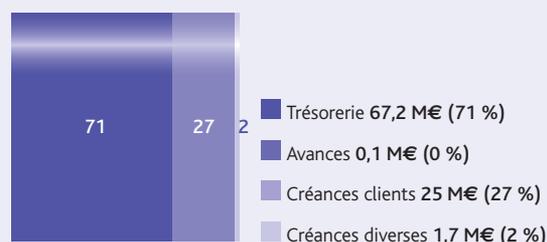
ACTIF

En euros	2005			2004	2003
	Brut	Amortissements et provisions	Net	Net	Net
Immobilisations incorporelles	8 368 894,53	6 771 569,16	1 597 325,37	1 742 147,10	1 845 335,08
Immobilisations corporelles	104 762 296,29	45 204 104,93	59 558 191,36	47 190 404,05	45 435 018,48
Immobilisations financières	1 314 180,01		1 314 180,01	1 196 078,27	635 212,81
Actif immobilisé	114 445 370,83	51 975 674,09	62 469 696,74	50 128 629,42	47 915 566,37
Stocks et en-cours					34 943,08
Avances et acomptes versés sur commandes	140 499,71		140 499,71	9 824 069,06	7 758 726,96
Créances d'exploitation					
<i>Créances clients</i>	25 116 260,99	131 679,02	24 984 581,97	29 826 904,94	28 178 006,45
<i>Autres créances</i>	1 731 507,74		1 731 507,74	18 533 312,85	79 899 947,86
	26 847 768,73	131 679,02	26 716 089,71	48 360 217,79	108 077 954,31
Créances diverses				1 069,28	1 069,28
Valeurs mobilières de placement	65 313 646,29		65 313 646,29	10 938 217,44	33 680 806,20
Disponibilités	1 905 219,84		1 905 219,84	2 565 411,71	10 370 525,94
Charges constatées d'avance				72 469,00	241 517,33
Actif circulant	94 207 134,57	131 679,02	94 075 455,55	71 761 454,28	160 165 543,10
TOTAL GÉNÉRAL	208 652 505,40	52 107 353,11	156 545 152,29	121 890 083,70	208 081 109,47

Détail de l'actif



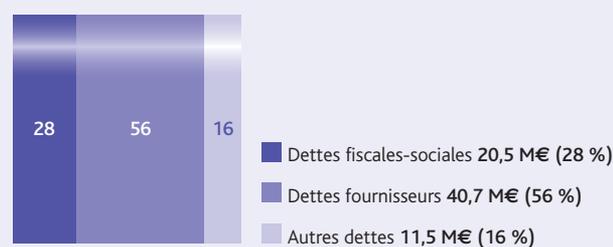
Actif circulant



PASSIF

En euros	2005	2004	2003
Dotation	8 782 859,59	8 782 859,59	8 782 859,59
Réserves	31 844 160,61	31 844 160,61	31 428 260,57
Report à nouveau	- 6 045 350,60		
Résultat de l'exercice (bénéfice ou perte)	20 423 936,94	- 6 045 350,60	415 900,04
Situation nette	55 005 606,54	34 581 669,60	40 627 020,20
Subventions d'investissement	8 505 605,26	12 297 019,86	18 851 501,99
Capitaux propres	63 511 211,80	46 878 689,46	59 478 522,19
Provisions pour risques	1 278 000,00	1 260 000,00	260 000,00
Provisions pour impôts	9 250 369,57	1 300 000,00	
Provisions pour charges	9 806 000,00	9 882 369,57	8 150 000,00
Provisions pour risques et charges	20 334 369,57	12 442 369,57	8 410 000,00
Emprunts et dettes auprès des établissements de crédit	7 283 771,11		136 224,68
Emprunts et dettes financières divers	190,50	312,42	312,42
Avances et acomptes reçus sur commandes en cours	2 468 724,45	2 426 504,71	2 426 504,71
Dettes fournisseurs et comptes rattachés	31 459 617,08	33 998 794,86	79 002 887,85
Dettes fiscales et sociales	20 529 969,47	16 649 279,72	11 409 966,28
Autres dettes d'exploitation			39 514 301,48
Dettes sur immobilisations et comptes rattachés	9 306 807,42	6 583 920,72	5 386 816,45
Autres dettes	1 650 490,89	2 792 448,24	2 197 809,41
Comptes de régularisations		117 764,00	117 764,00
Dettes	72 699 570,92	62 569 024,67	140 192 587,28
TOTAL GÉNÉRAL	156 545 152,29	121 890 083,70	208 081 109,47

Analyse des dettes



Soldes intermédiaires de gestion

RUBRIQUES	31/12/05	%	31/12/04	31/12/03
Chiffre d'affaires	36 082 032,27	13,06 %	35 164 526,17	35 590 211,96
+ Subventions d'exploitation	240 153 038,38	86,94 %	206 681 399,76	198 098 871,94
PRODUCTION DE L'EXERCICE	276 235 070,65	100 %	241 845 925,93	233 689 083,90
- Consommation en provenance des tiers	132 158 168,96	47,84 %	158 454 902,47	182 831 266,23
VALEUR AJOUTÉE	144 076 901,69	52,16 %	83 391 023,46	50 857 817,67
- Impôts et taxes	3 302 586,05	1,20 %	2 776 145,74	1 381 124,89
- Charges de personnel	103 617 061,44	37,51 %	65 805 418,98	45 440 248,53
EXCÉDENT BRUT D'EXPLOITATION	37 157 254,20	13,45 %	14 809 458,74	4 036 444,25
+ Reprises, transfert de charges	576 462,41	0,21 %	117 257,01	45 853,79
+ Autres produits	1 721 596,47	0,62 %	3 635 725,69	1 747 343,27
- Dotations amortissements, provisions	21 734 857,59	7,87 %	17 771 491,98	28 404 363,46
+ Reprise sur subventions d'équipement	4 057 270,75	1,47 %	6 554 482,13	18 742 326,22
- Autres charges	2 140 338,06	0,77 %	1 189 107,06	2 958 073,60
RÉSULTAT D'EXPLOITATION	19 637 388,18	7,11 %	6 156 324,53	- 6 790 469,53
+ Produits financiers	1 190 690,45	0,43 %	1 446 579,93	1 018 763,58
- Charges financières	99 153,11	0,04 %	33 456,39	21 155,29
RÉSULTAT COURANT AVANT IMPÔT	20 728 925,52	7,50 %	7 569 448,07	- 5 792 861,24
+ Produits exceptionnels	89 281,87	0,03 %	167 082,58	6 469 296,28
- Charges exceptionnelles	375 520,45	0,14 %	13 763 131,25	260 535,00
RÉSULTAT EXCEPTIONNEL	- 286 238,58	- 0,10 %	- 13 596 048,67	6 208 761,28
- Impôts sur les bénéfices	18 750,00	0,01 %	18 750,00	
RÉSULTAT DE L'EXERCICE	20 423 936,94	7,39 %	- 6 045 350,60	415 900,04

Rapprochement prévisions-réalisations

COMPTE DE RÉSULTAT en euros	Budget 2005	Réel 2005
PRODUITS		
Ventes de prestations de services	37 865 760,00	36 082 032,27
Subventions publiques	239 703 400,00	240 153 038,38
Autres produits d'exploitation	1 154 780,00	3 301 319,10
Opérations internes	4 893 000,00	4 333 982,85
TOTAL DES PRODUITS	283 616 940,00	283 870 372,60
CHARGES		
Charges de personnel	110 073 780,00	103 617 061,44
Autres charges d'exploitation	151 060 960,00	138 089 268,20
Opérations internes	14 000 000,00	21 740 106,02
TOTAL DES CHARGES	275 134 740,00	263 446 435,66
RÉSULTAT (BÉNÉFICE)	8 482 200,00	20 423 936,94
RÉSULTAT (PERTE)		
TOTAL ÉQUILIBRE DU COMPTE DE RÉSULTAT	283 616 940,00	283 870 372,60

TABLEAU DE PASSAGE DU RÉSULTAT À LA CAF en euros	Budget 2005	Réel 2005
RÉSULTAT	8 482 200,00	20 423 936,94
+ Valeur comptable des éléments d'actif cédés		5 248,43
+ Dotations aux amortissements et aux provisions	14 000 000,00	21 734 857,59
- Produits des cessions d'éléments d'actif		20 516,72
- Quote-part des subventions virée au résultat		3 791 414,60
- Reprises sur amortissements et provisions	4 893 000,00	522 051,53
CAPACITÉ D'AUTOFINANCEMENT	17 589 200,00	37 830 060,11

TABLEAU DE FINANCEMENT ABRÉGÉ en euros	Budget 2005	Réel 2005
CAPACITÉ D'AUTOFINANCEMENT	17 589 200,00	37 830 060,11
Acquisitions d'immobilisations corporelles et incorporelles	27 028 360,00	25 560 548,88
Immobilisations financières	780 000,00	876 486,61
Remboursement de dettes financières		121,92
TOTAL DES EMPLOIS	27 808 360,00	26 437 157,41
Subventions publiques d'investissement		
Autres ressources (hors opérations internes)	8 009 160,00	8 062 672,70
TOTAL DES RESSOURCES	8 009 160,00	8 062 672,70
APPORT AU FONDS DE ROULEMENT	- 2 210 000,00	19 455 575,40

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Siège social

77-83, avenue du Général-de-Gaulle
92140 Clamart
RCS Nanterre B 440 546 018

Téléphone

+ 33 (0)1 58 35 88 88

Courrier

B.P. 17 - 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex

Site Internet de l'IRSN

www.irsn.org