

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

# AKTIS

L'actualité de la recherche à l'IRSN



n° 10  
Octobre-Décembre  
2012

Les collaborations en  
recherche : enrichir les approches  
scientifiques des risques,  
du national à l'international



# ÉDITORIAL

## Les coopérations scientifiques à l'Horizon 2020

*La recherche se nourrit de l'échange, porteur d'enrichissement et d'innovation.*

*Organisme de recherche en sûreté nucléaire et radioprotection, l'IRSN développe un portefeuille choisi de collaborations et partenariats.*

*Ces relations – recherchées, triées, choyées – permettent d'atteindre des objectifs multiples : faire progresser la sûreté sous toutes ses formes ; protéger des radiations l'environnement, les hommes et leurs œuvres ; mettre les connaissances scientifiques au service de la recherche médicale ; embrasser plus largement le champ des connaissances nécessaires à ses missions.*

*C'est pourquoi l'IRSN œuvre pour promouvoir le développement de ces coopérations, et agit aujourd'hui pour leur structuration auprès des organismes internationaux qui en définissent le cadre : l'AEN (à travers le CSNI<sup>GLO</sup>) et tout particulièrement la Commission européenne (via l'implication de l'IRSN au sein de Melodi<sup>GLO</sup>, de Nugenia<sup>GLO</sup> ou encore de l'Alliance européenne pour la radioécologie). Sans oublier les relations privilégiées que l'Institut entretient avec les autres organismes techniques de sûreté dans leur réseau Etson et l'organisme de formation l'Enstti.*

*Car c'est dans le dialogue que se tressent les liens permettant la germination du progrès dans tous les domaines du savoir.*



© Olivier Seignette/Mickaël Lafontan/IRSN

Giovanni Bruna,  
Directeur scientifique

**Aktis** est la lettre d'information scientifique de l'IRSN. Elle présente les principaux résultats de recherches menées par l'Institut dans les domaines de la radio-protection, de la sûreté et de la sécurité nucléaires. Trimestrielle et gratuite, elle existe aussi en version électronique sur abonnement.

**Aktis** est une publication trimestrielle de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire. Éditeur IRSN – standard : +33 (0)1 58 35 88 88 – www.irsn.fr – Directeur de la publication : Jacques Repus-sard – Directeur de la rédaction : Matthieu Schuler – Rédactrice en chef : Sandrine Marano – Comité de lecture : Gianni Bruna, Matthieu Schuler, Jeanne Suhamy – Comité éditorial : Gianni Bruna, Aleth Delattre, Dominique Franquard, Bernard Goudal, Christine Goudebranché, Pascale Monti, Matthieu Schuler – Conception et réalisation : Aphanis – Impression : IdéaleProd, sur papier recyclé – ISSN : 2110-588X – Droits de reproduction sous réserve d'accord de notre part et de mention de la source. Conformément à la loi N° 2004-801 du 6 août 2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel et modifiant la loi N° 78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, tout utilisateur ayant déposé des informations directement ou indirectement nominatives, peut demander la communication de ces informations et les faire rectifier le cas échéant.

## SOMMAIRE

### Édito

Par Giovanni Bruna

### Avancées de la recherche

Pages 3 et 4

L'uranium et ses isotopes pour surveiller les installations nucléaires

Uranium et thorium naturels : les chemins vers l'alimentation

### FOCUS

Pages 5 à 8

Les collaborations en recherche : enrichir les approches scientifiques des risques, du national à l'international



### Formation par la recherche

Page 9

Des ongles pour mesurer la dose reçue en cas d'accident radiologique

### Enquête de lectorat

Page 10

Merci pour ces résultats encourageants et utiles

### La vie de la recherche

Pages 10 et 11

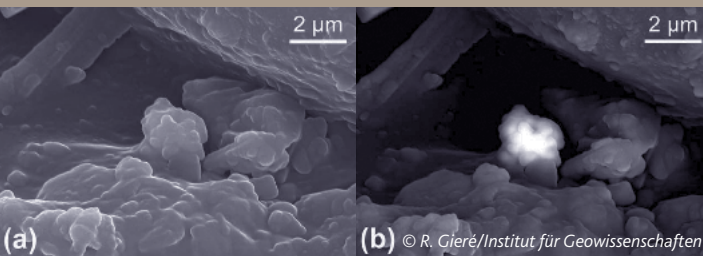
Séminaire : Journées des thèses  
Chiffre

Deux soutenances de HDR en sûreté nucléaire

Six nouveaux projets européens

Glossaire

Page 12



Images au microscope électronique de particules d'uranium déposées sur des feuilles de cyprès qui ont confirmé les résultats donnés par la mesure du rapport isotopique. En (a), image par les électrons secondaires ; en (b) par les électrons rétrodiffusés, qui rendent brillants les atomes d'uranium. Gieré R. et al. « Uranium oxide and other airborne particles deposited on cypress leaves close to a nuclear facility », *J. Environ. Monit.*, 2012, 14, 1264.

Déchets radioactifs - Radioécologie

## L'URANIUM ET SES ISOTOPES POUR SURVEILLER LES INSTALLATIONS NUCLÉAIRES

**L'IRSN a montré que le suivi des rapports isotopiques de l'uranium est un bon moyen pour distinguer l'uranium issu des rejets des installations du cycle du combustible nucléaire.**

Lorsque l'on surveille les rejets radioactifs autour des installations nucléaires, il est très difficile d'établir si l'uranium mesuré dans l'environnement (eaux, sols, végétaux, etc.) est d'origine naturelle ou artificielle. En effet, les rejets d'uranium provenant d'activités humaines<sup>(1)</sup> génèrent, hors accident d'envergure, un niveau de radioactivité du même ordre que celui de l'uranium présent naturellement. Comment faire la discrimination ?

Les chercheurs de l'IRSN sont partis du fait suivant : le rapport isotopique de l'uranium, c'est-à-dire le rapport de chaque isotope ( $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  et  $^{238}\text{U}$ ) avec  $^{238}\text{U}$ , a une valeur caractéristique aussi bien dans l'environnement naturel, que dans le combustible nucléaire ou dans l'uranium de retraitement. Ainsi, dans l'uranium naturel, le rapport  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  (en masse) est égal à 0,72 %. Pour l'uranium appauvri, qui subsiste après le processus d'enrichissement, il est inférieur à 0,72 %.

### [ Caractéristique de l'uranium appauvri ]

Les chercheurs de l'IRSN ont mené une campagne de prélèvement autour de l'usine Areva de Malvési<sup>(2)</sup> (département de l'Aude), dont les fours rejettent des effluents d'uranium ; en 2008, un test avec de l'uranium appauvri a été réalisé dans l'installation. Le rapport  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  a été déduit de mesures dans des salades, du blé et des aiguilles de cyprès à différentes distances de l'installation. Ces mesures ont été réalisées à l'aide de l'ICP-MS<sup>GLO</sup>, afin d'obtenir une précision compatible avec le niveau du bruit de fond naturel. Résultat : le rapport isotopique dépend de la distance à l'usine et atteint jusqu'à 0,39 % pour du blé prélevé tout près de l'installation, à 50 m dans la direction privilégiée des rejets, une valeur proche du rapport caractéristique de l'uranium appauvri. Or, ce rapport isotopique obtenu dans les échantillons ne

correspondait pas à celui mesuré dans le sol, qui est celui de l'uranium issu des roches du sous-sol. L'uranium présent dans les plantes provenait donc nécessairement de rejets atmosphériques d'uranium appauvri de l'installation en 2008.

### [ Des traceurs performants ]

L'étude du site de Malvési - où du combustible usagé a été retraité entre 1960 et 1983 - a permis une autre démonstration. Le rapport  $^{236}\text{U}/^{238}\text{U}$ , qui à l'état naturel vaut environ  $10^{-14}$ , a été évalué entre  $10^{-2}$  à  $10^{-4}$  dans les sols et les sédiments, signant ainsi la présence de rejets d'uranium provenant de combustible retraité.

Le marquage de l'environnement par l'uranium rejeté par le site a été confirmé par la mise en évidence de microparticules d'uranium à la surface des plantes. Il montre que les isotopes de l'uranium mesurés dans les végétaux, les sols et l'eau, constituent des traceurs performants pour surveiller les rejets d'uranium des installations du cycle du combustible nucléaire.

**Contact : Laurent Pourcelot - [laurent.pourcelot@irsn.fr](mailto:laurent.pourcelot@irsn.fr)**  
(Laboratoire d'études radioécologiques du milieu continental et marin - LERCM)

<sup>(1)</sup> Uranium issu de l'extraction du minerai uranifère, de l'industrie nucléaire, d'engrais phosphatés, de l'utilisation de l'uranium appauvri.

<sup>(2)</sup> L'usine Areva de Malvési purifie le minerai d'uranium et le convertit en UF<sub>4</sub> qui sera ensuite enrichi sur le site de Pierrelatte (département de la Drôme).



Areva NC, Institut für Geowissenschaften  
(Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg, Allemagne)

+++ Pourcelot L., et al. « Actinides and decay products in selected produce and bioindicators in the vicinity of a uranium plant », *J. Environ. Monit.*, 2011, 13, 1327.

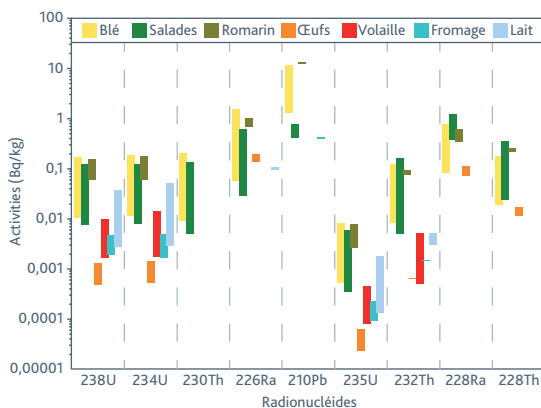
+++ Pourcelot L., et al., « Isotopic evidence of natural uranium and spent fuel uranium releases into the environment », *J. Environ. Monit.*, 2011, 13, 355-361.

## URANIUM ET THORIUM NATURELS : LES CHEMINS VERS L'ALIMENTATION

Une thèse menée à l'IRSN par Marion Jeambrun a approfondi les connaissances sur les transferts de l'uranium et du thorium naturels, ainsi que leurs descendants, dans des produits agricoles animaux et végétaux.

L'uranium, le thorium et leurs descendants, sont des éléments radioactifs naturellement présents en faible quantité dans l'environnement et notamment dans la chaîne alimentaire. Le développement des moyens de mesure (ICP-MS<sup>GLO</sup>, notamment) permet maintenant de quantifier leurs concentrations à des niveaux jusqu'alors indétectables. Durant sa thèse à l'IRSN, Marion Jeambrun a évalué la concentration de ces radioéléments dans le blé, la salade, la viande de poulet et les œufs. Elle a aussi défini les contributions des différentes sources environnementales (eau, sol, atmosphère) et calculé certains facteurs de transfert à ces produits agricoles. Les productions agricoles animales et végétales étudiées ont été prélevées dans cinq régions différentes en France qui se distinguent par leurs caractéristiques géologiques : zone granitique, volcanique et sédimentaire. De plus, l'un des sites de prélèvement est situé sous influence potentielle des rejets atmosphériques du site nucléaire de Tricastin ; les autres sites sont loin de toute installation nucléaire.

4



Activité de l'uranium-238, de l'uranium-235, du thorium-232 et de leurs principaux descendants dans les denrées alimentaires (en Bq/kg de matière fraîche).

### [Eau, sol, particules atmosphériques]

Les concentrations des radionucléides étudiés, mesurées par ICP-MS dans la laitue et le blé, sont très variables d'un site à l'autre (pour l'uranium de

8 à 120 mBq/kg). Marion Jeambrun a comparé les ratios d'activité des radionucléides ( $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ , et  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , par exemple) pour les plantes, l'eau d'irrigation et les sols et confirmé ainsi que chacune des sources potentielles (sols, eaux et atmosphère) contribue à l'apport de radionucléides.

### [Corrélation]

Les mesures ont également été faites dans les échantillons de poulet et d'œufs prélevés sur les cinq sites, ainsi que dans l'eau de boisson des volailles, leur alimentation et les sols où elles picorent. Dans les œufs, la radioactivité vient principalement du  $^{226}\text{Ra}$  (entre 0,14 et 0,19 Bq/kg frais). Dans la viande de poulet, la concentration en  $^{238}\text{U}$  est plus importante (entre 0,0017 et 0,0097 Bq/kg frais) que celle du  $^{232}\text{Th}$ . Une corrélation a été recherchée entre ces concentrations et celles présentes dans l'alimentation des poulets. L'eau semble la source principale de l'uranium mesuré dans la viande de poulet, alors que c'est le sol pour le thorium. Quant aux œufs, le radium s'y incorpore en tant qu'analogue chimique du calcium. Les facteurs de transfert ont ainsi été calculés.

Les données acquises durant cette thèse contribuent à la connaissance des niveaux d'activité et des mécanismes de transfert de l'uranium et du thorium dans la chaîne alimentaire. Des éléments très importants à connaître en cas de rejet accidentel d'uranium dans l'environnement.

Contact : Laurent Pourcelot - [laurent.pourcelot@irsn.fr](mailto:laurent.pourcelot@irsn.fr)  
(Laboratoire d'études radioécologiques du milieu continental et marin - LERCM)

© IRSN



Laboratoire d'hydrologie et de géochimie de l'université de Strasbourg (LHyGeS), Areva NC.

+++ L'uranium et ses descendants dans la chaîne alimentaire, thèse soutenue par Marion Jeambrun le 24 septembre 2012 à l'Université de Strasbourg.

+++ Jeambrun M., et al. « Study on transfers of uranium, thorium and decay products from grain, water and soil to chicken meat and egg contents », *Journal of Environmental Monitoring*, 2012, 14, 2170-2180.

Collaborer est une longue tradition dans la recherche. Une mise en commun des cultures, des techniques, des compétences et des moyens...

... qui permet à l'IRSN d'enrichir son approche scientifique des risques. La complexité et l'amplitude des recherches en sûreté nucléaire et en radioprotection allant grandissant, l'IRSN conçoit ses collaborations de plus en plus au niveau européen.



La crise de l'accident de Fukushima-Daïichi l'a montré : le regroupement des compétences qui existe dans l'IRSN a permis à ses experts d'apporter des éclairages pertinents sur l'accident, tant aux pouvoirs publics qu'au public. L'Institut dispose en effet à la fois d'une organisation entraînée aux situations de crise, des connaissances scientifiques en radioprotection comme en sûreté, et d'outils performants. Ces compétences se développent, au fil des travaux de recherche que l'Institut mène sur le long terme avec persévérance, en visant l'excellence scientifique.

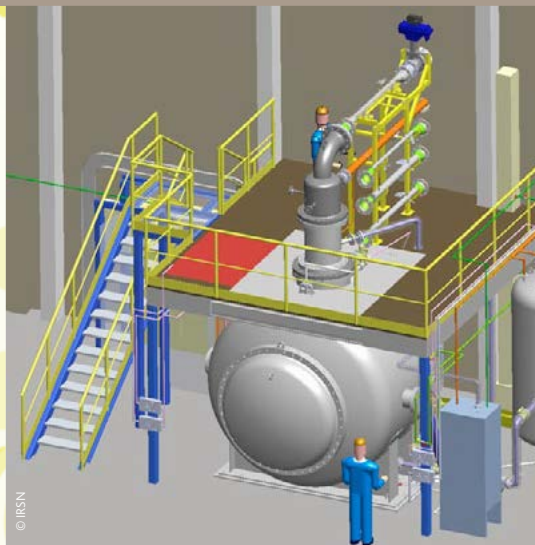
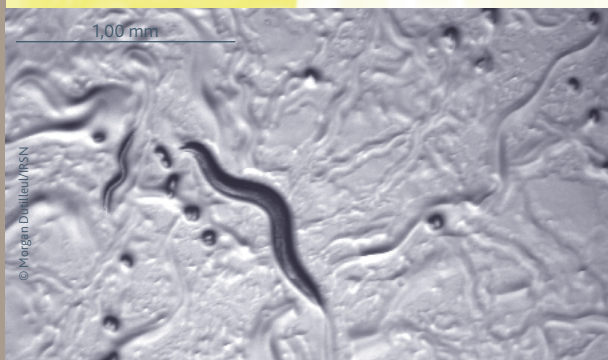
### [ La recherche nécessaire... ]

La recherche doit donc jouer, plus que jamais, un rôle moteur pour accroître le niveau de sûreté dans les installations et activités nucléaires. Un moteur d'autant plus efficace qu'il sera relayé par des travaux normatifs et la formation. Le premier objectif de la recherche à l'IRSN est de comprendre et modéliser les phénomènes qui peuvent être à l'origine d'accidents, et les conséquences radiologiques de ces accidents pour les hommes, les écosystèmes naturels ou l'agriculture. Le second, qui en découle, est de faire progresser les moyens pour limiter ces conséquences radiologiques, mais aussi pour faire face aux situations d'urgence.

### [ ... autant que les collaborations ]

L'IRSN consacre ainsi une part notable de ses ressources (40 % de son budget en 2011) à des programmes de recherche menés dans ses propres laboratoires ou par des partenaires, souvent dans le cadre de programmes coopératifs internationaux. En effet, si la recherche de l'IRSN aborde

*Observation d'une population de Caenorhabditis elegans sous loupe binoculaire. Ce ver transparent d'environ 1 mm de longueur à l'âge adulte est un organisme modèle pour les études de laboratoire. Dans le cadre du programme Star, des œufs de cet animal ont été exposés pendant plusieurs jours à un rayonnement gamma en vue d'étudier les effets d'une irradiation sur plusieurs paramètres tels que le taux d'éclosion, la croissance des larves, le succès reproducteur au stade adulte, etc.*



de nombreux champs scientifiques nécessaires à l'expertise de sûreté nucléaire ou de radioprotection, elle ne peut tous les traiter. D'une part en raison du coût élevé qu'impose l'expérimentation avec des matières radioactives. D'autre part, en raison des impératifs budgétaires et humains actuels. La recherche de l'Institut a donc été conduite à se structurer autour de certains axes majeurs. Les autres domaines de compétences se développent à la faveur de partenariats.

D'un point de vue scientifique, les collaborations stimulent une recherche efficace et inventive en mettant en synergie les cultures, les techniques et les moyens des différents partenaires pour des recherches dont les enjeux sont partagés. Les résultats obtenus, confrontés avec les pairs, alimentent la communauté scientifique et participent ainsi au développement de réseaux. Pour les chercheurs de l'IRSN, ces collaborations sont de plus l'une des voies de leur reconnaissance par la communauté scientifique.

### [ En France ]

Au niveau national, l'IRSN a tissé deux modes de coopération selon la nature des partenaires, industriels du secteur et acteurs académiques. Avec les industriels, les recherches se déroulent majoritairement dans le cadre de programmes multipartites dont la finalité a un fort enjeu économique et stratégique pour l'industrie nucléaire. Ces programmes, lorsqu'ils associent l'IRSN au CEA, à Areva ou à EDF, ont en commun d'avoir une dimension de

Le programme Pearl (Programme expérimental analytique sur le renoyage de lits de débris) a démarré en 2007. Il a pour but de mieux comprendre les écoulements d'eau et de vapeur au sein d'un milieu poreux constitué de particules solides à très haute température. C'est l'un des programmes phares du réseau Sarnet.



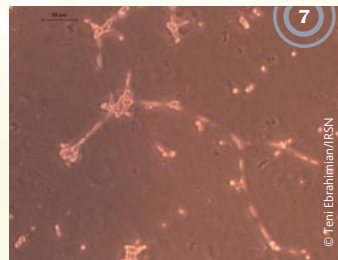
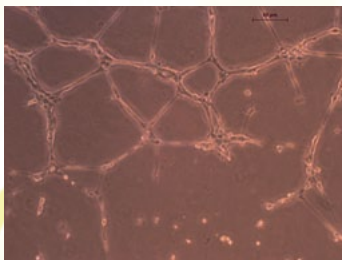
sûreté nucléaire ou de radioprotection. C'est ainsi que s'est développé dans la durée le code Cathare dans le domaine de la thermohydraulique des réacteurs, utilisé par tous, et par exemple par l'IRSN comme une brique de base du logiciel de calcul Astec<sup>GLO</sup> pour les accidents graves. L'intérêt de cette démarche est un échange bien compris sur les exigences de sûreté d'un côté et les impératifs d'efficacité et d'évolution technologique de l'autre.

Avec les acteurs académiques, des coopérations existent de longue date et démontrent les complémentarités de l'IRSN avec ses partenaires scientifiques. Les liens se sont noués avec des établissements comme le BRGM, l'Ifremer, ou le CNRS, et se structurent avec une douzaine d'établissements universitaires. Ces liens sont variés : nombreux travaux menés en commun entre laboratoires ; de 20 à 30 nouveaux doctorants accueillis chaque année à l'Institut ; 2000 heures d'enseignement effectués par des personnels de l'IRSN dans des établissements partenaires. La forme la plus structurée de collaboration est le laboratoire commun. Trois ont été créés avec le CNRS et les universités de Montpellier, Lille1, Provence et Méditerranée : le Laboratoire de Micromécanique et intégrité des structures (Mist) en 2008 ; le Laboratoire Cinétique chimique, combustion et réactivité (C<sup>3</sup>R) en 2009 ; et le Laboratoire d'Étude de l'incendie en milieu confiné (Etic) en janvier 2010. Enfin, l'IRSN a pris une part active à la mise en place du programme « Nucléaire, énergie, environnement, déchets, société » (Needs), programme porté par le CNRS pour soutenir des thématiques interdisciplinaires, répondre à un besoin sociétal et favoriser l'émergence de nouveaux champs disciplinaires. En complément, l'IRSN participe aux alliances nationales dans les champs connexes à ses

activités de recherche (principalement Ancre, Aviesan et Allenvi), notamment pour y veiller à la cohérence entre les positions qui s'établissent au niveau national, et celles qui se construisent au niveau européen.

### [ Des projets de recherche internationaux... ]

C'est à l'échelle européenne et internationale que l'Institut œuvre pour donner de l'ampleur à ses coopérations scientifiques et techniques. Les buts sont multiples : en amont, partager l'effort de recherche et des installations complexes, et en aval, faciliter la nécessaire harmonisation des pratiques de sûreté nucléaire et de radioprotection. Ainsi, l'IRSN s'est investi depuis longtemps dans les travaux menés dans les comités scientifiques internationaux de radioprotection (Unsear, CIPR, etc.). Les chercheurs de l'Institut sont très actifs dans les programmes coopératifs menés sous l'égide de l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN) de l'OCDE. De même, au niveau européen, 22 programmes sont en cours et les chercheurs de l'Institut participent à 16 projets proposés à la Commission européenne dans le cadre du 7<sup>ème</sup> programme cadre de recherche et développement (PCRD) pour sa partie Euratom.



Effet d'une irradiation chronique à faible et fort débit de dose sur la capacité des cellules endothéliales issues de cordon ombilical à former un réseau vasculaire. Étude dans le cadre du réseau Doremi – Effets non cancéreux – Task 7.3.

### [ ... aux réseaux d'excellence ... ]

Au-delà des projets coopératifs, briques de base de la recherche européenne, les réseaux d'excellence sont apparus au cours du 6<sup>ème</sup> PCRD (2002-2006) pour associer de manière plus structurée les parties prenantes européennes (industries, organismes scientifiques et monde académique) d'un même champ thématique. L'IRSN s'est fortement mobilisé pour contribuer à ces projets. Dès 2004, l'IRSN a présidé à la création d'un des premiers réseaux d'excellence, Sarnet<sup>GLO</sup>, sur les accidents de fusion du cœur. En 2010, l'Institut s'est engagé dans le réseau Doremi<sup>GLO</sup>, qui rassemble 22 organismes techniques de sûreté, centres de recherche,



Préparation d'un enfant pour un scanner à l'hôpital Armand Trousseau. L'IRSN participe au programme européen EPI-CT « Epidemiological study to quantify risks for paediatric computerized tomography and to optimises doses » qui a débuté début 2011.

Era en radioécologie. L'IRSN a piloté l'élaboration d'un document exprimant la position des membres du réseau européen Etson, sur les besoins de recherche en matière de sûreté pour les réacteurs nucléaires de générations II et III. Ce « position paper » participe à une plus grande présence des enjeux de sûreté nucléaire dans les programmes de recherche soutenus par l'association Nugenia. L'IRSN est également l'un des principaux acteurs de l'agenda stratégique élaboré par l'association Melodi sur les effets des faibles doses, et par l'alliance Era sur la radioécologie. Et l'IRSN prend aussi sa part de responsabilité scientifique en contribuant à l'avancement des travaux prévus dans les agendas stratégiques de recherche. Une nouvelle évolution va sans doute intervenir dans cet espace européen qui pouvait paraître morcelé : le regroupement de certaines plateformes dont les thématiques sont proches. Ainsi, il est envisagé de proposer au prochain appel d'offres Euratom, la création d'un consortium administratif, Operra<sup>GLO</sup>, commun aux plateformes Era, Melodi et Neris tout en conservant par ailleurs leurs spécificités scientifiques.

Cette démarche s'inscrit dans une stratégie de longue date. Cette implication forte de l'IRSN dans les réseaux internationaux spécialisés de coopération scientifique a montré son importance au moment de l'accident de Fukushima. Elle a permis d'accéder très rapidement à des données précises essentielles à l'évaluation de l'accident, comme par exemple les plans des réacteurs en cause, et de mener des échanges techniques confiants avec les organismes homologues d'autres pays.

La coopération scientifique est bien vitale à la recherche. Pour mutualiser les moyens humains, financiers et scientifiques à l'heure de l'austérité, alors même que la complexité des programmes demande toujours plus. Pour faciliter les échanges, d'informations, de résultats, d'outils. Pour promouvoir l'excellence des équipes de l'IRSN, donc les maintenir au plus haut niveau et conforter leur sérieux et leur notoriété. *In fine*, pour maintenir et développer les meilleures compétences nécessaires à l'évaluation des risques nucléaires et radiologiques et contribuer ainsi à l'amélioration de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Contact : Matthieu Schuler - [matthieu.schuler@irsn.fr](mailto:matthieu.schuler@irsn.fr)  
(Directeur de la stratégie,  
du développement et des partenariats)

universités et agences gouvernementales d'Europe et du Japon. Ce réseau travaille sur la problématique des effets sur la santé des expositions chroniques à de faibles doses de rayonnements ionisants, sujet à la fois ardu sur le plan scientifique et avec de fortes attentes sociétales. Il en a été de même dans le domaine de la radioécologie, l'IRSN participant à la mise en place du réseau d'excellence européen Star.

### [ ... vers les plateformes ]

Dans la transition actuelle du 7<sup>ème</sup> PCRD vers la séquence suivante, intitulée « Horizon 2020 », la Commission européenne fait avancer d'un nouveau pas la construction de l'espace européen de la recherche. Elle étudie de manière très concrète comment mobiliser les alliances entre parties prenantes – dénommées « plateformes » – d'un même domaine de recherche, souvent nées des réseaux d'excellence. Ces plateformes ont vocation à porter la programmation de la recherche européenne dans leur domaine. Elles contribuent en effet à établir un agenda dit stratégique, qui définit les objectifs de la recherche dans leur secteur à 20 ans. Et elles œuvrent pour que cet agenda soit suivi. L'IRSN s'est engagé de manière de plus en plus volontariste dans l'organisation de ces structures : Melodi<sup>GLO</sup> pour la recherche sur les effets des faibles doses de rayonnements ionisants, Nugenia<sup>GLO</sup> pour la recherche dans le domaine de la fission nucléaire pour les réacteurs de générations II et III, ou l'alliance européenne

## DES ONGLES POUR MESURER LA DOSE REÇUE EN CAS D'ACCIDENT RADIOLOGIQUE

François Tromprier a développé durant sa thèse une méthode de dosimétrie par RPE pour les ongles. Cette technique est explorée pour évaluer les doses au niveau des mains en cas d'irradiation accidentelle.

Pour déterminer la meilleure prise en charge médicale en cas d'accident d'irradiation, il est fondamental de reconstituer la dose de rayonnements reçue par les victimes. Cela implique en particulier de mettre au point des techniques capables de mesurer les doses reçues par des matériaux biologiques irradiés au moment de l'accident. La dosimétrie par spectroscopie par résonance paramagnétique électronique (RPE<sup>GLO</sup>) est l'une des pistes suivies par l'IRSN. Cette technique est déjà opérationnelle à l'Institut avec des échantillons d'email dentaire et de tissus osseux. Récemment, l'IRSN a décidé d'investiguer d'autres matériaux pour pouvoir appliquer cette technique à deux situations particulières : celle d'une irradiation localisée des mains, dont la répartition spatiale est très difficile à connaître ; et celle de l'irradiation d'un grand nombre de personnes, par accident ou malveillance, afin de déterminer celles qui nécessitent un suivi médical. Les ongles ont le double intérêt d'être faciles à prélever et de pouvoir donner des estimations directes de la dose aux mains.

### [ Le signal des ongles ]

Le défi du travail de thèse de François Tromprier était d'identifier un signal stable et caractéristique de l'irradiation parmi toutes les composantes du spectre RPE des ongles. Pour ce faire, il a étudié de proche en proche les signaux émis par des ongles irradiés et non irradiés, et a identifié trois catégories de signaux. La première catégorie est constituée des signaux intrinsèques, liés à la composition de l'ongle (présence de fer et de manganèse notamment). La deuxième est constituée de signaux parasites, liés par exemple aux vernis cosmétiques. La troisième est induite par le stress mécanique généré lors du prélèvement des ongles. Leur caractérisation a permis d'identifier, en comparant les spectres d'échantillons d'ongle avant et après irradiation, un signal radio-induit stable mais très peu intense qui est masqué par les autres composantes. Pour estimer la dose reçue en cas d'accident, François Tromprier a développé une méthode qui exploite le fait que ce signal radio-induit

arrive à saturation à partir de quelques dizaines de Gray (Gy). Il utilise la courbe de saturation de ce signal : en irradiant à nouveau l'ongle étudié jusqu'à ce que le signal sature, il en déduit le niveau d'irradiation initial de l'ongle et donc la dose reçue.



*Le protocole adapté aux irradiations accidentelles localisées aux mains a été testé suite à un accident survenu début 2012. À l'aide d'échantillons d'ongles (ici, dans le petit tube de verre), il a mis en évidence le niveau élevé de l'irradiation de trois victimes avant même l'apparition de lésions radio-induites.*

### [ Deux protocoles ]

Deux protocoles de mesure pour estimer les doses ont été établis : un premier, pour les doses inférieures à 10 Gy, pouvant être utilisé pour le tri de population et un autre, pour les plus fortes doses, adapté aux irradiations accidentelles localisées aux mains. De nombreux travaux d'optimisation sont encore nécessaires pour rendre pleinement opérationnelle cette technique, notamment pour le tri de population.

**Contact : François Tromprier - [francois.tromprier@irsn.fr](mailto:francois.tromprier@irsn.fr)**  
(Laboratoire de dosimétrie des rayonnements ionisants - LDRI)

+++ Tromprier F. « Developments and new trends for radiation accident dosimetry based on electron paramagnetic resonance spectroscopy », conférence invitée, Gordon Conference on Radiation Chemistry, Andover, 29/07-3/08/2012.



## ENQUÊTE DE LECTORAT : MERCI POUR CES RÉSULTATS ENCOURAGEANTS ET UTILES

Du 6 au 22 juin 2012, une enquête de lectorat a été réalisée auprès des abonnés d'Aktis. Vous êtes 167 lecteurs (sur 2000 abonnés) à avoir pris le temps de répondre à la quarantaine de questions posées en ligne : toute l'équipe de rédaction d'Aktis tient à vous en remercier !



Des résultats, il ressort que les trois-quarts d'entre vous consultent chaque nouveau numéro d'Aktis. Vous lisez en général (66 %) les quelques articles qui vous intéressent ; 18 % d'entre vous lisent tout. Pourquoi ? pour vous informer de la recherche à l'IRSN (89 %), que ce soit pour votre culture personnelle (69 %), pour suivre les résultats dans un domaine spécifique (56 %) ou pour alimenter votre propre activité (26 %). La moitié des lecteurs conserve les numéros, et un tiers les transmet à des collaborateurs ou des connaissances.

Concernant la présentation, vous êtes satisfaits des deux formats PDF et HTML de la revue (92 % pour le HTML). Dans les deux cas, vous percevez Aktis comme moderne (94 %), agréable à lire (92 %) bien équilibrée (92 %), bien organisée (78 %). Sur le fond, plus de 80 % d'entre vous considèrent que les articles sont intéressants, clairs, concis et précis, variés et utiles. Un tiers de lecteurs les juge cependant disparates et 20 % trop courts ou trop compliqués. Globalement, vous êtes plutôt satisfaits d'Aktis, tant dans sa forme que dans son contenu, sachant qu'une éventuelle version courte vous intéresse beaucoup.

Quant à la rubrique du site Internet de l'IRSN, vous la trouvez satisfaisante, mais elle pourrait être plus facile à utiliser (36 %) et plus complète (28 %). La complémentarité d'Aktis avec la rubrique *La recherche* vous semble évidente (92 %). Ces résultats ouvrent à l'IRSN des pistes d'amélioration intéressantes, tant pour améliorer la revue que la rubrique du site Internet !

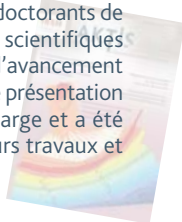
## LA VIE DE LA RECHERCHE

**31 NOUVEAUX DOCTORANTS  
DANS LES LABORATOIRES  
DE L'IRSN FIN 2012.**

### SÉMINAIRE

Les « Journées des thèses » de l'IRSN se sont déroulées cette année du 2 au 5 octobre au Croisic, en Loire-Atlantique. Durant

ces quatre jours de séminaire résidentiel, les doctorants et post-doctorants de l'Institut présentent leurs résultats devant leurs collègues et les scientifiques de différents organismes de recherche partenaires. Selon l'état d'avancement de leur thèse, ces exposés prennent la forme d'un poster ou d'une présentation orale. La journée du 2 octobre était ouverte à un public plus large et a été l'occasion d'assister à des présentations d'universitaires sur leurs travaux et collaborations avec l'IRSN.



## © IBSN

Figure 10 is a contour plot showing the spatial distribution of the normalized maximum value of the normalized axial magnetic field component,  $B_z/B_0$ , in the cross-section of a tokamak. The plot is color-coded from red (90-100) to blue (20-30). A white circle indicates the 'Cladding limits'. The axes range from -7 to 7.

■ 90-100   
 ■ 80-90   
 ■ 70-80   
 ■ 60-70   
 ■ 50-60   
 ■ 40-50   
 ■ 30-40   
 ■ 20-30   
 ■ 10-20   
 ■ 0-10

L'IRSN est partie prenante, à des niveaux divers, de quatre autres projets : Nuresafe (Nuclear Reactor Safety Simulation Platform), Alliance (Allegro-Implementing Advanced Nuclear Fuel Cycle in Central Europe) et Sacsess (Safety of Actinide Separation processes) pilotés par le CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) et Prepare (Innovative integrative tools and platforms to be prepared for radiological emergencies and post-accident response in Europe) coordonné par le KIT (Karlsruher Institut für Technologie).



**AEN CSNI**

Acronymes de Agence pour l'énergie nucléaire, Committee on Safety of Nuclear Installation.

**ASTEC**

Acronyme de Accident Source Term Evaluation Code. Système de logiciels dont l'objet est de simuler l'ensemble des phénomènes qui interviendraient au cours d'un accident de fusion du cœur d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

**DOREMI**

Acronyme de Low Dose Research towards Multidisciplinary Integration, réseau d'excellence européenne dédié à l'étude des effets des faibles doses de rayonnements ionisants.

**DOSIMÉTRIE RPE**

Technique de dosimétrie. Elle repose sur le fait que l'irradiation crée dans la matière des radicaux libres ou des défauts, regroupés sous le nom « d'espèces paramagnétiques », dont le nombre est proportionnel à la dose de rayonnement que le matériau biologique a absorbé. La spectroscopie par RPE permet de dénombrer ces espèces par la mesure de l'intensité de l'absorption de l'énergie d'une micro-onde par ces espèces lorsqu'elles sont placées dans un champ magnétique intense, et donc d'en déduire la dose reçue.

**ETSON**

Acronyme de European TSO Network, réseau des organismes techniques de sûreté (TSO) européens.

**ICP-MS**

Acronyme de Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif).

**MELODI**

Acronyme de Multidisciplinary European Low Dose Initiative, plateforme européenne pour la recherche sur les faibles doses de rayonnements ionisants.

**NUGENIA**

Acronyme de Nuclear Gen II & III Association, association dédiée à la recherche et développement des technologies de fission nucléaire.

**OPERRA**

Acronyme de Open Project for the European Radiation Research Area.

**SARNET**

Acronyme de Severe Accident Research Network of excellence, réseau d'excellence sur la recherche sur les accidents graves dans les réacteurs nucléaires.

L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) est un organisme public d'expertise et de recherche pour la sûreté et la sécurité nucléaires et la radioprotection. Il intervient comme expert en appui aux autorités publiques. Il exerce également des missions de service public qui lui sont confiées par la réglementation. Il contribue notamment à la surveillance radiologique du territoire national et des travailleurs, à la gestion des situations d'urgence et à l'information du public. Il met son expertise à la disposition de partenaires et de clients français ou étrangers.

Pour consulter la version numérique d'*Aktis*,  
accéder aux publications scientifiques  
et aux informations complémentaires  
en ligne, et pour s'abonner,  
rendez-vous sur le site Internet de l'IRSN :  
[www.irsnn.fr](http://www.irsnn.fr), rubrique La Recherche.

**Siège social**

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

**Téléphone**

+33 (0)1 58 35 88 88

**Courrier**

B.P.17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex, France

**Site Internet**

<http://www.irsnn.fr>

**IRSN**  
INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE