



© CEA



C'est-à-dire

Les expositions médicales diagnostiques des patients sont en train de devenir les plus importantes de toutes les expositions aux rayonnements ionisants, dépassant même les expositions aux rayonnements d'origine naturelle. Cette tendance va se poursuivre car ces techniques, en particulier le scanner et la médecine nucléaire, contribuent notablement au diagnostic des maladies, à l'orientation de la stratégie thérapeutique et au suivi de l'efficacité des traitements. La radiologie interventionnelle à visée diagnostique et thérapeutique associe des outils non invasifs.

Alors, n'oublions surtout pas les opérateurs du domaine médical dont une vingtaine présente un dépassement de la limite réglementaire fixée à 20 mSv/an. Même si des règles de sécurité et des limites de dose sont recommandées au poste de travail, des études récentes pourraient remettre en cause des valeurs anciennement établies.

Le mérite de la rubrique Info+ est de revenir en détails, pour le travailleur médical, sur le risque de cataracte radio-induite, l'exposition foetale ainsi que sur les moyens de protéger efficacement la femme enceinte.

Pr Michel BOURGUIGNON

Commissaire de l'Autorité de Sûreté Nucléaire

Actualités

Morphologic Characteristics of Chernobyl-Related Childhood Papillary Thyroid Carcinomas Are Independent of Radiation Exposure but Vary with Iodine Intake

L'accident de Tchernobyl a provoqué une augmentation inattendue de l'incidence des cancers papillaires de la thyroïde, avec une latence d'apparition particulièrement courte et une morphologie inhabituelle. Les auteurs ont exploré les causes de ces particularités.

Ces cancers apparus chez des enfants de Belarus, Ukraine et Fédération de Russie exposés au panache de Tchernobyl ont été comparés à ceux d'enfants non exposés des mêmes pays, mais aussi d'Angleterre, du Pays de Galles et du Japon.

Les auteurs n'ont pas observé de différence entre les cancers des enfants exposés et ceux des enfants non exposés des trois républiques ex-soviétiques. Les cancers thyroïdiens des enfants japonais étaient moins invasifs et plus

différenciés, tandis que ceux des enfants anglais présentaient des caractéristiques intermédiaires. De plus, le sex ratio des enfants atteints de cancers radio-induits était différent de celui des enfants non exposés : ratios féminin / masculin des sujets exposés versus non exposés étaient respectivement de 1,5 / 1 versus 4,2 / 1.

Les auteurs concluent que les caractéristiques morphologiques et d'agressivité des cancers thyroïdiens des enfants de Tchernobyl ne sont pas associés à l'exposition aux rayonnements ionisants. Ils avancent l'hypothèse du rôle de plusieurs facteurs tel que l'apport quotidien en iode dans l'alimentation.

Une déficience en iode pourrait augmenter l'incidence, réduire la latence, modifier la morphologie de la tumeur thyroïdienne ainsi que son agressivité.

[Consulter le résumé de l'article](#)

Sommaire

C'est à dire : Edito du Pr Bourguignon

Actualités : Les dernières nouvelles

Regard sur... : Rapport HLEG

Mémento : L'agenda des prochains mois

Info + : Radiologie et médecine nucléaire: Rayonnements et santé

Nota bene : Les rendez-vous à ne pas manquer



Regard sur...

RAPPORT HLEG

Dans le cadre de la thématique Radioprotection du 7^{ème} PCRD Euratom, la Commission européenne (CE) a mis en place, depuis janvier 2008, un groupe de travail sur l'étude des risques liés aux faibles doses de rayonnements ionisants. Nommé HLEG pour « High level expert group » on European Low Dose Risk Research, ce groupe de travail est composé de représentants d'organismes nationaux développant des programmes ou activités de recherche dans ce domaine (Allemagne, Finlande, France, Italie et Royaume-Uni). Le HLEG, auquel sont associés également la CE ainsi que des experts scientifiques, s'est donné trois missions :

- 1) Définir les objectifs et priorités scientifiques ;
- 2) Développer un agenda stratégique de recherche et une «road-map» en Europe à long terme ;
- 3) Etablir une structure opérationnelle durable pour ces recherches.

Le résultat du travail de ce groupe a été retranscrit dans un rapport qui analyse les différents champs thématiques retenus et propose une stratégie de recherche européenne en intégrant aussi les besoins en termes de formation et de compétences, ainsi que la nécessité de réaliser un état des lieux des infrastructures existantes en Europe pouvant soutenir ces recherches. Ce rapport, après consultation publique via le site web du HLEG, est disponible dans sa version définitive en ligne.

Dans ce rapport, cinq champs de recherche clés ont été identifiés :

- La forme de la relation dose-réponse et la sensibilité des tissus vis-à-vis du risque de développer un cancer ;
- La variabilité individuelle face au risque de cancer et la susceptibilité génétique ;
- Les caractéristiques du rayonnement ;
- Les risques associés à l'exposition interne ;

- Les effets non cancéreux.

Afin de mettre en œuvre des recherches coordonnées et pérennes couvrant ces cinq domaines, le HLEG propose la mise en place de la plateforme européenne MELODI (Multidisciplinary European LOw Dose Initiative). Cette organisation internationale devra être capable de :

- Rassembler les programmes menés dans les organismes de recherche européens, ou financés par d'autres structures ;
- Etablir des interfaces réelles avec les parties prenantes, la communauté scientifique et les acteurs de santé en Europe et dans le monde ;
- Assurer la pérennité des infrastructures stratégiques ;
- Mettre en place une approche intégrée en termes d'éducation et de formation, ainsi que les systèmes de gestion des connaissances nécessaires.

Un des points essentiels de cette nouvelle organisation de la recherche sur les faibles doses en Europe est de mieux fédérer des projets actuellement dispersés, ainsi que de mieux identifier l'ensemble des résultats obtenus dans des domaines connexes (santé publique, recherche fondamentale sur les cancers, par exemple), mais qui ne sont pas assez exploités par les acteurs de la recherche sur les faibles doses. Un autre aspect est d'être en mesure de proposer à la communauté scientifique un réseau d'infrastructures performantes et complémentaires, dans un contexte économique où l'utilisation des grands instruments de recherche doit être optimisé afin d'assurer leur pérennité.

La gouvernance associée à cette plateforme se décomposera en un Conseil d'Administration et un Comité Exécutif, auxquels sera adjoint un Comité scientifique.

[Consulter le rapport du HLEG](#)

Actualités (suite...)

Uncertainties in internal doses calculated for Mayak workers - a study of 63 cases

Cette publication est basée sur l'étude des données de 63 travailleurs du site de Mayak (Fédération de Russie) exposés au ²³⁹Pu. Les données d'entrée comprennent les autopsies complètes, les résultats urinaires, les concentrations atmosphériques et les circonstances des expositions pour chaque cas. L'objectif des auteurs est de développer et de tester la méthode bayésienne simplifiée de l'expression des incertitudes en dosimétrie interne sur la base de celles des résultats radiotoxicologiques combinées aux influences des modèles biocinétiques. Les auteurs ont pu

valider cette approche sur des données complètes ou partielles de cette cohorte et veulent la généraliser sur l'ensemble du site à des fins épidémiologiques.

En annexe, pour les spécialistes de la modélisation, le modèle de Khokhryakov est développé.

[Consulter le résumé de l'article](#)

Health effects of radon: A review of the literature

Cet article présente une revue des derniers résultats publiés sur l'exposition au radon et ses effets. Après une brève présentation des sources de radon et de son comporte-



Actualités (suite...)

ment dans les habitations, les auteurs présentent les résultats obtenus à la fois pour les études de cohortes de mineurs, et pour les études cas-témoins sur le radon domestique. Le principal risque abordé est celui de cancer du poumon, toutefois les auteurs présentent aussi succinctement des études réalisées sur l'incidence des leucémies ou de cancers solides, ainsi que des études portant sur les effets génétiques et cytogénétiques, et particulièrement les mécanismes de cancérogénèse liés à l'exposition au radon.

[Consulter le résumé de l'article](#)

SESAME: a software tool for the numerical dosimetric reconstruction of radiological accidents involving external sources and its application to the accident in Chile in December 2005

L'IRSN (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire) développe depuis plusieurs années des outils numériques de reconstitution dosimétrique, dédiés en particulier à la modélisation d'accidents d'irradiation. Cet article présente les dernières évolutions du système SESAME (Simulation of External Source Accident with MEDical images), et son application à un cas concret.

[Consulter le résumé de l'article](#)

Background radiation and cancer incidence in Kerala, India-Karanagappally cohort study

Une partie du Kerala (Inde) est soumise à un niveau de rayonnement naturel élevé (en moyenne 4 mGy/an, et jusqu'à 70 mGy/an en certains points de la côte). Une étude épidémiologique, menée depuis les années 90, sur l'incidence des cancers chez environ 70 000 habitants ne montre pas d'excès de cancer pour cette population. Dans la discussion, les auteurs comparent leurs résultats à ceux obtenus pour d'autres cohortes, et proposent une analyse des sources d'incertitude de leur étude.

[Consulter le résumé de l'article](#)

RADIOPROTECTEURS

Role of metallothionein as a protective factor against radiation carcinogenesis

Par des expérimentations sur des souris dépourvues de métallothionéine (MT)- I/II versus des souris normales, les auteurs mettent en évidence le rôle protecteur de cette protéine contre l'irradiation pour des doses supérieures à 1 Gy. Leurs résultats suggèrent que la métallothionéine présente des propriétés anti-cancérogène et antioxydante.

[Consulter le résumé de l'article](#)

The protection afforded by vitamin D against low radiation damage

Si la vitamine D est connue pour jouer un rôle sur la régulation du calcium dans la construction du squelette, elle pourrait avoir des actions protectrices contre différents types de rayonnements. Sa forme la plus active semble être la 1,25-dihydroxyvitamine D3. Parmi les mécanismes d'action mis en jeu, la vitamine pourrait agir sur : la régulation du cycle cellulaire, la prolifération cellulaire, différenciation et communication, apoptose et antiangiogenèse. L'auteur suggère que la vitamine D soit considérée comme un agent essentiel pour protéger des effets de l'irradiation et en particulier de la survenue de cancers radio-induits.

[Consulter le résumé de l'article](#)

Melatonin and roentgen irradiation-induced acute radiation enteritis in Albino rats: an animal model

L'administration de mélatonine sous forme injectable semble protéger l'intestin grêle des effets radio-induits d'une exposition aux rayons X à forte dose (8 Gy) chez le rat. Sur le plan histologique, il est montré une diminution significative des symptômes et des altérations cellulaires morphologiques de la muqueuse intestinale radio-induits après traitement à la mélatonine.

[Consulter le résumé de l'article](#)



Mémento

Juin

08 - 10 : International Workshop on Current Challenges to the Metrology of Ionizing Radiation in Sub-Micrometer Dimensions, Braunschweig, Germany

[Pour plus de renseignement sur le programme, consulter le site http://www.ptb.de](http://www.ptb.de)

Juillet

01 - 05 : RADAM 2009 - Radiation Damage in Biomolecular Systems, Frankfurt am Main, Germany

[Pour plus de renseignement consulter le site dédié](#)

Août

26 - 29 : 37th Annual Meeting of the European Radiation Research Society, Prague, Czech Republic

[Pour plus de renseignement, consulter le site http://err09.org/](http://err09.org/)

Septembre

23 - 24 : SFRP - Journées Tritium, Paris, UIC

[Pour plus de renseignement consulter le site de la SFRP](#)

Octobre

03 - 07 : 55th Annual Meeting of Radiation Research Society, Savannah Riverfront Marriot Hotel Savannah GA.

[Pour plus de renseignements consulter le site http://www.radres.org](http://www.radres.org)

12 - 16 : 11th Neutron and Ion Dosimetry Symposium, Cape Town, South Africa

[Pour plus de renseignement consulter le site Neudos-11](#)

13 : SFRP - Les techniques interventionnelles en médecine et radioprotection, Paris, UIC

[Pour plus de renseignement consulter le site de la SFRP](#)

08 - 11 : ETRAP 2009 - 4th International Conference on Education and Training in Radiological Protection, Lisbon, Portugal

[Pour plus de renseignement consulter le site dédié](#)



Actualités (suite...)

Case report: Iridium 192-health effects during 20 years after

En 1982, un homme de 53 ans a accidentellement été exposé à une source d'Iridium-192m de 275 GBq (7,43 Ci). Son suivi médical est l'objet de ce rapport qui analyse à la fois les aspects cliniques et biologiques de son état de santé. Il semblerait que, malgré des doses locales élevées au niveau du thorax et du bras gauche (20 à 40 Gy), cet homme ayant bénéficié de traitements adaptés a survécu durant 20 ans après l'accident, sans réels problèmes de santé.

[Consulter le résumé de l'article](#)

Le tritium et l'environnement : sources, mesures, et transferts

Cet article dresse une liste très exhaustive des sources naturelles et anthropogéniques de tritium, ainsi que des moyens développés pour le mesurer dans l'environnement. Il soulève les difficultés d'analyse des rejets de tritium liées aux nombreuses incertitudes des modèles utili-

sés. Sont aussi abordés les problèmes futurs de stockage des déchets tritiés et de l'application de la réglementation en matière d'exposition au tritium.

[Consulter le résumé de l'article](#)

Seventeen-year follow-up study on chromosomal aberrations in five victims accidentally exposed to several Gy of ⁶⁰Co γ-rays

Sept personnes ont été irradiées accidentellement par une source de ⁶⁰Co à Shanghai en juin 1990. Deux d'entre elles sont décédées. Le suivi cytogénétique pendant 17 ans des cinq survivants (ayant reçu des doses comprises entre 1,9 et 5,1 Gy) montre une faible diminution (10% environ) de la fréquence des translocations chez les victimes les plus exposées. Cette étude permet de valider le dénombrement d'aberrations chromosomiques dans les lymphocytes du sang périphérique en tant que dosimètre biologique d'exposition aux rayonnements ionisants.

[Consulter le résumé de l'article](#)

Info + : Radiologie et médecine nucléaire: Rayonnements et santé

Ce document vise à faire le bilan des risques pour la santé de l'exposition aux rayonnements ionisants auxquels peuvent être potentiellement exposés des travailleurs du domaine médical. Les informations se rapportent essentiellement aux opérateurs en radiologie d'une part et en médecine nucléaire d'autre part.

Si les rayonnements peuvent induire des effets stochastiques, de type cancer ou des effets déterministes, ce bilan concerne essentiellement des effets déterministes c'est-à-dire apparaissant au-delà d'un seuil. Les 2 types d'effets discutés sont relatifs à l'apparition de la cataracte et au cas de la femme enceinte.

La cataracte

Le cristallin, lentille optique de l'œil, jouant un rôle dans la vision proche, contient des cellules radiosensibles pouvant être lésées suite à une exposition à des rayonnements ionisants. Lorsque des cellules lésées s'accumulent au niveau du cristallin, elles ne peuvent être éliminées spontanément, provoquant alors des opacités, pouvant aller jusqu'à la cataracte. Le risque de survenue est proportionnel à la dose de rayonnement ionisant reçu et est réputé suivre une relation dose-réponse avec un seuil aux alentours de 2 Gy au cristallin. La latence moyenne d'apparition de la cataracte est considérée être de plusieurs années. Les facteurs pouvant influencer sur la cataractogenèse sont le débit de dose, la dose totale d'exposition et le transfert linéique du rayonnement ionisant responsable de l'irradiation. Plus l'irra-

diation est courte (plus le débit de dose est élevé) au-delà de 2 Gy, plus vite apparaîtra la cataracte.

Cependant plusieurs études contribuent à remettre en cause les connaissances acquises, en particulier énoncés par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) et par le National Council on Radiation Protection (NCRP) sur les facteurs déclenchant la cataracte suite à une irradiation.

- La CIPR et le NCRP considèrent que le seuil d'apparition de la cataracte est de 2 Gy pour une exposition unique et aux alentours de 5 Gy pour des irradiations fractionnées ou étalées. Ces données sont issues du suivi de la cohorte de survivants de Hiroshima, 19 ans après l'explosion de la bombe, pour laquelle un seuil de 1,5 Gy a été déterminé. Cependant l'étude récente de G. Chodick et al. s'intéressant au suivi sur 20 ans d'une cohorte prospective de 35 705 techniciens en radiologie âgés de 24 à 44 ans a abouti à la remise en cause de ce seuil.

Au cours du suivi, 2382 cataractes sont apparues et 647 cas de cataractes soignées ont été recensés. Les auteurs se sont attachés à identifier les paramètres autres que l'irradiation pouvant être associés positivement à l'apparition d'une cataracte comme la cigarette, l'indice de masse corporelle, le diabète, l'hypertension, l'hypercholestérolémie... Ils ont par ailleurs évalué que le risque de danger ajusté pour la cataracte était de 1,25 pour les sujets ayant reçu plus de trois radio-



Info + (suite):

graphiques aux rayons-X de la région tête/cou.

En ce qui concerne l'exposition professionnelle, pour les opérateurs les plus exposés (moyenne de 60 mGy au cristallin) par rapport à ceux les moins exposés (moyenne de 5 mGy au cristallin), le risque de danger ajusté pour la cataracte a été évalué à 1,18.

Des analyses statistiques ont permis de déterminer un excès de risque de 1,5 par Gy au cristallin d'avoir une cataracte. Ces résultats corroborent ceux obtenus dans d'autres études comme celle de BV. Worgul et al (2007) relative aux travailleurs impliqués pour la réhabilitation du site de Tchernobyl juste après l'accident. Parmi eux les sujets ayant consulté pour un problème de cataracte avaient été exposés à des doses inférieures à 500 mGy.

Qu'il s'agisse des opérateurs en radiologie ou des intervenants post-Tchernobyl, il a été observé une relation entre une faible dose d'irradiation et un risque accru de survenue de cataracte de type corticale et postérieure subcapsulaire.

- Le délai de latence d'apparition était considéré de 2-3 ans pour une exposition au moins égale à 1 Gy, d'après la cohorte de Hiroshima. Cependant des études réalisées chez des enfants ayant reçu des irradiations étalées au radium pour soigner des hémangiomes cutanés, suggèrent que la période de latence pour l'apparition de cataracte pourrait atteindre 30-45 ans pour des doses plus faibles.

La femme enceinte

Le premier trimestre correspondant à celui de l'organogenèse du fœtus est la période de plus grande fragilité de la femme enceinte, c'est la période où les cellules en division et les cellules souches dans le fœtus sont les plus nombreuses. Il est particulièrement important que la femme potentiellement exposée dans son cadre de travail porte des protections en plomb appropriées. Leur épaisseur est fonction du radionucléide utilisé. Pour le ^{99m}Tc, cette épaisseur doit être supérieure à 0,25 cm. Avec certains radionucléides comme l'iode ¹³¹I, la femme enceinte ne devra pas pratiquer de thérapies avec ce radionucléide pendant toute la durée de sa grossesse.

Une fois la grossesse déclarée, un dosimètre fœtal corps entier devra être porté par la femme enceinte au niveau de la taille sous le tablier. N.E. Bolus (2008) recommande que l'exposition fœtale reste toujours inférieure à 5 mGy sur les 9 mois de la grossesse. Si cette dose est atteinte avant la déclaration de grossesse, alors la dose ne devra pas dépasser 0,5 mGy pendant tout le reste de la grossesse.

La susceptibilité du fœtus au rayonnement varie au cours des différentes phases de la grossesse comme expliqué ci-après :



EFFETS POTENTIELS SUR LA SANTÉ D'UNE IRRADIATION PRÉNATALE (NOMBRE DE SEMAINES POST-CONCEPTION)

Dose aiguë à l'embryon ou fœtus (mGy)	0 à 2 semaines	Organogenèse 2-7 semaines	8-15 semaines	16-25 semaines	26-38 semaines
< 50	Pas d'effet non cancer détectable				
50 à 500	Augmentation légère des échecs de nidation Mais pas d'effet sur santé embryon survivant	Augmentation légère de l'incidence des malformations majeures Possible retard de croissance	Possible retard de croissance Selon dose : Réduction possible du QI (jusqu'à 15 points) Incidence retards mentaux importants	Effet non cancer improbable	
> 500	Echec de nidation probable selon dose. Mais pas d'effet sur santé de l'embryon survivant	Possible augmentation du nombre des fausses-couches Risque important de malformation importante comme neurologique et déficiences matricielles Retard de croissance probable	Probable augmentation du nombre des fausses-couches Retard de croissance probable Réduction possible du QI (plus de 15 points, selon dose) Retards mentaux (> 20% selon dose) Augmentation probable de l'incidence des malformations majeures	Augmentation des fausses-couches selon dose Retard de croissance possible Réduction possible du QI selon dose Retards mentaux sévères possibles selon dose Augmentation de l'incidence des malformations majeures	Augmentation des fausses-couches et du nombre de morts-nés selon dose

(d'après N.E. Bolus, 2008)



Info + (suite)

L'étude de N.E. Bolus donne une estimation de l'exposition des manipulateurs en médecine nucléaire comprise entre 0,2 et 2 microSv par heure selon le type d'examen pratiqué : pour le scanner (dose plus faible), pour un examen nécessitant l'injection de traceurs aux patients (dose plus élevée).

Pour mettre en pratique le principe ALARA (As Low As Reasonably-Achievable) visant à réduire au maximum l'exposition aux rayonnements ionisants, les opérateurs se protégeront d'autant mieux qu'il respectent les trois facteurs suivants : limiter la durée potentielle d'exposition, augmenter la distance par rapport à la source de rayonnement, appliquer les protections appropriées (écran, tablier de plomb...).

Pour en savoir plus:

Review of common occupational hazards and safety concerns for nuclear medicine technologists, N.E. Bolus (2008) – J. Nucl Med Technol., 36: 11-17.

Risk of cataract after exposure to low doses of ionizing radiation: a 20-year prospective cohort study among US radiologic technologists, G. Chodick et al. (2008) – Am. J. Epidemiol., 168: 620-631.

Nota bene:

PUBLICATIONS :

Darwin, l'homme qui osa ! de Catherine Bousquet

Comment et pourquoi Charles Darwin a-t-il osé ?

Collection : Belin Sciences

Paru en février 2009

Prix : 6,95 euros.



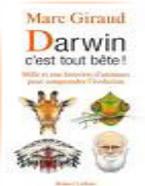
Darwin, c'est tout bête ! de Marc Giraud

Histoires de bêtes pour découvrir Darwin et comprendre la théorie de l'évolution.

Collection : Broché

Paru en février 2009

Prix : 21 euros



Uranium, la biographie de Tom Zoeller

Un tour du monde de l'uranium avec une surprenante galerie de portraits : de Marie Curie à William Lawrence, de Abdul Qadeer Khan, promoteur de la bombe pakistanaise, à Charlie Steen et Joe Fischer, millionnaires de la prospection.

Collection : Science ouverte

Paru en mars 2009

Prix : 21 euros



EXPOSITIONS TEMPORAIRE :

Ô soleil

D'où vient cette fantastique réserve d'énergie ?

Lieu : Auditorium du visiatome au CEA de Marcoule du 17 juin au 3 septembre 2009

Accès gratuit

[Informations pratiques](#)



L' Année Darwin au Muséum

Tout au long de l'année 2009, une programmation riche et variée vous invitant à découvrir la pensée de Darwin, de Lamarck et de leurs contemporains.

Lieu : Jardin des Plantes

Du 1er février au 31 octobre 2009

[Informations pratiques](#)



CONFÉRENCE :

Quand la physique éclaire la cellule

Reproduire, mimer, simplifier certains des mécanismes d'une cellule pour en comprendre le fonctionnement...

Lieu : Amphithéâtre du bâtiment Biologie du développement et cancer, 11 rue Pierre et Marie Curie, Paris 5e
23 juin 2009

Entrée libre dans la limite des places disponibles

[Informations pratiques](#)

Directeur de la publication :

F. Ménétrier

Comité de Rédaction :

A. Calbardure, J. Dias,

P. Bérard, L. Lebaron-Jacobs,

E. Gaillard-Lecanu.

Site web :

<http://www-prositon.cea.fr>

Abonnement et questions :

prositon.dsv@cea.fr

