

EDITO

La vie sur Terre a pris naissance dans un bain de radioactivité naturelle. Celle-ci présente des variations notables d'une région géographique à l'autre, impliquant des expositions humaines diverses aux rayonnements ionisants naturels ; ses différentes composantes conduisent à une exposition humaine externe et interne.

Ces variations posent la question de l'éventuelle influence d'une irradiation naturelle élevée sur la santé. Après une présentation des sources d'exposition, ce nouveau numéro de Prosinfo présente un bilan actualisé des connaissances sur les conséquences sanitaires et biologiques de l'irradiation naturelle, y compris le radon. Il souligne les difficultés à mettre en évidence le risque pour les populations concernées. Nous vous invitons à découvrir ces différents aspects dans l'Info+ de ce numéro.

Jean-François LECOMTE
Expert Senior en Radioprotection
Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire

REGARD sur ...

Fiche INRS

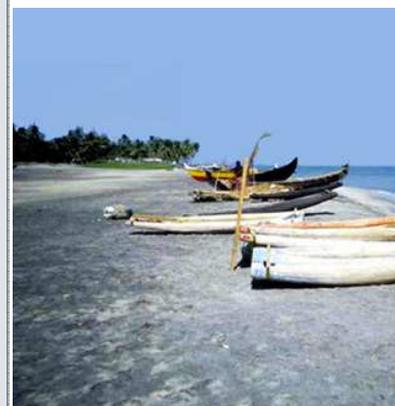
Aide au repérage des nanomatériaux en entreprise

Ce guide rappelle tout d'abord des données générales concernant les nanomatériaux : généralités (définitions, réglementation, toxicité, exposition professionnelle), repérage et identification des nanomatériaux, évaluation des risques et mesures de prévention. Il répertorie ensuite, les nanomatériaux qui sont fabriqués ou utilisés dans des secteurs d'activité récents ou traditionnels : agroalimentaire, construction, bâtiment et travaux publics, cosmétique, produit et équipement de soin et d'hygiène, énergie et environnement, peinture, vernis et encre, pharmacie et santé, plasturgie et caoutchouc, textile, habillement, papier et carton. En outre la brochure renseigne sur les propriétés ou fonctionnalités apportées par les nanomatériaux en fonction des applications envisagées. Une aide précieuse pour les détecter dans des secteurs où ils n'ont pas été signalés !

<http://www.inrs.fr/accueil/produits/mediatheque/doc/publications.html?refINRS=ED%206174>



Aide au repérage
des nanomatériaux en entreprise



DANS CE NUMÉRO

Editorial de Jean-François
LECOMTE

Regard sur... :

INRS Nanomatériaux,
INRS ED 932,
AIEA BSS,
CIPR N°126,

Actualité

Info +: Radioactivité naturelle

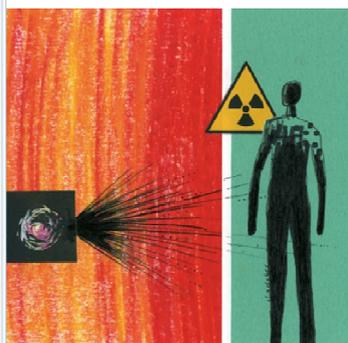
Agenda des prochains mois

*Nota bene : les rendez-vous à ne
pas manquer*

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

Les rayonnements ionisants Paysage institutionnel et réglementation applicable INRS ED 932 (2014)



Les rayonnements ionisants
Paysage institutionnel
et réglementation applicable

L'objectif de ce document est de présenter le paysage institutionnel et la réglementation applicable en matière de prévention des risques encourus par les personnes qui, à titres divers, peuvent être exposées aux rayonnements ionisants. Pour permettre au lecteur de disposer d'une vue d'ensemble de la réglementation existante, nécessaire à une bonne compréhension des textes, les dispositions relevant du Code de la santé publique ainsi que les dispositions spécifiques applicables à la protection des travailleurs sont précisées. Cette nouvelle édition prend en compte les dernières évolutions réglementaires.

Pour le consulter : <http://www.inrs.fr/accueil/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-ED-932/ed932.pdf>

ACTUALITÉ

Distribution systémique du plutonium : comparaison de données animales et humaines.

Cette étude concerne le comportement du plutonium-239 sous forme de citrate après injection intraveineuse chez le rat et le chien. L'objectif est de comparer les données obtenues avec celles disponibles chez l'Homme.

Une analyse de l'activité radiologique de tous les organes et des excréta des animaux ayant reçu l'injection de plutonium est réalisée. Dans les deux espèces animales, le foie et le squelette sont les principaux organes cibles du Pu. La quantité de Pu déposée au sein de l'organisme (par rapport à la quantité injectée) est de :

- 76 % pour le chien et 70 % pour le rat, 24 heures après injection,
- 85 % pour le chien et 65 % pour le rat, 28 jours après injection.

L'excrétion urinaire semble similaire chez le rat, le chien et l'Homme tandis

que le rapport de l'excrétion fécale à l'excrétion urinaire est différent dans les 3 espèces.

Les auteurs concluent que :

- l'élimination hépatique du Pu est plus rapide chez le rat que chez le chien,
- le rapport des quantités déposées dans le squelette et le foie est différent selon les espèces animales,
- les excréments urinaire et fécale chez le chien sont similaires avec ce qui est observé chez l'Homme.

Compte tenu de cette étude, les auteurs considèrent que le chien est un modèle animal plus adapté que le rat pour prédire le comportement du Pu chez l'Homme, et en conséquence pour l'évaluation de l'efficacité de molécules décorporantes.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24669776>

Cigarettes italiennes : concentration en plomb-210/polonium-210 et évaluation de la dose efficace

En radioprotection, il est admis depuis longtemps que le tabac contient naturellement des radionucléides : le ^{210}Pb et le ^{210}Po . Les auteurs de cette étude ont quantifié leurs teneurs respectives dans les 10 marques de cigarettes les plus consommées en Italie, et ils ont ensuite estimé la dose engagée annuelle pour un individu fumant 20 cigarettes par jour.

Les résultats sont les suivants :

En activité mesurée dans le tabac :

^{210}Pb de 11.6 à 20.0 mBq cig⁻¹ avec une moyenne arithmétique de 14.6 mBq cig⁻¹

^{210}Po de 13.1 à 19.0 mBq cig⁻¹ avec une moyenne arithmétique de 15.7 mBq cig⁻¹

En dose efficace annuelle estimée :

de 55 $\mu\text{Sv an}^{-1}$ à 81 $\mu\text{Sv an}^{-1}$ avec une moyenne de 65 $\mu\text{Sv an}^{-1}$ en prenant

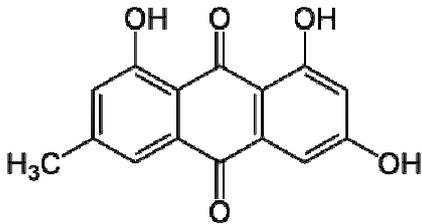
les valeurs par défaut suivantes : un diamètre aérodynamique des particules de 0,4 μm , une absorption pulmonaire de type M, des facteurs de transfert entre le tabac et la fumée de 13 % pour le ^{210}Po et de 8 % pour le ^{210}Pb et un débit respiratoire nasal moyen de 3 m³ h⁻¹.

Les quantités retrouvées dans les cigarettes sont du même ordre de grandeur que celles publiées par d'autres auteurs. Cependant, pour affiner l'impact sanitaire, les auteurs concluent qu'il serait souhaitable d'étudier les paramètres pris en compte au niveau des estimations, tels que le diamètre aérodynamique des particules inhalées, leur type d'absorption pulmonaire, l'influence de la respiration par la bouche et les coefficients de transfert du ^{210}Pb et du ^{210}Po du tabac vers la fumée inhalée.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25068956>

Radioprotecteur potentiel : l'émودية, les premiers tests *in vitro*

L'émودية est une hydroxyanthraquinone qui possède plusieurs propriétés biologiques, et notamment un effet protecteur contre le stress oxydant.

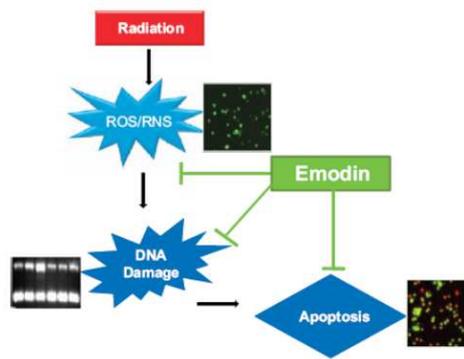


Structure chimique de l'émودية (6-méthyl-1,3,8-trihydroxyanthraquinone)

Cette propriété a été testée sur des splénocytes de souris et un système acellulaire constitué d'ADN plasmidique exposé à une irradiation gamma. Pour des concentrations allant jusqu'à 100 µM, l'émودية n'a pas d'effet cytotoxique sur les splénocytes de souris. En revanche, à partir de 200 µM, la viabilité cellulaire diminue. Un traitement préventif par 100 µM d'émودية 1,5 h avant irradiation (12 Gy) a permis de réduire de façon

significative la mort cellulaire de 44,1 à 17,4 % et la présence d'espèces réactives de l'oxygène et de l'azote. Le modèle acellulaire a montré que l'émودية pourrait également prévenir les effets sur l'ADN consécutifs à une irradiation.

Ces premiers résultats de l'effet radioprotecteur de l'émودية doivent être confirmés par des tests *in vivo*, de même que son innocuité.



Proposition de mécanisme d'action de l'émودية pour réduire les effets d'une irradiation

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24428231>

Contre-mesures médicales en cas d'accident radiologique : analyse critique des recommandations

Cette analyse a été réalisée dans le cadre du projet européen CATO¹ de gestion de crise en cas d'événement NRBC. Ce projet développe une boîte à outils destinée à répondre aux besoins de toutes les parties prenantes et à couvrir toutes les phases d'un accident. Y sera intégrée une base de données sur les agents NRBC comprenant des informations sur les contre-mesures médicales.

Une revue des recommandations nationales et internationales a montré des différences dans les protocoles thérapeutiques préconisés et a soulevé des interrogations même pour les principaux antidotes. Ainsi, aucun protocole n'est établi pour l'administration d'iode stable en cas d'exposition prolongée aux iodures

radioactifs. Pour ce qui est du dosage du Bleu de Prusse dans le traitement des contaminations au césium, toutes les organisations n'ont pas intégré la valeur de 3g/j définie suite à l'analyse des données d'efficacité recueillies lors de l'accident de Goiânia. Et alors que le DTPA (acide diéthylène triamine pentaacétique) est recommandé dans le traitement des contaminations pour un grand nombre de radionucléides, peu de données validant son efficacité sont disponibles.

¹ CBRN crisis management: Architecture, Technologies and Operational Procedures

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24844372>

Regard sur ...

Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards

IAEA Safety Standards

for protecting people and the environment

Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards

Jointly sponsored by EC, FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO



General Safety Requirements Part 3 No. GSR Part 3

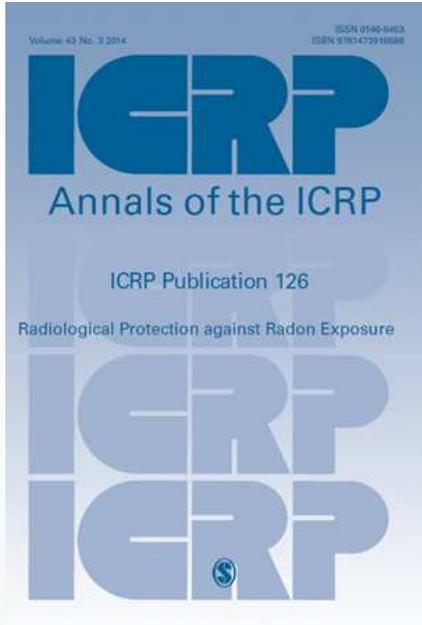
General Safety Requirements Part 3 : No. GSR Part 3 (July 2014)

Jointly sponsored by: EC, FAO, IAEA, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO

L'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA) vient de publier la révision des normes de base en radioprotection et en sûreté (BSS) conjointement avec les autres organisations internationales concernées (EC, FAO, ILO, OECD/NEA, PAHO, UNEP, WHO). Les BSS couvrent un champ large, incluant le contrôle réglementaire des expositions aux rayonnements ionisants, la protection du public et des travailleurs, la gestion des expositions médicales, existantes et d'urgence (préparation et réponse), les nouveaux enjeux vis-à-vis de la société civile et de la protection des espèces non-humaines, et la sûreté du transport, des déchets et des sources.

Pour le consulter : http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf

**RADIOLOGICAL PROTECTION
AGAINST RADON EXPOSURE -
PUBLICATION 126 DE LA CIPR**



La publication 126 de la Commission Internationale de Protection Radiologique remplace les recommandations de la publication CIPR 65 (1993), intègre celles de la CIPR103 (2007) et prend en compte la Déclaration sur le radon de la Commission Principale (2009). Intégrant ces dernières recommandations en matière de protection radiologique, de même que les connaissances scientifiques récentes sur les risques liés au radon, cette publication propose une approche intégrée pour contrôler l'exposition au radon de la population ou des travailleurs. Le rapport décrit les caractéristiques de l'exposition au radon, les risques sanitaires pour les personnes exposées et les défis que représente la gestion des risques liés au radon.

Pour le consulter : <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%20126>

ACTUALITE - SUITE

Un modèle physiologique pour la décorporation du plutonium par le DTPA

Un modèle physiologique doit être représentatif de l'action du Ca-DTPA (acide diéthylène triamine pentaacétique) utilisé dans le traitement des contaminations internes par le plutonium. Les auteurs ont retenu le modèle biocinétique de Polig/Luciani modifié, décrivant les effets de l'âge et des affinités sélectives du plutonium pour les constituants du sang sur le modèle recyclant à partir de l'os, associé au logiciel SAAM II pour la modélisation. L'ajout de deux compartiments sanguins permet de prédire les consé-

quences des complexes formés par le plutonium avec la transferrine (Pu-Tf) et avec les autres molécules de faible poids moléculaire (Pu-LW) dans le compartiment systémique et leurs répartitions dans les organes cibles (*cf figure 1*).

Ce modèle plutonium/DTPA doit être validé à l'aide des résultats des expérimentations animales conduites dans des conditions de Bonnes Pratiques de Laboratoire pour en confirmer les mécanismes d'action thérapeutique.

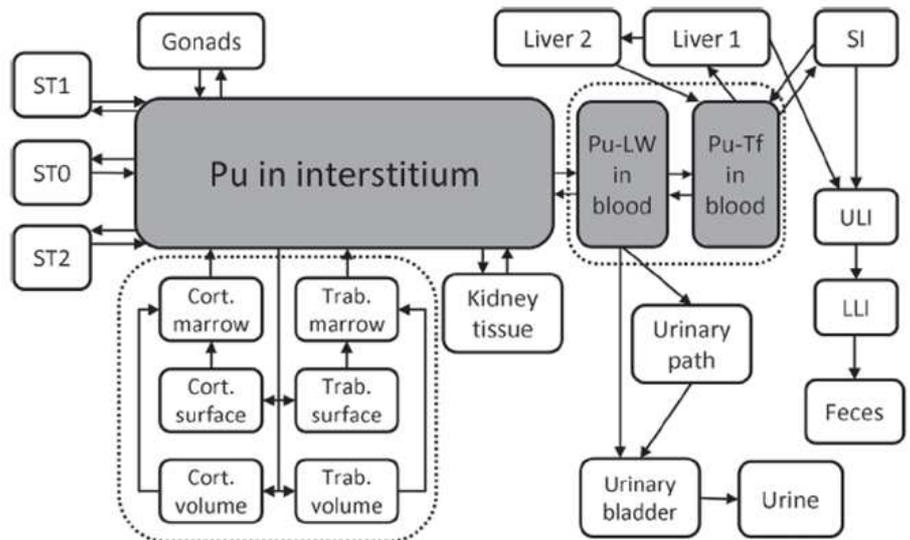


Figure 1 : modèle biocinétique de Polig/Luciani modifié

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24844369>

Incidence et mortalité par cancer hématologique chez les travailleurs de l'uranium au Canada

Les travailleurs des mines d'uranium et des usines de traitement du minerai sont exposés de façon chronique à de faibles doses de rayonnements gamma, et aux descendants du radon. Au Canada, une étude a évalué le risque de développer et/ou de décéder d'un cancer hématologique (lymphomes, leucémies et myélomes multiples) au sein de la cohorte des travailleurs de la société Eldorado, consécutivement à leur expo-

sition aux rayonnements ionisants.

Les données sur la mortalité concernent l'ensemble des travailleurs (soit 16 236 hommes) de 1950 à 1999 ; celles sur l'incidence des cancers sont disponibles de 1969 à 1999 pour 15 366 travailleurs hommes. Comme les travailleurs sont à 92 % des hommes, les analyses ont été restreintes à la population masculine. L'étude montre que pour les

travailleurs embauchés entre 1932 et 1980, l'exposition cumulée aux descendants du radon est en moyenne de 100,2 WLM* (Working Level Month) et la dose cumulée corps entier liée aux rayonnements gamma de 52,2 mSv en moyenne.

Dans l'ensemble, la mortalité et l'incidence des cancers hématologiques des travailleurs sont plus faibles que celles de la population générale, suggérant un effet du travailleur sain. Aucune relation statistiquement significative n'a d'ailleurs été mise en évidence entre l'exposition aux descendants du radon et/ou aux rayonnements gamma, et la mortalité ou l'incidence d'un type de cancer hématologique. Cepen-

dant, des augmentations non significatives de l'incidence de la leucémie lymphoïde chronique et de la maladie de Hodgkin, ainsi que de la mortalité par lymphome non hodgkinien ont été observées suite à une exposition aux rayonnements gamma.

* Working levels are defined as any combination of the short-lived progeny in one litre of air that results in the ultimate release of 1.3×10^5 MeV of potential alpha particle energy. The cumulative exposure to an individual exposed at this concentration over a "working month" of 170 hours (or at twice this concentration over half as long, etc.) is defined as a "working level month" (WLM).

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24583244>

Radioprotecteurs pour réduire le risque de cancer radio-induit

Les auteurs ont réalisé une synthèse des mécanismes d'action des molécules qui permettraient d'atténuer les effets sanitaires dus à une exposition aux rayonnements ionisants. D'après cet article, des radioprotecteurs ont d'abord été développés pour protéger les cellules des effets des fortes doses lors de radiothérapie ou d'accident nucléaire. De nos jours, les recherches s'orientent désormais vers la réduction des risques d'effets stochastiques après exposition à des doses relativement faibles, comme c'est le cas lors d'exa-

men diagnostique de type scanner. Les auteurs précisent cependant que la relation elle-même entre l'exposition à de faibles doses de rayonnements ionisants lors de scanners et l'augmentation du risque de cancer fait actuellement l'objet d'études.

Ces traitements préventifs pourraient concerner des populations à risque telles que les enfants qui doivent passer une série d'examen diagnostiques impliquant des rayonnements ionisants.

Pour les mesures listées ci-après, les données d'efficacité disponibles dans la littérature sont détaillées et des mécanismes d'action sont proposés : anti-radicalaires (amifostine), régime (restriction calorique), anti-inflammatoires non stéroïdiens, et même un agent oxydant.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24164532>



11 mars 2015

Fukushima 4ans après, Paris, France

www.sfrp.asso.fr

12 mars 2015

Radioprotection des travailleurs en situation d'urgence radiologique, Paris, France

www.sfrp.asso.fr

16-19 mars 2015

The 1st International Conference CBRN - Research & Innovation, Antibes - Juan-les-Pins, France

www.cbrn-conference.com

8-10 avril 2015

Le risque chimique : méthodes et techniques innovantes, Nancy, France

<http://www.inrs-risque-chimique2015.fr/accueil/>

20-24 avril 2015

International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation, Bruges, Belgium

<http://www.im2015.org>

18-21 Mai, 2015

9th symposium on CBRNE threats, NBC 2015, Helsinki, Finland

<http://www.nbcsec.fi/nbc/index2015.htm>

4 et 5 juin 2015

Les Agents physiques : dangers et risques émergents, Paris, France

<http://www.aret.asso.fr/>

16-18 juin 2015

Congrès national de radioprotection, Reims, France

<http://www.sfrp.asso.fr/spip.php?article461>

17-19 juin 2015

Réunion de synthèse des résultats des intercomparaisons PROCORAD à Tolède, Espagne)

<http://www.procorad.org/>

2 et 3 juillet 2015

« Forum SFTG 2015 », Caen, France

<http://sftg.org/congres.php>

INFO+ Radioactivité Naturelle

Sources d'exposition

La vie sur Terre s'est développée en présence de l'irradiation naturelle. Les principales sources d'exposition aux rayonnements ionisants auxquelles l'Homme est naturellement soumis sont d'origines cosmique et tellurique. Les premières correspondent à des particules chargées de haute énergie, des protons en majorité mais aussi des ions et des électrons, provenant de l'espace et pénétrant dans l'atmosphère terrestre. Les secondes proviennent des radionucléides présents dans la croûte terrestre. L'Homme est exposé à ces différentes sources par irradiation externe d'une part, par contamination interne via l'ingestion ou l'inhalation d'autre part ([UNSCLEAR, 2000](#)).

Dans le monde, l'irradiation naturelle moyenne est de 2,4 mSv/an par habitant. L'estimation de l'exposition annuelle de la population mondiale est la suivante : environ 65 % de la population entre 1 et 3 mSv, 25 % à moins de 1 mSv et 10 % à plus de 3 mSv.

Des variations notables autour de cette valeur moyenne existent en fonction des caractéristiques géologiques locales dans le monde. Ainsi dans certains pays (Brésil, Chine, France, Inde, Iran), la radioactivité naturelle est notablement plus élevée (atteignant plusieurs dizaines de mSv/an) dans certaines régions connues pour la présence de minerais contenant de l'uranium et/ou du thorium ([annexe B, UNSCEAR, 2000](#)).

Dans certaines circonstances, l'exposition est accrue par rapport aux conditions habituelles d'exposition : par exemple lors d'un voyage en avion, lors d'un séjour en altitude, lors de l'utilisation professionnelle de matières premières contenant des radionucléides (exploitation minière, engrais phosphatés ou combustibles fossiles).

Ces expositions sont toutefois le plus souvent négligeables, comparées à l'exposition naturelle quotidienne.

Concernant l'irradiation d'origine cosmique, l'exposition s'accroît en intensité quand on s'éloigne du sol. Par interaction avec des éléments présents dans l'atmosphère, ces rayonnements génèrent près de 15 radionucléides, tels que le tritium, le béryllium-7, le carbone-14, le sodium-22, le phosphore-32 ou le chlore-36, qui sont dits « cosmogéniques » ([UNSCLEAR, 2000](#)). Leur production varie en fonction de la saison et de la latitude. Seuls ceux qui interviennent dans le métabolisme du corps humain (H-3, C-14 et Na-22) contribuent à la dose. Les autres éléments servent de traceurs dans l'atmosphère ou dans l'eau après dépôt.

Concernant l'irradiation d'origine tellurique ([UNSCLEAR, 2000](#)), qu'il s'agisse de l'irradiation externe ou de la contamination interne, l'exposition provient essentiellement des

radionucléides des familles de l'uranium-238 (U-238), du thorium-232 (Th-232) et du potassium-40 (K-40).

◇ L'exposition externe résulte de l'émission de rayonnements ionisants reçus à l'extérieur ou à l'intérieur des bâtiments. Les doses efficaces annuelles moyennes mondiales reçues sont respectivement de 0,07 mSv et 0,41 mSv, soit un total de 0,48 mSv (entre 0,3 et 0,6 mSv selon les pays). Pour les enfants les doses efficaces doivent être augmentées de 10 à 30 % (coefficient de conversion différent).

◇ L'exposition interne résulte de l'inhalation ou de l'ingestion de radionucléides d'origine terrestre. Par inhalation, il s'agit de particules contenant des radionucléides des familles de l'U-238 et du Th-232. Le radon et ses produits de filiation à vie courte en sont les composants dominants. Par ingestion, il s'agit du

 Pour en savoir plus

RAYONNEMENTS D'ORIGINE COSMIQUE

Au niveau de la mer

Composante particules directement ionisantes :

D'après le rapport de l'UNSCLEAR 1988, le débit de dose résultant du rayonnement cosmique au niveau de la mer est de 32 nGy/h. En tenant compte de l'effet de la latitude, un débit de dose de 30 nGy/h a été estimé pour les latitudes inférieures à 30°. La moyenne pondérée en fonction de la répartition de la population est de 31 nGy/h. La dose efficace moyenne est évaluée à 280 µSv/an.

Composante neutrons : La dose efficace moyenne est évaluée à 100 µSv/an.

Au total, la dose efficace due aux rayonnements d'origine cosmique est en moyenne de 380 µSv/an.

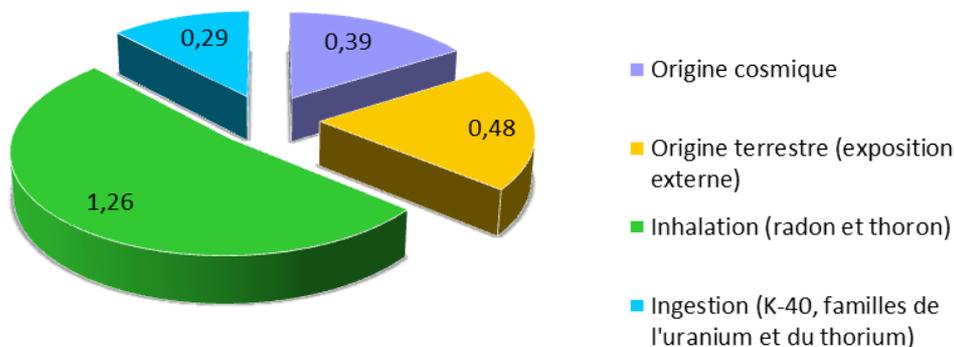
Dans un avion

A nos latitudes et pour des altitudes entre 9 et 12 km, le débit de dose efficace est compris entre 5 et 8 µSv/h. Par exemple, un vol transatlantique entre l'Europe et l'Amérique du Nord expose à une dose de 30 à 45 µSv.

K-40 et des radionucléides des familles de l'U-238 et du Th-232, présents dans l'alimentation. L'analyse du contenu des aliments associée à la connaissance du comportement des radionucléides dans le corps, permet d'estimer leurs concentrations de manière satisfaisante. Les concentrations en radionucléides naturels dans les aliments varient beaucoup selon les niveaux présents dans l'environnement, le climat, les pratiques agricoles, et le type d'aliment. Il est alors difficile d'établir des valeurs de référence représentatives des larges gammes de concentrations mesurées dans les aliments pour les séries de l'uranium et celle du thorium. La dose efficace totale annuelle due à l'exposition interne (hors radon) est estimée à 310 μSv , dont 170 μSv dus au K-40 et 140 μSv dus aux radionucléides des séries de l'uranium et du thorium.

La dose efficace annuelle due au radon et ses produits de filiation présents dans l'air est estimée à 1,1 mSv, ce qui représente environ la moitié de l'exposition aux sources naturelles de rayonnements ionisants (figure 1).

Exposition aux sources naturelles de rayonnements ionisants



Dose efficace annuelle moyenne selon la voie d'exposition en mSv (total = 2,42 mSv)

Figure 1 - Dose efficace annuelle moyenne due à l'irradiation naturelle (en mSv) (UNSCEAR, 2010)

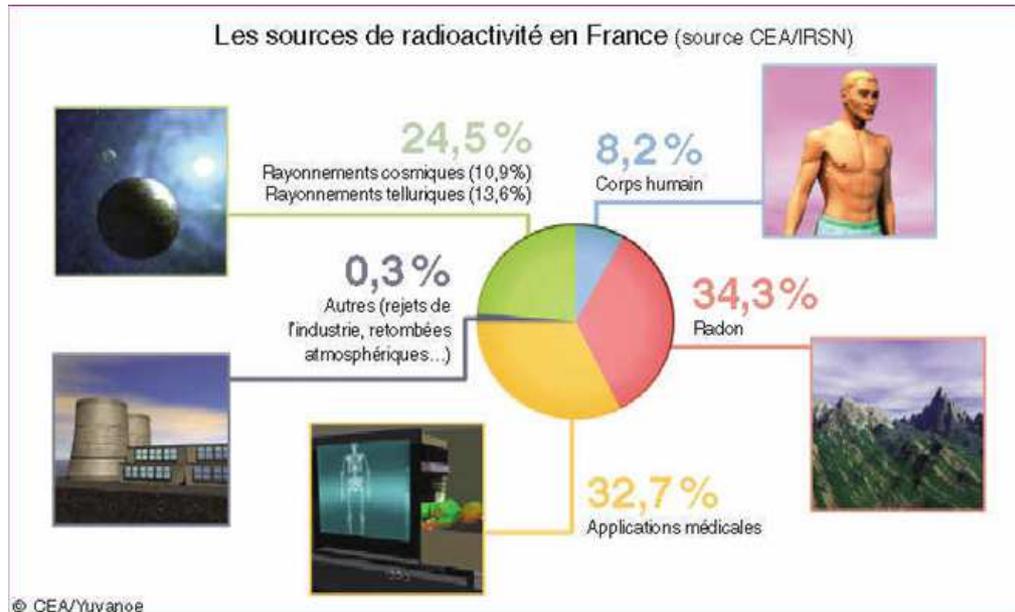


Figure 2 : les sources de radioactivité en France

Des incertitudes existent sur les doses d'exposition. Elles ne proviennent pas tant du nombre limité de mesures que de difficultés dosimétriques en termes de mesure des rayonnements cosmiques, du radon et de l'ingestion de radionucléides (UNSCEAR, 2000).

Part de l'irradiation naturelle dans l'exposition humaine totale

L'irradiation naturelle quotidienne représente la majorité de l'exposition aux rayonnements ionisants. La deuxième source est l'irradiation médicale (figure 2).

Etude des effets biologiques et des effets sanitaires

Dans un rapport du Comité sur 'Biological Effects of Ionizing Radiation' (BEIR) paru en 2006, sont rapportées quatre études épidémiologiques menées dans des régions de Chine, Grande-Bretagne et Inde sur les effets cancérigènes potentiels de l'irradiation naturelle (études de prévalence, mortalité ou incidence). Leurs résultats ne montrent pas d'augmentation du nombre de cancers dans les régions où l'irradiation naturelle est plus élevée. Cependant, ces études dites 'écologiques' reposent sur des estimations de dose à la population et non sur des évaluations dosimétriques individuelles (Lu-Xin et al, 1994 - Richardson et al, 1995 - Wang et al, 1990 - Nair et al, 1999).

Dans un rapport publié en 2011, le Comité des Nations-Unies sur les sources et effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR), ne mentionne aucune augmentation statistiquement significative de l'incidence des cancers, dans la région côtière du Kérala (Inde)

comme dans celle du Yangjiang en Chine qui sont pourtant des régions à forte irradiation naturelle.

Des études plus récentes confirment ces observations. Nair et al. (2009) ont étudié une cohorte de 69958 personnes âgées de 30 à 84 ans et résidant au Kerala (Inde). Grâce à des mesures effectuées à l'intérieur et à l'extérieur des habitations entre 1990 et 1997, la dose externe cumulée a été estimée pour chacune des personnes. Durant les 10 ans de suivi, 1379 cancers ont été diagnostiqués dont 30 cas de leucémies. La dose cumulée moyenne à la fin de cette période est de 161 mGy. L'excès de risque relatif (ERR) de cancers (en dehors de la leucémie) est estimé à -0,13 par Gy (95 % CI : -0,58 ; 0,46) et n'est donc pas statistiquement significatif par rapport à celui des personnes non-exposées. A partir des résultats de cette cohorte et après ajustement en fonction du sexe, de l'âge, de la consommation de cigarettes indiennes, de la formation et de la profession, les auteurs concluent qu'il n'existe pas de relation entre l'irradiation gamma terrestre et le risque de développer un cancer.

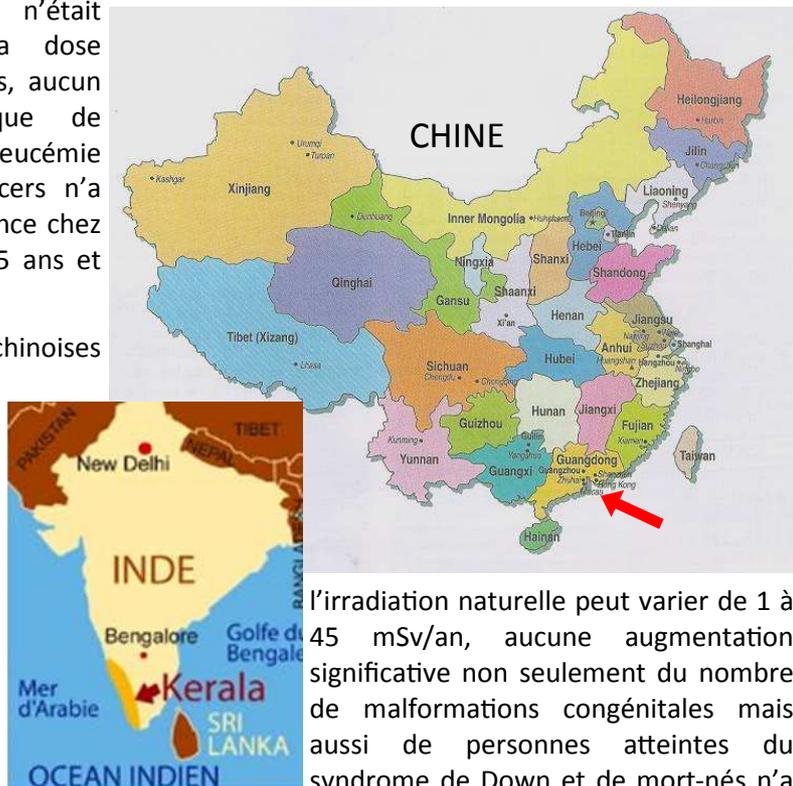
Certains auteurs, comme Tao et al. (2012), se sont intéressés dans la région du Yangjiang (Chine) à l'étude de la mortalité non seulement suite à un cancer mais aussi à des maladies non-cancéreuses après exposition à l'irradiation naturelle. Une cohorte de 31 604 personnes a été suivie de 1979 à 1998. Les doses externes, résultant de l'exposition à l'intérieur et à l'extérieur des maisons, ont été cumulées en fonction d'un scénario individualisé d'occupation des maisons, ainsi que du sexe et de l'âge. Les auteurs ont ainsi recensé 956 morts par cancer et 4 524 morts par maladie non-cancéreuse. Les doses moyennes cumulées étaient de 84,8 mGy dans les 'zones d'irradiation naturelle élevée' et de 21,6 mGy dans les 'zones contrôle'. L'excès de risque relatif (ERR) de développer un cancer (en dehors de la leucémie et du cancer du foie) a été estimé à 0,19 par Gy (95% CI : -1,87 ; 3,04) et n'est donc pas

statistiquement significatif par rapport à la dose cumulée reçue. Les auteurs ont exclu le cancer du foie, en raison des difficultés à effectuer un diagnostic précis. Cette conclusion confirme celles d'études antérieures réalisées dans la même région (Tao et al, 2000 – Sun et al, 2000).

Quant à la mortalité par maladies non-cancéreuses, les auteurs ont également observé qu'elle n'était pas liée à la dose cumulée. De plus, aucun excès de risque de développer une leucémie ou d'autres cancers n'a été mis en évidence chez les enfants de 15 ans et moins.

Les données chinoises initiales des années 1980 avaient été critiquées du fait de l'absence de prise en compte du niveau de vie des habitants des zones présentant des niveaux d'irradiation différents. C'est pourquoi les études suivantes (comme celle de Tao et al, 2012) se sont attachées à prendre en compte les facteurs confondants (alimentation, pesticides, aflatoxine B1, exposition médicale, tabac, alcool...). Ces études ont toutefois montré que ces facteurs ne variaient pas significativement d'une zone à l'autre. Cependant, les auteurs sont conscients que la dosimétrie externe effectuée est insuffisante, et précisent également qu'ils n'ont pas évalué les niveaux d'exposition interne. Ils indiquent des mesures de taux de radon inférieures à 100 Bq/m³ et considèrent qu'à ces concentrations le radon n'influe pas sur le risque de développer un cancer, comme le cancer du poumon en particulier.

Par ailleurs, des études épidémiologiques, menées dans les régions d'Inde et de Chine où l'irradiation naturelle est élevée, n'ont pas montré d'augmentation significative du nombre de malformations congénitales (UNSCEAR, 2011). Notamment, dans une étude indienne récente réalisée sur 140 000 nouveau-nés de la région du Kerala où



l'irradiation naturelle peut varier de 1 à 45 mSv/an, aucune augmentation significative non seulement du nombre de malformations congénitales mais aussi de personnes atteintes du syndrome de Down et de mort-nés n'a été mise en évidence (Jaikrishan G et al, 2013).

Réalisée dans la même région, l'étude cas-témoins de Koya et al. (2012) n'a pas montré de différence statistiquement significative entre l'incidence du nombre de personnes présentant une fente palatine (ou labiale¹) et un retard mental, entre les zones d'irradiation naturelle plus élevée (supérieure à 1 mSv par an) et celle inférieure à 1 mSv/an avec un risque relatif de 0,56 (avec un intervalle de confiance à 95 % de 0,31-1,02) et de

¹ La fente labio-palatine est une malformation correspondant à l'absence de soudure des bourgeons faciaux qui vont constituer la lèvre et les lames palatines (devant former le palais), provoquant une communication entre la bouche et le nez. Il existe plusieurs degrés de gravité.

1,26 (intervalle de confiance à 95 % de 0,91-1,73) respectivement. Les groupes étudiés comprenaient 445 sujets souffrant de retard mental, 116 sujets présentant une fente palatine (ou labiale) et un groupe témoin de 1756 personnes. Cependant, les auteurs précisent que l'estimation des doses externes reçues par les parents, obtenues par reconstitution, est rendue difficile du fait des déménagements et des variations non négligeables de la dose efficace liée à l'irradiation naturelle, même dans une zone géographique réduite.

Enfin, des études indiennes récentes se sont aussi intéressées aux effets d'une exposition à l'irradiation naturelle sur les chromosomes d'enfants nés, dans la région du Kerala, dans des zones où l'irradiation naturelle est supérieure à 1,5 mSv en comparaison de celles où elle est inférieure à 1,5 mSv:

- ◆ Les résultats n'ont pas mis en évidence d'augmentation significative du nombre d'anomalies ou d'aberrations chromosomiques de type dicentriques ([Ramachandran et al, 2013](#)),
- ◆ ni de différence statistiquement significative de la fréquence d'apparition de micronoyaux chez les enfants ([Das et al, 2009](#)) ou encore de la longueur des télomères chez les nouveau-nés ([Das et al, 2012](#)).

Radon

Trois études épidémiologiques, réunissant des études résidentielles castémoins ont été effectuées, à partir d'études chinoises ([Lubin et al, 2004](#)), américaines ([Krewski et al, 2005 et 2006](#)) et européennes ([Darby et al. 2005 et 2006](#)). Les résultats mettent en évidence une tendance à l'augmentation du nombre de cancers du poumon lié à l'augmentation du taux de radon dans les maisons. Cependant,



Matières radioactives naturelles utilisées dans l'industrie : Evolutions réglementaires apportées par la nouvelle directive

La nouvelle directive européenne fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants (JOUE, 2014) considérant que :

« ● Les secteurs d'activité qui traitent des matières radioactives naturelles extraites de la croûte terrestre soumettent les travailleurs et, en cas de rejet de matières dans l'environnement, les personnes du public, à une exposition accrue.

● Il convient d'intégrer la protection contre les sources naturelles de rayonnement dans les exigences générales plutôt que de la traiter séparément dans un titre spécifique. En particulier, les secteurs d'activité qui traitent des matières contenant naturellement des radionucléides devraient être gérés au sein du même cadre réglementaire que les autres pratiques.

● Il convient que la présente directive établisse des niveaux de référence pour les concentrations de radon à l'intérieur des bâtiments et l'exposition au rayonnement gamma émis par les matériaux de construction à l'intérieur des bâtiments, et introduise des exigences relatives au recyclage des résidus de secteurs d'activité traitant des matières radioactives naturelles qui sont recyclées dans des matériaux de construction. »

La directive détaille son champ d'application qui s'étend:

« ● aux activités humaines impliquant la présence de sources naturelles de rayonnement qui entraînent une augmentation notable de l'exposition des travailleurs ou des personnes du public, et en particulier :

- à l'exploitation d'aéronefs et d'engins spatiaux, en ce qui concerne l'exposition des équipages;
- au traitement des matières contenant naturellement des radionucléides ;
- à l'exposition des travailleurs ou des personnes du public au radon à l'intérieur des bâtiments, à l'exposition externe aux matériaux de construction et aux cas d'exposition durable résultant des suites d'une situation d'urgence ou d'une activité humaine antérieure. »

La Directive prévoit que les États membres :

● Ils assurent le recensement des classes ou des types de pratiques impliquant des matières radioactives naturelles et entraînant, pour les travailleurs ou les personnes du public, une exposition qui ne peut être négligée du point de vue de la radioprotection.

● Ils fournissent des informations sur les moyens appropriés pour la surveillance des concentrations et des expositions et pour l'adoption de mesures de protection.

les résultats ne sont pas tous statistiquement significatifs, comme c'est le cas dans les études américaines où l'augmentation du risque de développer un cancer du poumon est estimée à 10 % par 100 Bq/m³ de radon au niveau de l'air intérieur.

Les estimations réalisées souffrent généralement d'incertitudes en termes de mesure de l'exposition, mais aussi parfois dans l'absence de prise en compte de cofacteurs importants.

Il a par ailleurs été montré que le risque absolu cumulé de développer un

cancer du poumon après exposition au radon est environ 25 fois plus élevé chez les fumeurs que chez les personnes qui n'ont jamais fumé ([Darby et al. 2006](#)).

A la différence des études initiales dites écologiques, les études chinoises et indiennes récentes se sont attachées à améliorer l'évaluation des doses individuelles au sein des régions à niveau d'irradiation naturelle élevé. Cependant, l'évaluation du risque de présenter des effets liés à une exposition chronique à faible dose sera d'autant meilleure que la mesure de la

dose d'exposition externe sera réalisée individuellement, que la mesure de l'exposition interne due au radon sera prise en compte et que les cofacteurs potentiels pouvant influencer sur le développement de maladies d'intérêt seront également considérés.

Au travers des études épidémiologiques, l'absence d'effets sanitaires constatés dans les zones où les niveaux d'irradiation naturelle sont élevés, explique et invite à la mise en place d'études cherchant à identifier de potentiels marqueurs biologiques chez les populations de ces régions.

Références

- Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Deo H, Falk R, Forastiere F, Hakama M and others (2005). Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies. *BMJ* 330(7485): 223.
- Darby S, Hill D, Deo H, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, Bochicchio F, Falk R, Farchi S, Figueiras A and others (2006). Residential radon and lung cancer--detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 persons with lung cancer and 14,208 persons without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand J Work Environ Health* 32 Suppl 1: 1-83.
- Das B, Karuppasamy CV (2009) Spontaneous frequency of micronuclei among the newborns from high level natural radiation areas of Kerala in the southwest coast of India. *Int. J. Radiat. Biol.*, Vol. 85, No. 3, March, pp. 272-280.
- Das B, Saini D and Seshadri M (2012) No evidence of telomere length attrition in newborns from high level natural background radiation areas in Kerala coast, south west India. *International Journal of Radiation Biology*, September; 88(9): 642-647.
- DIRECTIVE 2013/59/EURATOM DU CONSEIL du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants (abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom) – *Journal Officiel de l'Union Européenne*, L13, 17 janvier 2014.
- Jaikrishan G, Sudheer KR, Andrews VJ, Koya PKM, Madhusoodhanan M, Jagadeesan CK and Seshadri M (2013) Study of stillbirth and major congenital anomaly among newborns in the high-level natural radiation areas of Kerala, India. *Community Genet.* 4(1): 21-31.
- Koya PKM, Chougankar MP, Predeep P, Jojo PJ, Cheriyan VD, Mayya YS and Seshadri M (2012). Effect of Low and Chronic Radiation Exposure: A Case-Control Study of Mental Retardation and radiation and childhood leukaemia incidence in Great Britain. *Stat Med* 14: 2487-2501.
- Sun Q, Akiba S, Tao Z, Yuan Y, Zou J, Morishima H, Katon H, Zha Y, Sugahara T and Wei L. (2000) Excess Relative Risk of Solid Cancer Mortality after Prolonged Exposure to Naturally Occurring High Background Radiation in Yangjiang, China. *J. Radiat Res.* 41: SUPPL. 43-52.
- Tao Z, Zha Y, Akiba S, Sun Q, Zou J, Li J, Liu Y, Kato H, Sugahara T and Wei L. (2000) Cancer Mortality in the High Background Radiation Areas of Yangjiang, China during the Period between 1979 and 1995. *Radiat Res.* 41: SUPPL., 31-41.
- Tao Z, Akiba S, Zha Y, Sun Q, Zou J, Li J, Liu Y, Yuan Y, Tokonami S, Morishima H, Koga T, Nakamura S, Sugahara T and Wei L. (2012) Cancer and non-cancer mortality among inhabitants in the high background radiation area of Yangjiang, China (1979-1998). *Health Phys.* 102(2): 173-181.
- UNSCEAR (2000) – Annexe B: Exposures from natural radiation sources. Sources and effects of ionising radiation - UNSCEAR 2000 Report, Volume I. Report to the General Assembly with scientific annexes.
- UNSCEAR (2010). Annex B: Exposures of the public and workers from various sources of radiation. Sources and effects of ionising radiation - UNSCEAR 2008 Report, Volume I. Report to the General Assembly with scientific annexes.
- UNSCEAR (2011) - Report: "Summary of low-dose radiation effects on health". From the UNSCEAR 2010 Report -comprises the main text of the 2010 report to the General Assembly (A/65/46) and a scientific report.
- Wang ZY, Boice JD, Wei LX, Beebe GW, Zha YR, Kaplan MM, Tao ZF, MaxonHR, Zhang SZ, Schneider AB, Tan B, Wesseler TA, Chen D, Ershow AG, Kleinerman RA, Littlefield LG and Preston D. (1990). Thyroid nodularity and chromosome aberrations among women in areas of high background radiation in China. *J Natl Cancer Inst* 82: 478-485.
- Cleft Lip/Palate in the Monazite- Bearing Coastal Areas of Southern Kerala. *Radiat. Res.* 177, 109-116.
- Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, Catalan VS, Field RW, Klotz JB, Letourneau EG, Lynch CF, Lyon JI and others (2005). Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case-control studies. *Epidemiology* 16(2): 137-45.
- Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, Catalan VS, Field RW, Klotz JB, Letourneau EG, Lynch CF, Lyon JL and others (2006). A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J Toxicol Environ Health A* 69(7): 533-97.
- Lubin JH, Wang ZY, Boice JD, Jr., Xu ZY, Blot WJ, De Wang L, Kleinerman RA (2004). Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int J Cancer* 109(1): 132-7.
- Lu-xin W, Jian-Zhi W. (1994) Estimate of cancer risk for a large population continuously exposed to higher background radiation in Yangjiang, China. *Chinese Med J* 107(7): 541-544.
- Nair MK, Nambi KS, Amma NS, Gangadharan P, Jayalekshmi P, Jayadevan S, Cherian V, and Nair RRR. (1999). Population study in the high natural background radiation area in Kerala, India. *Radiat Res* 152: S145-S148.
- Nair RRR, Rajan B, Akiba S, Jayalekshmi P, Nair MK, Gangadharan P, Koga T, Morishima H, Nakamura S, Sugahara T (2009) Background radiation and cancer incidence in Kerala, India-Karunagappally cohort study. *Health Phys* 96(1): 55-66.
- National Academies Press, (2006) – BEIR VI phase 2 - Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionizing Radiation, p.228 et 236-238.
- Ramachandran EN, Karuppasamy CV, CheriyanVD, Soren DC, Das B, Anilkumar V, Koya PKM & Seshadri M (2013). Cytogenetic studies on newborns from high and normal level natural radiation areas of Kerala in southwest coast of India. *Int J Radiat Biol.* 89(4): 259-67.
- Richardson S, Monfort C, Green M, Draper G, and Muirhead C. (1995). Spatial variation of natural

ACTUALITE ... SUITE

Une plus grande rétention de l'américium que du plutonium dans le rein chez le rat.

Le démantèlement des installations nucléaires et le vieillissement du combustible représentent des sources d'exposition potentielle des travailleurs à l'américium-241, avec notamment un risque de contamination interne suite à une blessure. Cette étude compare la rétention d'américium-241 à celle du plutonium au niveau rénal chez le rat suite à une contamination par du MOX (Mixed Oxide). Les résultats montrent que la rétention de l'américium-241 au niveau rénal est plus

élevée que celle du plutonium. De plus, la dose équivalente due à la présence d'américium-241 au niveau rénal est 1,5 fois plus élevée que celle liée au plutonium. Les auteurs concluent qu'après une blessure contaminée par les actinides, l'américium-241 se concentre au niveau rénal conduisant ainsi à une exposition potentielle du tissu rénal à des particules alpha et à des rayonnements gamma.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24650071>

Nota bene

Livres

Toxique , Santé et environnement, de l'alerte à la décision - janv. 2015

Editeur : Buchet-Chastel ; auteurs : Francelyne Marano, Robert Barouki, Denis Zmirou
ISBN : 2283027934

3 minutes pour comprendre les 50 éléments les plus répandus en chimie - nov. 2013

Editeur : Courrier Du Livre ; auteur : Eric Scerri ; ISBN : 2702910580

Improbablologie et au-delà: Nouvelles chroniques de science improbable - avril 2014

Editeur : Dunod ; auteur : Pierre Barthélémy ; Marion Moutaigne (Illustration) ;
ISBN : 2100706667

Colloque

"Chimie et Expertise, Santé et environnement"

Le 11 février 2015 à la maison de la Chimie 28 rue Saint Dominique 75007 Paris

Ce colloque sur le thème de la chimie au service de la sécurité des biens et des personnes est au centre des préoccupations de la population dans deux autres domaines particuliers, sanitaire et environnemental.

Inscriptions en ligne sur le site :

http://actions.maisondelachimie.com/prochains_colloques.html

La Science se Livre 2015

Du 24 janvier au 11 février 2015

Ateliers, débats, conférences, spectacles dans les bibliothèques et lieux culturels des Hauts-de-Seine.

Renseignement : http://www.hauts-de-seine.net/fileadmin/presse/communiques/Education_et_jeunesse/DP_LSSL_2015.pdf



DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea

Directeur de la publication : F. Ménétrier

Comité de rédaction : P. Bérard, J. Dias, L. Lebaron-Jacobs, A. Leiterer

Abonnement et questions : prositon.dsv@cea.fr

Site web : www-dsv.cea.fr/prositon



Conception graphique : Janet Dias