



© CEA



## C'est-à-dire

Le césium 137, par son abondance relative et ses caractéristiques physico-chimiques et nucléaires, est un radionucléide qui contribue en grande partie à la dose interne reçue à long terme par l'homme en zone contaminée. Il résulte des activités humaines : principalement des retombées des essais nucléaires atmosphériques et des accidents nucléaires survenus dans le monde. L'accident de Fukushima a réactivé, pour les populations exposées au quotidien, les nombreuses questions survenues à la suite de l'accident de Tchernobyl. Les recherches en toxicologie et la surveillance des populations exposées continuent. Vous trouverez une brève mise à jour des derniers résultats dans l'Info +, ainsi que les cartographies des dépôts à Tchernobyl et Fukushima, les valeurs limites dans l'alimentation, et les recommandations de traitement en cas de contamination.

Pr. Henri Métivier  
Professeur émérite à l'INSTN  
Ancien membre du comité 2 de la CIPR

## Actualités

### THORIUM

#### An integrated approach for the assessment of the thoron progeny exposures using direct thoron progeny sensors

L'évaluation des risques dus au thoron (Rn-220) et à ses descendants est d'une importance capitale pour l'analyse de l'exposition aussi bien du public que pour celle des travailleurs exposés au cours du cycle du combustible. Ainsi, les techniques directes de mesure des produits de filiation (direct thoron progeny sensors ou DTPSS) représentent un moyen indispensable pour appréhender ces deux risques.

Dans cet article, les auteurs présentent un appareillage intégrant des DTPSS, composés de mailles métalliques et de papiers filtres, fonctionnant en continu et permettant de quantifier les fractions libres ou attachées des produits de filiation émis. Les auteurs décrivent les différents détecteurs de mesure directe des produits de filiation du thoron (DTPSS), dont les performances ont été testées en différentes situations. Ainsi, les détecteurs à mailles métalliques peuvent être utilisés pour la détermination séquentielle de la vitesse

de dépôt des fractions libres et attachées des produits de filiation du thoron au poste de travail et dans l'environnement.

[Consulter le résumé de l'article](#)

#### The extraction of thorium by calix[6]arene columns for urine analysis

Le thorium est un radioélément émetteur alpha présent naturellement dans de nombreux matériaux et utilisations industrielles. La surveillance systématique des travailleurs exposés repose sur l'analyse des échantillons biologiques (urine et fèces). Les protocoles analytiques usuels nécessitent une séparation radiochimique sélective et une durée de comptage longue. Ces caractéristiques diminuent la flexibilité et la fréquence de telles mesures. C'est pourquoi, les auteurs proposent une nouvelle méthode chromatographique basée sur une séparation sélective du thorium à l'aide de colonnes conditionnées aux tertbutyl-calix[6]arenes. Ces macrocycles sont notamment efficaces pour la séparation du plutonium, de l'uranium et de l'américium.

Les essais ont été conduits à la fois sur des solutions

## Sommaire

- C'est à dire :** Edito du Pr. Henri Métivier  
**Actualités :** Les dernières nouvelles  
**Regard sur...** : NCRP rapport 166, ASN Contrôle 192, Rapport de l'InVS  
**Memento :** L' agenda des prochains mois  
**Info+ :** **Césium 137: dépôts dans l'environnement, effets sanitaires...**  
**Nota bene :** Les rendez-vous à ne pas manquer, spécial Marie Curie





## **Actualités** (suite...)

synthétiques et sur des urines réelles. Les paramètres opératoires (pH, débit d'éluion) ont été optimisés pour le thorium. Les auteurs ont ainsi pu identifier les conditions optimales de mesure du thorium dans les urines :

- pH = 2 pour les échantillons synthétiques et pH = 3 pour les urines,
- les débits de fixation et d'éluion, points cruciaux de la procédure et dépendant de l'équilibre du complexe.

En conclusion, les auteurs discutent et valident le côté opérationnel du protocole de séparation sélectif du thorium dans les urines en présence des autres actinides (U, Pu et Am).

[Consulter le résumé de l'article](#)

### **RADIOBIOLOGIE**

#### **Enhanced intestinal tumor multiplicity and grade in vivo after HZE exposure: mouse models for space radiation risk estimates**

Les missions spatiales lointaines présentent un risque majeur d'exposition aux rayonnements ionisants. Des modèles épidémiologiques permettent l'évaluation des risques de développer un cancer radio-induit, comme celui de la cohorte d'Hiroshima-Nagasaki. Cependant, ces modèles ne tiennent pas compte des différences entre des lésions d'ADN liées à une exposition aux rayonnements ionisants à Transfert Linéique d'Energie (TLE) élevé et celles induites par une exposition aux rayonnements ionisants à faible TLE. Or, la principale composante du rayonnement cosmique galactique, les particules HZE (haute énergie et charge élevée), provoquent des lésions très complexes, qui peuvent conduire à une augmentation de la fréquence des réarrangements chromosomiques, et contribuer au risque carcinogénique chez les spationautes. Aux Etats-Unis, le cancer colorectal est la 3ème cause de décès par cancer (10%). Même si la population générale présente fréquemment des lésions précancéreuses spontanées au niveau gastro-intestinal, les auteurs estiment que même une modeste augmentation de l'incidence de cette fréquence suite à une exposition aux rayonnements cosmiques pourrait avoir un effet significatif sur les estimations de risque sanitaire lors des futures missions spatiales. Afin de réduire les incertitudes liées à ces estimations de risque projeté de développer un cancer et de comprendre les mécanismes moléculaires impliqués dans les cancers radio-induits par les rayonnements cosmiques, les auteurs ont comparé les effets d'une exposition gamma d'une part, et aux particules HZE d'autre part, chez des modèles de souris mutantes. Ils concluent qu'une exposition gamma et/ou aux particules HZE augmentent significativement le développement et la progression de tumeurs intestinales, et que ces modèles murins sont bien adaptés à ce type d'étude.

[Consulter le résumé de l'article](#)

#### **Gene expression signature discriminates sporadic from post-radiotherapy-induced thyroid tumors**

Cette étude vise à identifier une signature moléculaire du cancer de la thyroïde permettant de distinguer un cancer sporadique d'un cancer radio-induit secondaire à une radiothérapie, réalisée dans le cadre du traitement d'un cancer d'une autre localisation.

En analysant le transcriptome de tumeurs de la thyroïde de différents types histologiques (adénomes folliculaires FTA, carcinomes papillaires PTC), les auteurs ont pu identifier 322 gènes permettant cette distinction.

Ils ont ensuite cherché à tester la robustesse de la signature identifiée, en aveugle, sur 29 tumeurs (16 FTA et 13 PTC). Ainsi, 26 tumeurs sur 29 ont été classées en fonction de leur origine.

Les auteurs concluent alors qu'il existe une signature génique post-radiothérapie hautement spécifique permettant d'identifier l'origine d'une tumeur de la thyroïde indépendamment du type histologique.

[Consulter le résumé de l'article](#)

#### **Response of crypt paneth cells in the small intestine following total-body gamma-irradiation**

Parmi les nombreux dommages radio-induits de l'ADN, les cassures double-brin (CDB) sont considérées comme la principale cause de mutation après une exposition aux rayonnements ionisants. Les auteurs ont analysé, à l'aide d'une technique d'immunofluorescence la réponse de fibroblastes primaires (provenant de 25 individus apparemment normaux et de lignées de fibroblastes mutants déficients dans la reconnaissance, la signalisation et la réparation des dommages (ATM, ATR, NBN, LIG1, LIG4, and FANCG)) à une irradiation gamma de Cs-137. Ils ont pour cela exposé des cultures quiescentes (phase G0/G1) à 5, 10 et 25 cGy et suivi la réparation des CDB sur 24 heures. Le niveau maximal de foci induits dans les souches normales (0,15 foci par cGy à 10 ou 30 min) présente une variabilité interindividuelle moindre que celle spontanément observée. Les plages des valeurs de foci spontanés et résiduels à 24 heures sont identiques à celles observées pour les cultures mutantes. Cependant, Les auteurs ajoutent que leur méthode n'est pas suffisamment sensible à 5 cGy. Ainsi, ils indiquent que des études complémentaires, étendues à une population plus large d'individus et incluant un plus grand nombre de doses d'irradiation, seraient nécessaires pour valider leurs résultats. Enfin, ils concluent que ces résultats pourraient permettre l'identification d'individus dont les cellules seraient utilisées afin d'analyser les mécanismes moléculaires expliquant l'absence potentielle de réparation des CDB aux faibles doses. En effet, cette étude suggère que plus les doses sont faibles plus la variabilité interindividuelle dans la réparation des CDB chez des cellules primaires humaines augmente. Ainsi, la possible existence d'un sous-groupe de population présentant une radiosensibilité aux faibles doses pourrait rendre plus complexe le débat sur le sujet des limites de dose au sein des autorités de sûreté.

[Consulter le résumé de l'article](#)



## Actualités (suite...)

### CANCERS POST-ACCIDENT

#### Ionizing radiation and kidney cancer among Japanese atomic bomb survivors

Les auteurs ont examiné, dans la cohorte des survivants d'Hiroshima et Nagasaki, suivis de 1958 à 1998, l'association entre l'exposition aux rayonnements ionisants et le développement du cancer pelvien rénal et urétéral d'une part, et du cancer du parenchyme rénal d'autre part. Cette mise à jour du suivi de la cohorte conclut à une association positive entre le développement d'un cancer rénal pelvien et urétéral et une exposition aux rayonnements ionisants, avec un excès de risque relatif (ERR) de 1,65 par Sv (Intervalle de Confiance : 0,37-3,78). Cependant, l'ERR calculé pour le cancer du parenchyme rénal est relativement faible et entaché d'imprécision (ERR/Sv : 0,27 avec IC : -0,19 à 0,98), à l'exception de l'estimation réalisée pour les personnes de moins de 55 ans. Les auteurs rapportent par ailleurs des différences entre les deux sexes : pour le cancer du parenchyme rénal, davantage d'hommes que de femmes sont atteints, alors qu'une répartition équilibrée est observée pour le cancer pelvien rénal. Ces résultats confirment aussi l'influence de l'exposition aux rayonnements dans l'augmentation des cancers du rein, observés après radiothérapie de divers cancers (col de l'utérus, testicule) ou maladie comme la spondylarthrite ankylosante, toutefois sans précision du type.

[Consulter le résumé de l'article](#)

#### Radiation-induced leukemia among children aged 0-5 years at the time of the Chernobyl accident

Cette étude épidémiologique évalue le risque de développer une leucémie aiguë radio-induite (surtout leucémie myéloïde aiguë) chez les habitants des territoires d'Ukraine les plus contaminés, âgés de moins de 5 ans lors de l'accident de Tchernobyl. Au total, 246 cas de leucémie ont été diagnostiqués entre le 1er janvier 1987 et le 31 décembre 1997, et comparés à 492 témoins. En conclusion, pour les habitants exposés à des doses supérieures à 10 mGy, le risque de développer une leucémie est significativement augmenté, surtout pour les garçons. Cependant, certains facteurs confondants connus (surpoids à la naissance, âge de la mère au moment de la grossesse, polymorphisme du gène XRRC1...) n'ont pas été pris en compte.

[Consulter le résumé de l'article](#)

## Regard sur...

### RAPPORT DE L'INVS SUR L'INTÉRÊT DES DONNÉES HOSPITALIÈRES 2002-2008 POUR LA SURVEILLANCE DE L'INCIDENCE DU CANCER DE LA THYROÏDE EN FRANCE

En France, des estimations nationales d'incidence des cancers sont réalisées à partir du rapport entre incidence et mortalité observé dans les départements avec registre. Cependant, pour le cancer de la thyroïde, ces estimations restent imprécises, car d'une part les registres départementaux des cancers ne couvrent que 20% de la population, et d'autre part, on constate que la mortalité due à ce cancer est faible et son incidence est étroitement liée aux pratiques médicales. Dans le but d'estimer l'incidence du cancer de la thyroïde à l'échelle nationale et départementale, l'InVS a évalué l'utilisation des données hospitalières du Programme de

Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI) de 2002 à 2008 et des données des registres de 2002 à la dernière année disponible (2005). Ainsi, le rapport entre nombre de patients opérés (thyroïdectomie) et nombre de cas incidents du cancer de la thyroïde dans les départements couverts par un registre a permis d'estimer l'incidence nationale sur la période 2002-2005, plus précisément qu'en utilisant le rapport entre incidence et mortalité. Malgré les limites d'interprétation, l'InVS montre un ralentissement de la croissance de l'incidence du cancer de la thyroïde dans certaines classes d'âge, en particulier entre 2002 et 2005, et ceci après 20 ans de croissance

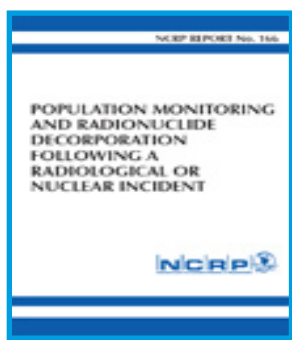
soutenue de l'incidence. Cependant, les incertitudes relatives à cette évolution récente et à court terme incitent à poursuivre une surveillance nationale à partir du PMSI.





## Regard sur... (suite)

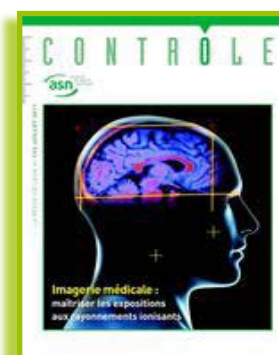
### NCRP REPORT 166 – POPULATION MONITORING AND RADIONUCLIDE DECORPORATION FOLLOWING A RADIOLOGICAL OR NUCLEAR INCIDENT



Dans la veine des publications du NCRP (National Council on Radiation Protection) sur la prévention, la préparation et la réponse à la menace terroriste nucléaire ou radiologique, le rapport 166 fournit des recommandations aux primo-intervenants et aux centres médicaux. Cet ouvrage détaille le screening des populations en cas de contamination interne, les procédures de décontamination, ainsi que les traitements décorporants à prescrire. D'autres thèmes sont abordés, tels que les impacts sociaux et psychologiques, et le suivi à long terme des populations exposées.

### ASN – CONTRÔLE 192, IMAGERIE MÉDICALE : MAÎTRISER LES EXPOSITIONS AUX RAYONNEMENTS

La revue de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, Contrôle, dans son n°192 de juillet 2011, fait un état des lieux de la radioprotection en milieu médical en décrivant les diverses utilisations des rayonnements ionisants et les expositions qui en résultent. Des exposés techniques décrivent les pratiques, les doses et la manière de les optimiser en scanographie, radiologie interventionnelle, et en médecine nucléaire. Enfin, ce numéro fait part d'actions nationales et d'initiatives internationales entreprises afin de réduire les doses reçues par les patients et les professionnels de santé.



### A PROPOS DE FACTEUR D'IMPACT



La revue «Radioprotection» est indexée dans les plus grandes bases de données scientifiques et plus particulièrement, dans la base Web of Sciences de l'Institute for Scientific Information (ISI). Son premier facteur d'impact 2010 (publié le 29 juin 2011) est de 0,862 (par comparaison, le facteur d'impact de Radiation Protection Dosimetry est de 0,966, celui de Health Physics de 1,207 et celui de Journal of Radiological Protection de 1,323).

## Mémento

### Octobre

- **24 - 26** : ICRP symposium on the international system of radiological protection

Lieu: Bethesda North Marriott Hotel and Conference Center, North Bethesda, Maryland, USA

Pour plus d'informations :  
<http://www.icrp.org/>

- **25 - 28** : Medical Biodefense Conference 2011

Lieu : Munich, Germany

Pour plus d'informations :  
<http://events.bsbb.de/event/biodefense2011/Home.html>

### Novembre

- **5 - 8** : Congress "From dosimetry to biological effect: radiobiology as guide to clinical practice in nuclear medicine"

Lieu: Sorrento, Italy

Pour plus d'information :  
<http://www.nuclearmedicinediscovery.org>

- **15 - 16** : Colloque Adebitech INERIS 'Evaluation des expositions de l'homme via son environnement : nouveaux outils et aide à la décision'

Lieu: Romainville, France

Pour plus d'information :

<http://www.colloque.env-sante.adebiotech.org/>

- **15 - 16** : Les sources de rayonnements ionisants : des moyens très diversifiés, des applications multiples et une réglementation en évolution

lieu : Union Internationale des Chemins de Fer (UIC), Paris, France

Pour plus d'information :  
<http://www.sfrp.asso.fr>



## Info + Césium 137: dépôts dans l'environnement, effets sanitaires et traitement de la contamination

Le césium est un métal alcalin de degré d'oxydation (+1). Il possède 31 isotopes de masse 114 à 145; seul l'isotope 133 est stable. Ses isotopes radioactifs n'existent pas à l'état naturel dans l'environnement, ils résultent uniquement des activités humaines. Ce sont des produits de fission générés dans les réacteurs nucléaires et lors des explosions d'armes nucléaires. Ils sont également produits lors de la fabrication de sources scellées pour des applications médicales et industrielles (Métivier & Lorthioir, 2000). Les principaux isotopes radioactifs observés dans l'environnement sont ceux dont la période radioactive est supérieure à l'année : Cs-134 (2,2 ans), Cs-135 ( $2,9 \cdot 10^6$  ans) et Cs-137 (30,1 ans).

### Caractéristiques du césium 137

Elément: Césium 137 (Cs-137)  
 Numéro atomique Z 55  
 Filiation(s): ( $\beta^-$ ) Ba-137  
 Période radioactive (T1/2): 30,1 a  
 Constante radioactive ( $\lambda$ ):  $7,309 \cdot 10^{-10} \text{ s}^{-1}$   
 Activité spécifique (Am):  $3,213 \cdot 10^{12} \text{ Bq} \cdot \text{g}^{-1}$

	Type	Energie (keV)	Intensité (%)	Origine
	$\beta$ (omis <0,01%)	513,97 (E max)	94,36	
		1175,63 (E max)	5,64	
X (omis : 1,2)	$X_{K\alpha 2}$	31,8174	1,95	Ba-137
	$X_{K\alpha 1}$	32,1939	3,59	Ba-137
	$X_{K\beta 1}$	36,4457	1,055	Ba-137
	Gamma (omis <0,01%)	661,657	84,99	Ba-137

Référence : INEEL, KRI – 2006

### Sources de radiocésium :

La source principale de Cs-137 dans l'environnement correspond aux retombées des essais nucléaires atmosphériques réalisés dans les années 50 et 60. Avant l'accident de Fukushima, l'activité totale de Cs-137 relâchée dans la biosphère était attribuée pour environ 90% aux essais atmosphériques, 6% à l'accident de Tchernobyl, et 4% aux usines de retraitement du combustible nucléaire. Les autres libérations accidentelles de Cs-137 étaient moins importantes et plus localisées (site de stockage de l'ex-URSS de Kyshtym, source abandonnée à Goiânia) (cf [tableau 1](#)). Les rejets gazeux et liquides de césium par les réacteurs nucléaires en situation normale de fonctionnement sont très faibles. Les dernières estimations des rejets consécutifs à l'accident de Fukushima sont d'environ 15 PBq dans l'air et 5 PBq dans l'eau de mer. La grande majorité des essais atmosphériques ont été réalisés dans l'hémisphère nord (USA, ex-URSS).

Tableau 1 : Estimation des rejets en césium-137

Source	Activité relâchée (PBq = $10^{15}$ Bq)	
Essais nucléaires atmosphériques	948 <sup>1</sup>	
Retraitement du combustible nucléaire (France, UK, Japon)	avant 1989	40 <sup>1</sup>
	1998 -2000	0.004 <sup>2</sup>
<b>Accidents</b>		
- Tchernobyl	70 <sup>1</sup> – 85 <sup>3</sup>	
- Kyshtym	0,04 <sup>1</sup>	
- Windscale	0,02 <sup>1</sup>	
- Cosmos 954	0,003 <sup>1</sup>	
- Goiânia	0,05 <sup>1</sup>	
- Fukushima	20 <sup>4</sup>	

<sup>1</sup> D'après NCRP 154 (2006)

<sup>2</sup> D'après l'annexe B, tableau 20, UNSCEAR 2008 (2010)

<sup>3</sup> D'après l'annexe D, tableau A1, UNSCEAR 2008 (2011)

<sup>4</sup> D'après Report of the Fukushima accident, june 2011, by the Japan Government



## Info + (suite...)

Ainsi, les dépôts de Cs-137 y sont beaucoup plus importants que dans l'hémisphère sud, avec un pic entre les latitudes 40° et 50°N.

En Europe et en ex-URSS, plus de 190 000 km<sup>2</sup> ont été contaminés (Cs-137 > 37 kBq/m<sup>2</sup>) par les retombées radioactives de l'explosion de Tchernobyl, dont 150 000 km<sup>2</sup> dans trois régions importantes d'ex-URSS (voir figure 1).

L'activité relâchée suite à l'accident de Fukushima n'a pas encore été confirmée. Les dépôts en Cs-134 et Cs-137 ont cependant été mesurés. De même qu'à Tchernobyl, des zones ont été fortement contaminées avec des dépôts de Cs-134 et Cs-137 supérieurs à 600 kBq/m<sup>2</sup>, voire supérieurs à 3000 kBq/m<sup>2</sup> à certains endroits. Ces zones sont cependant beaucoup moins étendues (voir figure 2).

### Biocinétique :

Le césium est absorbé au niveau intestinal ( $f_A = 1$ ) ou au niveau pulmonaire (composés de type F par défaut). Après son passage dans le sang, le césium se comporte comme le potassium, il se répartit relativement uniformément dans tous les tissus. Le modèle biocinétique recommandé par la CIPR (ICRP, 1989) est un modèle à 2 compartiments : l'un à excrétion rapide et l'autre à excrétion plus lente. Leggett (2003) estime la période de rétention à 96j chez l'homme, 70j chez la femme, et 34j chez l'enfant de 5 ans.

### Effets sanitaires :

La toxicité chimique du césium est faible. Le Cs-137 décroît par émissions  $\beta$ - et  $\gamma$ , les effets d'une contamination au Cs-137 sont analogues à ceux d'une irradiation globale.

#### - Toxicité aiguë

A Goiânia (Brésil, 1987), la dispersion d'une source médicale de chlorure de Cs-137 de 50,9 TBq (1375 Ci) a provoqué l'exposition externe et

effets du césium sur différentes fonctions. Les rats ont été exposés au Cs-137 par l'eau de boisson (6500 Bq/L) pendant au moins 3 mois. Ces conditions expérimentales permettent de se rapprocher de l'exposition de la population vivant dans les territoires contaminés après Tchernobyl.

Aucun effet n'a été mis en évidence sur la fonction hépatique et le métabolisme lipidique (Racine et al., 2010 ; Racine et al., 2009), ainsi que sur

le comportement de ces animaux (Houpert et al., 2007) même si des modifications moléculaires des cytokines impliquées dans la réponse inflammatoire ont été détectées dans le cerveau (Lestaevel et al., 2008). Les stéroïdes sont impliqués dans diverses fonctions, dont le métabolisme des protéines, des lipides, la

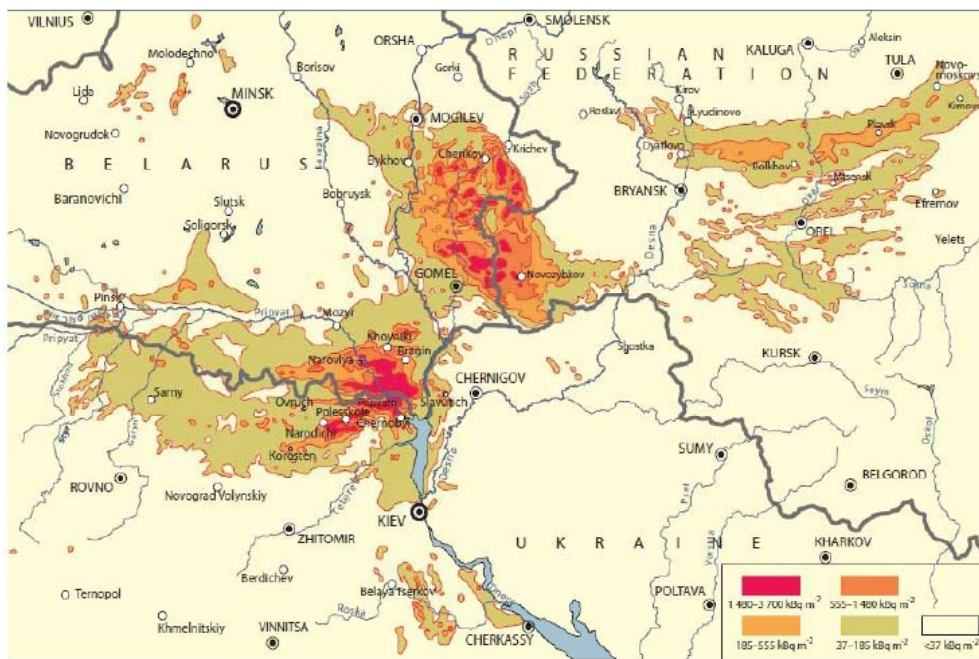


Figure 1 : Carte des dépôts de Cs-137 en Biélorussie, Russie et Ukraine d'après l'annexe D, UNSCEAR 2008 (2011)

interne de plusieurs familles. Vingt personnes ont été hospitalisées : quatre d'entre elles, présentant un syndrome aigu d'irradiation, sont décédées (doses comprises entre 4,5 et 6 Gy). Vingt-huit personnes présentaient en outre des brûlures cutanées, dont la gravité a parfois nécessité le recours à des greffes et à des amputations. En avril 1988, 87 personnes avaient des charges corporelles en Cs-137 comprises entre 1 kBq et 1 GBq (dose engagée pour 30 adultes comprises entre 0,1 et 1 Gy et pour un enfant de 4 Gy).

#### - Toxicité à long terme

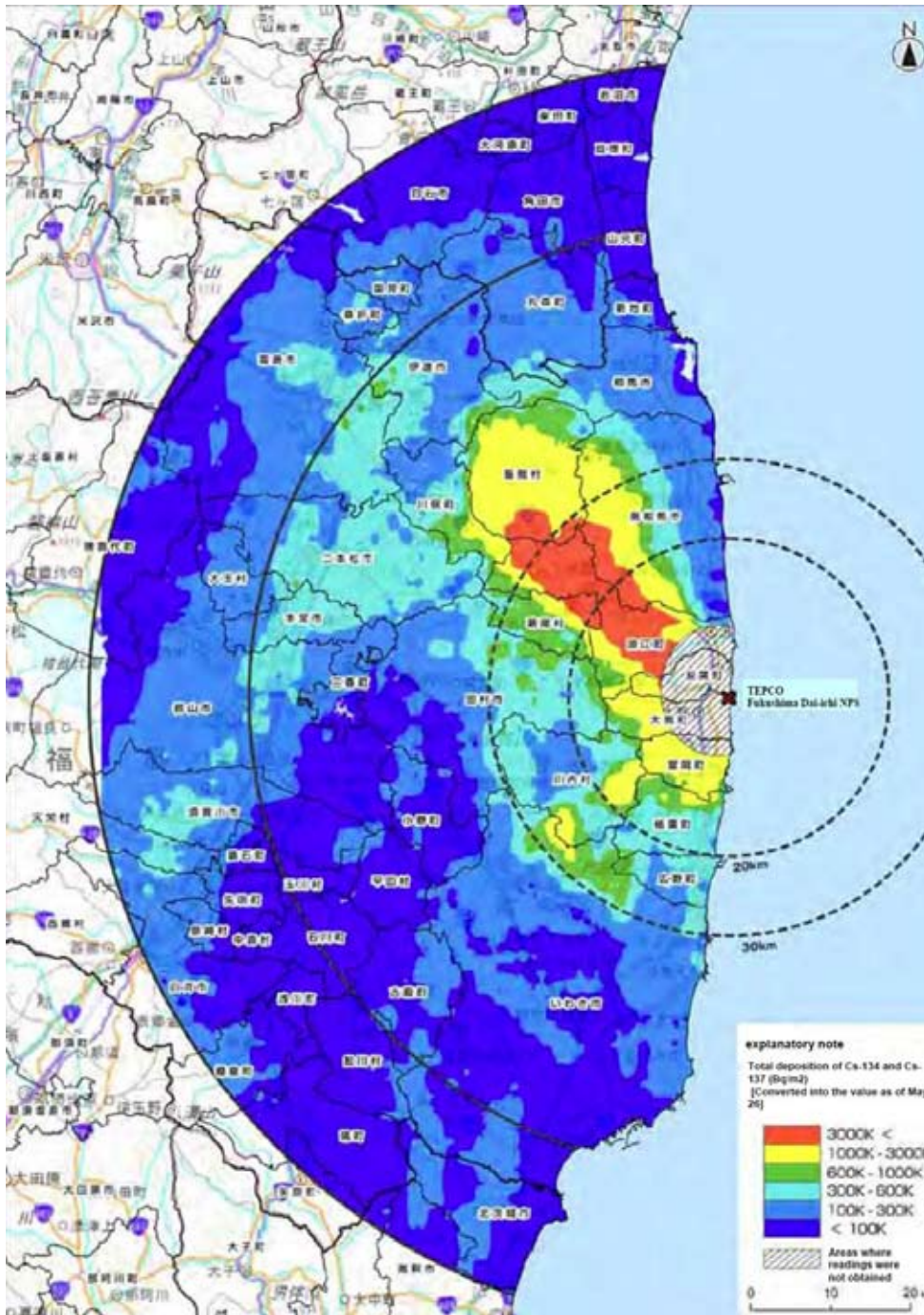
Des études ont été menées chez le rat pour rechercher d'éventuels

néoglucogénèse, l'inflammation, et les caractères sexuels masculins. Concernant le système endocrinien, le taux des hormones testiculaires ou hypophysaires est resté inchangé chez des rats exposés *in utero* ou après la naissance (Grignard et al., 2010).

En revanche, une diminution des taux de 17- $\beta$ estradiol et de corticostérone a été observée dans les mêmes conditions expérimentales chez des rats adultes (Grignard et al., 2008). Les effets sur l'os et l'équilibre phosphocalcique ont été étudiés chez des rats adultes (Tissandie et al., 2006) et chez des jeunes exposés par l'intermédiaire de leur mère lors de la lactation (Tissandie et al., 2009).



## Info + (suite...)



**Figure 2 : Dépôts de Cs-134 et de Cs-137 dans les 80 km autour de la centrale de Fukushima-Daïchi d'après les mesures aéroportées du MEXT et du U.S.DOE entre le 31 mai et le 2 juillet 2011 (parution 8 juillet 2011)**

La première étude a montré une diminution de la vitamine D plasmatique sans modification de l'homéostasie minérale, alors que la seconde étude a révélé une augmentation des concentrations plasmatiques de vitamine D et de phosphate accompagnée d'une diminution du calcium et de l'ostéocalcine, ce qui peut ralentir la croissance

osseuse. Les auteurs soulignent que la diminution de l'expression des cytochromes impliqués dans la biosynthèse de la vitamine D dans le foie et le rein suggère un mécanisme d'adaptation.

Enfin, les biomarqueurs plasmatiques des fonctions rénale et hépatique n'indiquent pas de toxicité du Cs-137 pour ces organes dans ces conditions

expérimentales.

Au niveau cardiovasculaire, Gueguen et al. (2008) n'ont pas observé de symptômes particuliers, alors que des effets biologiques ont été mis en évidence après 3 mois de contamination :

- pour les marqueurs de lésions tissulaires : une augmentation des concentrations plasmatiques de créatine kinase (CK) et CK-MB ; la troponine I et la myoglobine ne sont pas modifiées par rapport au contrôle;
- une diminution de la pression artérielle et une disparition de son rythme circadien ;
- à l'ECG, un raccourcissement des segments ST et RT mais pas d'arythmie.

### - Etudes épidémiologiques

La question d'un lien entre l'exposition chronique au Cs-137 et des effets sanitaires dans les populations vivant en territoire contaminé reste ouverte.

Ainsi, l'apparition de signes cliniques d'obstruction des voies aériennes et de diminution de la capacité respiratoire chez 415 enfants d'une région d'Ukraine serait corrélée à la contamination des sols en Cs-137 (Svendsen et al., 2010). Cependant le mécanisme n'est pas élucidé et le lien entre la contamination des sols, l'alimentation et l'imprégnation des enfants n'a pas été étudié. Il faut noter que ces enfants ont également une immunité diminuée ce qui les rend plus sensibles aux infections.

Les retombées de Tchernobyl aurait également entraîné une inflammation chronique de l'urothélium de la vessie et le développement d'une cystite atypique considérée par les auteurs de l'étude comme un état précancéreux (Romanenko et al., 2009). Les patients inclus dans cette étude sont en grande majorité des hommes (559/592) atteints d'une hypertrophie bénigne de la prostate



### Quelles sont les valeurs limites dans les aliments en vigueur pour le césium?

Le «Codex Alimentarius» de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et de l'organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) fixent des valeurs indicatives pour la consommation humaine des denrées alimentaires contaminées au césium. De son côté dans le règlement Euratom, la Commission européenne définit des niveaux maximaux admissibles (NMA) pour l'alimentation humaine, relatifs aux denrées importées d'une zone accidentée.

Codex alimentarius (OMS/FAO) Becquerel par kilo	Denrées destinées à la consommation générale	Aliments pour enfants
Césium 134 et 137	1000	1000

**Référence :** Codex Alimentarius (2006)

EURATOM: NMA de contamination radioactive de l'alimentation Becquerel par kilo (ou litre)	Césium 134 et 137
Aliments pour nourrissons	400
Produits laitiers	1000
Autres denrées alimentaires	1250
Liquides destinés à la consommation	1000

**Référence :** Règlement N° 3954/87 EURATOM

et vraisemblablement de rétention urinaire. Si la dose de rayonnements ionisants reçue par chaque patient n'a pas été déterminée, la concentration urinaire en Cs-137 mesurée dans les urines de 24h est significativement plus élevée dans les groupes vivant en territoires contaminés. Les valeurs urinaires moyennes sont de 6,47 et 1,23 Bq/L pour des concentrations de Cs-137 dans le sol de 185-1110 et 18,5-185 kBq/m<sup>2</sup>, respectivement, contre 0,29 Bq/L pour le groupe vivant en zone non contaminée.

De même, lors d'une précédente étude chez des patients atteints d'un cancer du rein, Romanenko et al. (2001) ont remarqué des lésions histologiques atypiques du tissu péritumoral chez des Ukrainiens vivant dans des régions contaminées. Ces lésions, observées en fortes proportions chez les patients ukrainiens, sont peu fréquentes dans le groupe contrôle constitué de patients hispaniques. Par ailleurs, des études ont été réalisées

sur les malformations constatées à la naissance dans les populations vivant dans les régions contaminées par les retombées de Tchernobyl. Les données proviennent des registres de naissance entre 2000 et 2006. Dans la province de Rivne, la partie nord, qui a été la plus contaminée, compte un taux significativement plus élevé de malformations du tube neural par rapport à la partie sud (OR = 1,46 [1,13-1,93]) (Wertelecki, 2010). L'OMS (2006) conclut cependant qu'il n'a pas été démontré un impact significatif de la catastrophe sur la mortalité infantile ou l'émergence de malformations. Dans ces études, les données d'exposition et d'imprégnation de la population au Cs-137 sont limitées. Il en est de même pour les données sur la présence de cofacteurs (tabac, alcool, autres) et sur l'état sanitaire général des populations étudiées. Etablir un lien entre une exposition au Cs-137 et un effet sanitaire est alors délicat. Une cohorte suivant l'exposition de

84 666 habitants de Bryansk montre que ceux-ci sont toujours exposés au Cs-137 (probablement par la consommation d'aliments contaminés) mais que la dose annuelle est faible pour la majorité d'entre eux. Entre 1998 et 2008, les médianes sont comprises entre 0,06 et 0,11 mSv/a (Sekitani et al., 2010).

#### Traitement de la contamination :

Le Bleu de Prusse (nom commercial Radiogardase®) est le traitement recommandé en cas de contamination par le césium. Les modalités de traitement diffèrent selon les pays et les organismes (cf [tableau 2](#)).

Le Bleu de Prusse, administré par voie orale, piège le césium dans l'intestin empêchant ainsi son absorption (ou sa réabsorption) et augmentant l'excrétion fécale.

Le traitement doit commencer le plus tôt possible après l'exposition, mais reste efficace tant que le délai ne dépasse pas 28 jours, et doit être poursuivi pendant au moins





## Info + (suite...)

3 mois pour atteindre une réduction de 40-55% de la dose attendue sans traitement.

Un traitement de plus de 6 mois n'apporte pas de bénéfice.

Le traitement prophylactique n'est pas recommandé à l'heure actuelle.

Les effets indésirables sont la constipation et la coloration des selles (HPA, 2010).

Le Radiogardase® possède une AMM

(autorisation de mise sur le marché) en Allemagne et aux Etats-Unis.

En France, le Radiogardase® dispose d'une autorisation temporaire d'utilisation (ATU) nominative délivrée pour un seul malade nommément désigné et ne pouvant participer à une recherche biomédicale, à la demande et sous la responsabilité du médecin prescripteur. En Angleterre, l'équivalent, nommé Prussian Blue

Antidotum Tallii-Heyl®, n'a pas d'AMM, il est délivré sur prescription médicale pour un seul malade nommément désigné et administré sous surveillance médicale.

Tableau 2 : Comparaison des posologies du bleu de Prusse

	Adultes	Enfants
<b>Guide national français (ASN, 2008)</b>	<b>1g 3x/j</b>	-
<b>Piratome</b>	<b>3g 3x/j</b>	<b>2 à 12 ans : 1g 3x/j</b>
REMM-REAC-TS (USA)	1-3g 3x/j	2 à 12 ans : 1g 3x/j
FDA (USA)	3g 3x/j	2 à 12 ans : 1g 3x/j < 2 ans usage non autorisé
HPA (GB)	1g 3x/j	1 à 12 ans : 0,5g 3x/j < 1 an : effets du BP sur système digestif immature inconnus, une dose par kg p.c. peut être extrapolée à partir de la dose enfant
BfS (Ger)	3 – 20 g/j	3 – 20 g/j

## Références

- European Council Directive 96/29/Euratom of 13 may 1996 laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionizing radiation (OJ L159, 29.6.1996, p.1).
- ASN (2008). Guide national - Intervention médicale en cas d'événement nucléaire ou radiologique.
- Bundesamts für Strahlenschutz. (2008). Materialsammlung zur internen Radiodekontamination von Personen.
- Grignard, et al. (2010). C R Biol, 333(5), 416-423.
- Grignard, et al. (2008). Arch Toxicol, 82(9), 583-589.
- Gueguen, et al. (2008). Cardiovasc Toxicol, 8(1), 33-40.
- Houpert, et al. (2007). Int J Radiat Biol, 83(2), 99-104.
- Health Protection Agency. (2010). Use of prussian blue (ferric hexacyanoferrate) for decorporation of radiocaesium.
- ICRP (1989). Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides: part 1. Oxford: P. Press; ICRP Publication 56
- Leggett, et al. (2003). Sci Total Environ, 317(1-3), 235-255.
- Lestaevel, et al. (2008). Neurotoxicology, 29(2), 343-348.
- Métivier, H., & Lorthioir, S. (2000). Caractéristiques du césium:

propriétés physiques et chimiques du césium. Le césium de l'environnement à l'homme (pp. 3-11): EDP Sciences.

- NCRP (2006). Cesium-137 in the environment: radioecology and approaches to assessment and management. NCRP Report No. 154
- Racine, et al. (2010). J Radiat Res, 51(1), 37-45.
- Racine, et al. (2009). Food Chem Toxicol, 47(7), 1642-1647.
- Romanenko, et al. (2009). Carcinogenesis, 30(11), 1821-1831.
- Romanenko, et al. (2001). Virchows Arch, 438(2), 146-153.
- Sekitani, et al. (2010). Radiat Prot Dosimetry, 141(1), 36-42.
- Svendsen, et al. (2010). Environ Health Perspect, 118(5), 720-725.
- Tissandie, et al. (2006). Toxicology, 225(1), 75-80.
- Tissandie, et al. (2009). Arch Toxicol, 83(4), 357-362.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). (2008). Sources and effects of ionising radiation. United Nations, New York, USA: Report to the General Assembly with scientific annexes
- Wartelecki, W. (2010). Pediatrics, 125(4), e836-843.
- WHO. (2006). Health effects of the chernobyl accident and special health care programmes. Geneva



## *Nota bene : 2011 - année de la chimie, année Marie Curie*



2011 est l'année internationale de la chimie, placée sous l'égide de l'UNESCO et de l'IUPAC (Union internationale de chimie pure et appliquée). Dans ce cadre, la France et la Pologne ont commémoré le centième anniversaire du second prix Nobel, en chimie, de **Marie Skłodowska Curie** (née à Varsovie en 1867, décédée en France à Sancellemoz en 1934).

En France et en Pologne, ont été organisées conjointement les célébrations officielles. Elles consistent en des cérémonies d'ouverture et de clôture à Paris (Sorbonne) puis Varsovie (Château Royal) sous les hauts patronages français et polonais, notamment ceux du Président de la République Française et du Président de la République Polonaise.

- Pour en savoir plus : <http://www.msc100.eu/>

### LIVRES :

#### Numéro spécial du bimensuel « analytical and bioanalytical chemistry »

Consacré à Marie Curie-Sklodowska, 2011. Il décrit la vie et les découvertes de Marie Curie.



#### Marie Curie, une femme de science



Auteur : Françoise Grard

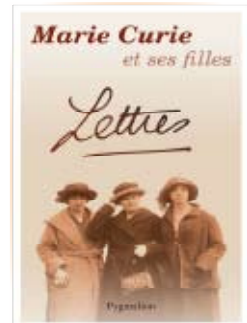
Document jeunesse

Prix : 14,25 €

#### Marie Curie et ses filles : lettres

Auteurs : Eve Curie, Irène Curie, Marie Curie

Editeur : Pygmalion



Ce recueil des lettres échangées entre Marie Curie et ses filles Irène et Eve évoque l'intimité de la famille, rapportant de petits et grands événements jusqu'à la mort de la physicienne en 1934.

Prix : 19,90 €

### ÉVÈNEMENT

#### Expo – Musée : Musée Curie

Lieu : Institut du Radium à Paris

Le musée Curie - Institut du Radium dont la construction date du début du XXe siècle réunit un laboratoire de physique et de chimie dirigé par Marie Curie et un pavillon de biologie confié au Docteur Claudius Regaud

Téléphone : 01 56 24 55 33



#### Fête de la science 2011

À l'occasion de la Fête de la science, les scientifiques des instituts de la Direction des sciences du vivant et du centre de Fontenay-aux-Roses se mobilisent pour accueillir le public, expliquer leurs métiers, présenter

leurs travaux, faire visiter leurs laboratoires...

Enfants, étudiants, adultes. Biologie, chimie, énergie, nucléaire, technologie, environnement.

Paris ou province.

Il y en aura pour tous les goûts !

Pour plus d'information : <http://www-dsv.cea.fr/dsv/la-dsv/toute-l-actualite/fete-de-la-science>