

Risques de leucémies et expositions aux rayonnement ionisants

Séminaire ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire), Montrouge, le 9 juin 2015

Leucémies de l'enfant et expositions aux rayonnements ionisants d'origine naturelle : études françaises récentes

Denis HÉMON

Inserm : **EPICEA** : J. CLAVEL, C. DEMOURY, D. HÉMON, F. MARQUANT,
RNHE : J. CLAVEL, L. FAURE,

IRSN : **LEPID** : S. ANCELET, O. LAURENT, D. LAURIER,
BERAM (ex-BRN) : J. GUILLEVIC, G. IELSCH
DEI/SESURE : C. DEBAYLE

Leucémies de l'enfant et expositions aux rayonnements ionisants d'origine naturelle (R.I.N.)

Revue de la littérature

Laurier et al, Health Physics 2001

Brenner et al, PNAS, 2003

Wakeford, Oncogene 2004

Raaschou-Nielsen, Radiat Prot Dosim 2008

Tong et al, J Toxicol Environ Health 2012

Wakeford, JRP 2013

- **Etudes écologiques à “grande” échelle**
- **Etudes cas-témoins avec mesure *in situ* des expositions**
- **Modélisation de la fraction de risque de LA attribuable aux R.I.N.**

Wakeford et al, Leukemia 2009 : 20% [8% - 30%]

Little et al, J, Radiol, Prot, 2009 : 15% - 20%

Walsh and Kaiser, Radiat Environ Biophys, 2011 (Incertitude importante)

Laurent et al, Radiat Environ Biophys 2013 : 20 % [0% –68%] (ERR) et 4 % [0% –11%] (EAR)

Etude cas-témoins sur enregistrements GEOCAP – France, 2002-2007

Cas de leucémies de l'enfant n = 2 761 (≈ 460 /année)

Registre National des Hémopathies Malignes de l'Enfant (RNHE J, Clavel)

Depuis 1990 : cas diagnostiqués en France métropolitaine avant l'âge de 15 ans

Témoins n = 30 000 (5 000 adresses / an de 2002 à 2007)

Echantillonnage aléatoire réalisé par l'INSEE dans les bases de déclaration des revenus et de taxes d'habitation

Représentatif de la population pédiatrique métropolitaine < 15 ans

Géolocalisation des adresses des domiciles des cas et des témoins

Méthode : mise au point, contrôles, validations, mise en œuvre (Geocible - EPICEA)

Géolocalisation automatique pour la plupart des adresses

Manuelle pour les autres : documents cartographiques et photographiques, S.I.G.

Imprécisions ≤ 20 m pour environ 75% des adresses

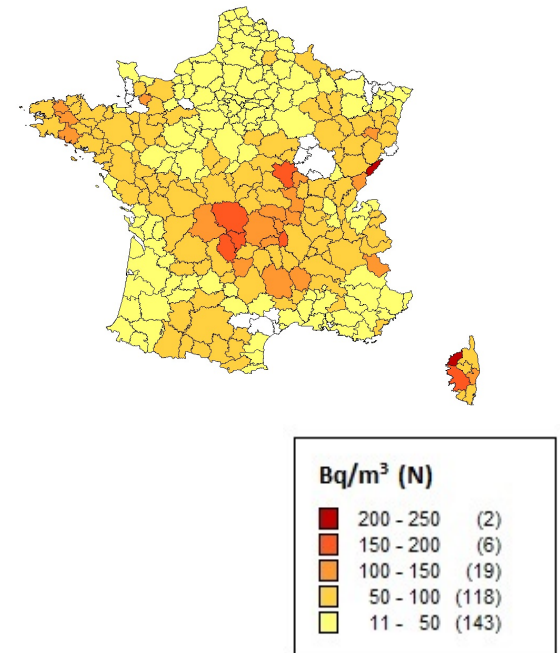
Etude d'incidence France 1990 - 2009

36 326 communes

- **9 056 cas de leucémies aiguës de l'enfant** (7 434 LAL et 1 465 LAM)
Registre National des Hémopathies Malignes de l'Enfant

- **Populations des 36 326 communes métropolitaines**
Recensements de la population de 1990, 1999 et 2006 - 2009
Estimations annuelles de l'INSEE par département et âge (1 an)
Interpolation linéaire inter-censitaire du ratio population commune/départ, par âge

Exposition résidentielle au radon



- **Campagnes nationales de mesure 1982 - 2003**

IRSN et Ministère chargé de la Santé

10 843 mesures de l'activité volumique radon (AV Radon)

Billon et al, Rad Prot Dosimet 2005

Correction pour saisonnalité

Baysson et al, Rad Prot Dosimet 2003

- **Cartographie du potentiel radon géogénique**

Classification de formations géologiques (résolution 500 à 1 000m) en 5 niveaux de potentiel selon leur contenu en uranium et les principaux paramètres influençant la diffusion du radon et de ses descendants au niveau du sol

Ielsch et al, J Environ Radioact 2010 ; Demoury C, Ielsch et al. , J. Environ. Radioact. 2013

- **Analyse géostatistique** : cokrigage des mesures de l'AV Radon et du potentiel radon géogénique, en collaboration avec l'Ecole des Mines de Paris → Estimation de la valeur moyenne de l'AV Rn en un point de coordonnées spatiales données

Pouchol C, et al, in Analyse spatiale et cartographique du radon sur le territoire métropolitain par l'utilisation de méthodes géostatistiques IRSN-BRN 2012

Expositions aux rayonnements gamma d'origine naturelle

- **Rayonnements gamma cosmiques**

Altitude : UNSCEAR 2006

- **Rayonnements gamma telluriques**

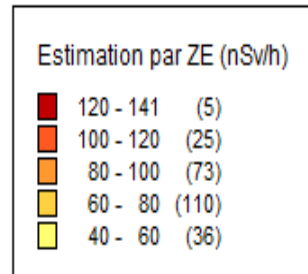
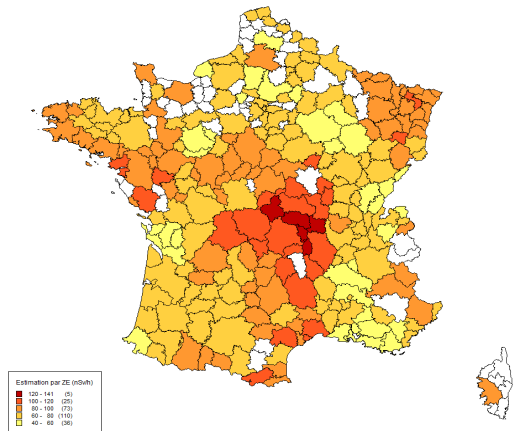
Campagne de mesure IRSN 1977 - 2000

14 124 mesures sur 10 334 sites

8 895 à l'intérieur, 5 229 à l'extérieur, dans 60 départements

Données de surveillance TLD sur 978 sites 2000 - 2012

Demoury C et al, in Université Paris Sud 11, 2012



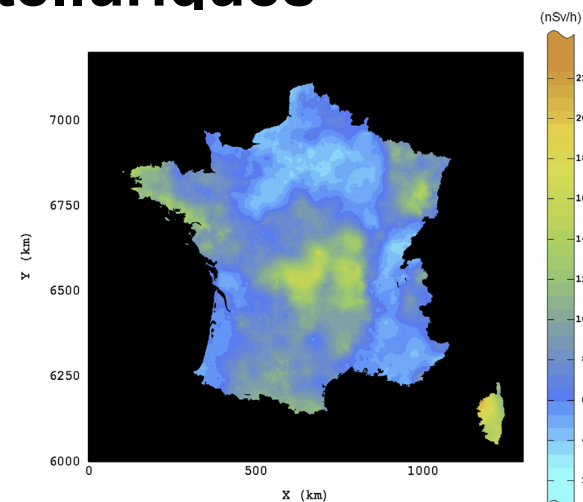
➔ **Etude cas-témoins GEOCAP 200 2007 : adresses des domiciles**

➔ **Etude d'incidence 1990 - 2009 : 249 zones d'emploi / 304 = 89,8% des cas**

Expositions aux rayonnements gamma telluriques

Warnery E, Ielsch G et al, J. Environ. Radioact. 2015

Fig. 8, Estimation map of the indoor telluric gamma dose rates over French country, from MCKK,



- **Données de surveillance** 97 595 mesures TLD réalisées dans 17 404 cabinets dentaires et vétérinaires
- **Classification des formations géologiques en 5 niveaux de potentiel uranium** données géologiques et contenu des roches en uranium
- **Analyse géostatistique : cokrigage mesures – potentiel uranium →**
Estimation de la valeur moyenne de l'exposition aux rayonnements gamma telluriques attendue en un point de coordonnées spatiales données

→ **Etude cas-témoins GEOCAP 2002-2007 : adresse des domiciles**

→ **Etude d'incidence 1990-2009 : 36 326 communes de résidence**

Estimation des expositions aux R.I.N. des cas et témoins des études GEOCAP 2002 – 2007 et Incidence 19990 – 2009

- **Activité volumique radon (Bq/m³)**
 - Modélisation : % variance expliquée par les coordonnées du domicile = 32 %
- **Exposition aux rayonnement gamma telluriques (nSv/h)**
 - Modélisation : % variance expliquée par les coordonnées du domicile = 65%
- **Exposition à la naissance et Exposition au diagnostic**
 - Pas de changement d'adresse entre la naissance et le diagnostic : 59% des cas (ESCALE)
 - Corrélation entre les estimations des expositions au radon des domiciles à la naissance et au diagnostic : $r = + 0,84$
- **Estimation des expositions cumulées et des doses à la moëlle osseuse**
 - Coefficients de conversion (période intra-utérine, âge, Rn ou gamma), période de latence (0 à 24 mois) → estimation « RBM dose »
 - Radon (Kendall and Smith, 2002; Kendall and Smith, 2005)
 - Gamma (Petoussi et al, 1991)

Expositions aux rayonnements ionisants d'origine naturelle (R.I.N.)

	Nbre	Moy.	Ecart -type	Min	P5%	P25%	P50%	P75%	P95%	Max	Etendue P95% - P5%
Activité volumique Radon (Bq/m3)											
Communes	36 326	91,8	63,50	12,5	38,3	54,2	72,6	107,8	203,4	827,5	165,1
Témoins GEOCAP Mairie commune du domicile	30 000	67,2	45,7	12,5	21,8	40,7	55,2	81,6	145,6	819,1	123,8
Témoins GEOCAP Adresse domicile	30 000	67,8	45,5	12,8	24,9	40,6	55,6	82,0	145,3	801,3	120,4
Gamma telluriques + cosmiques (nSv/h)											
Communes	36 326	108,8	27,1	65,9	76,0	88,1	103,3	123,8	161,9	260,8	85,9
Témoins GEOCAP	30 000	102,6	26,3	65,9	73,1	81,1	95,8	117,6	156,9	260,8	83,8

Expositions aux R.I.N. et Leucémies de l'enfant

GEOCAP 2002 - 2007 - Exposition à l'âge au diagnostic

AV Rn Bq/m3	Cas LA / Témoins	OR et IC 95%	γ nSv/h	Cas LA / Témoins	OR et IC95%
[12,5 ; 36,9]	533 / 6 019	1,00 [Ré.]	[65,9 ; 79,9]	540 / 6 000	1,00 [Réf.]
] 36,9 ; 48,7]	542 / 5 987	1,05 [0,92;1,19]	] 79,9 ; 89,5]	536 / 5 995	1,00 [0,88;1,14]
] 48,7 ; 62,4]	576 / 5 997	1,10 [0,97;1,25]	] 89,5 ; 103,0]	594 / 6 005	1,11 [0,99;1,26]
] 62,4 ; 89,7]	573 / 5 998	1,10 [0,97;1,25]	] 103,0 ; 123,3]	536 / 6 001	1,00 [0,88;1,14]
]89,7 ; 819,2]	539 / 5 999	1,02 [0,90;1,16]	]123,3 ; 260,8]	557 / 5 999	1,02 [0,90;1,16]

Expositions aux R.I.N. et Leucémies de l'enfant

Etude d'incidence 1990 - 2009 : Expositions cumulées depuis la naissance

E.C. Rn Bq/m ³ x année	Nbre de cas de LA O / E	SIR IC 95%	E.C. γ mSv	Nbre de cas de LA O / E	SIR IC 95%
≤ 119	1 805 / 1 811,7	1,00 [0,95 ;1,04]	≤ 2,1	1 794 / 1806,7	0,99 [0,95 ;1,04]
] 119 ; 219]	1 813 / 1 810,9	1,00 [0,96 ;1,05]	] 2,1 ; 3,5]	1 791 / 1 808,3	0,99 [0,95 ;1,04]
] 219 ; 363]	1 762 / 1 811,1	0,97 [0,93 ;1,02]	] 3,5 ; 5,5]	1 825 / 1 817,1	1,00 [0,96 ;1,05]
] 363 ; 618]	1 914 / 1 811,2	1,06 [1,01 ;1,11]	] 5,5 ; 8,8]	1 809 / 1 811,5	1,00 [0,95 ;1,05]
> 618	1 762 / 1 811,2	0,97 [0,93 ;1,02]	> 8,8	1 837 / 1 812,4	1,01 [0,97 ;1,06]

Expositions aux rayonnements ionisants d'origine naturelle et Leucémies de l'enfant : Incidence 1990 - 2009

- Analyses catégorielles (20 classes de populations pédiatriques égales) et des tendances log-linéaire
- Analyses par type de LA : LAL, LAM
- Analyses par groupe d'âge (0 – 4, 5 – 9, 10 – 14 ans) et par âge (1 an)
- Exposition à l'âge au diagnostic, exposition cumulée depuis la naissance
- Estimations de la dose à la moëlle osseuse (RBM)
- R.I.N. liées au radon, aux gamma, au cumul radon et gamma
- Indicateur de disparités géographiques socio-économiques

Leucémies de l'enfant et expositions aux rayonnements ionisants d'origine naturelle : études françaises récentes

- **Pas d'association observée entre exposition aux R.I.N. et LA**
 - Etude cas-témoins sur enregistrements 2002 – 2007 (2 761 cas vs 30 000 témoins)
 - Etude d'incidence communale 1990 – 2009 (9 056 cas)
- **Bonne puissance statistique de l'étude : gamma et gamma + radon**
 - Nombre de cas
 - Expositions : précision des estimations et contrastes d'exposition
- **Variations spatiales de facteurs de risque des leucémie de l'enfant corréllées aux variations spatiales des expositions aux R.I.N.**
 - Etudes cas – témoins en population avec informations individuelles : ESCALE 2003 – 2004, ESTELLE 2010 – 2011
 - Variations géographiques inter-communales d'autres facteurs de risque
- **Exposition aux R.I.N. à la naissance**
 - GEOCAP – PAST : domiciles des cas à la naissance,
 - Incidence des leucémies de l'enfant par cohorte communale de naissance

Inserm

EPICEA

(CRESS Inserm – U.Paris V)

J. Clavel

C. Demoury

S. Goujon-Bellec

D. Hémon

F. Marquant

RNHE

J. Clavel

L. Faure

IRSN

LEPID

D. Laurier

O. Laurent

S. Ancelet

BERAM (ex-BRN)

J. Guillevic

G. Ielsch

DEI/SESURE

C. Debayle

Geocible SIG

O. Lamy

M. Carrère

INSEE

M. Tomasini

L. Auzet

SFCE (Société Française de lutte contre les Cancers et les leucémies de l'Enfant et de l'adolescent)

Drs, André Baruchel, Claire Berger, Christophe Bergeron, Jean-Louis Bernard, Yves Bertrand, Pierre Bordigoni, Patrick Boutard, Gérard Couillault, Christophe Piguët, Anne-Sophie Defachelles, François Demeocq, Alain Fischer, Virginie Gandemer, Dominique Valteau-Couanet, Jean-Pierre Lamagnere, Françoise Lapierre, Guy Leverger, Patrick Lutz, Françoise Mechinaud, Gérard Michel, Frédéric Millot, Martine Münzer, Brigitte Nelken, Hélène Pacquement, Brigitte Pautard, Yves Perel, Alain Pierre-Kahn, Emmanuel Plouvier, Maryline Poirée, Xavier Rialland, Alain Robert, Hervé Rubie, Nicolas Sirvent, Christine Soler, Jean-Pierre Vannier,

