

Leucémie de l'enfant à proximité des centrales nucléaires françaises

GEOCAP

Denis Hémon et Jacqueline Clavel, INSERM

Epidémiologie des cancers de l'enfant et de l'adolescent

Registre national des cancers de l'enfant


CRESS, INSERM UMRS1153, Paris-Descartes


CRESS: www.cress-umr1153.fr / RNCE: rnce.inserm.fr/

Sites nucléaires civils et leucémie de l'enfant

Etude d'incidence multisite INSERM/IRSN - 1990-2001




 25 sites civils

 **British Journal of Cancer (2004) 91, 916–922**
 © 2004 Cancer Research UK All rights reserved 0007–0920/04 \$30.00
www.bjcancer.com

Incidence of childhood leukaemia in the vicinity of nuclear sites in France, 1990–1998

ML White-Koning¹, D Hémon¹, D Laurier², M Tirmarche², E Jouglia³, A Goubin¹ and J Clavel^{1,2}

¹Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale INSERM – U170-IFR69, 16 avenue Paul Vaillant Couturier, 94807 Villejuif Cedex, France; ²Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, IRSN/DRPH/SRBE-LePID, Fontenay aux Roses, France; ³Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale INSERM-CépiDc-IFR69, Le Vésinet, France

British Journal of Cancer (2006), 1–6
 © 2006 Cancer Research UK All rights reserved 0007–0920/06 \$30.00 
www.bjcancer.com

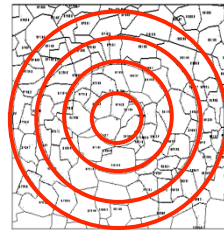
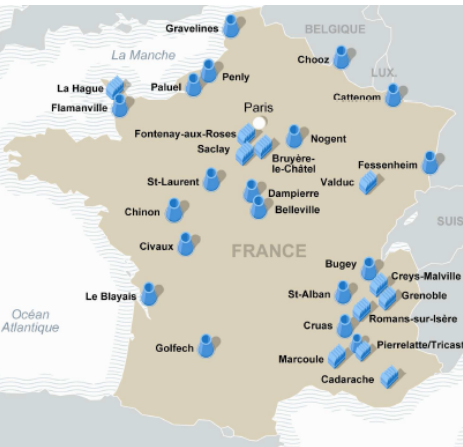
Full Paper
 Childhood leukaemia incidence around French nuclear installations using geographic zoning based on gaseous discharge dose estimates

A-S Evrard^{1,2}, D Hémon^{1,2}, A Morin³, D Laurier⁴, M Tirmarche⁴, J-C Backe³, M Chartier³ and J Clavel^{1,2}

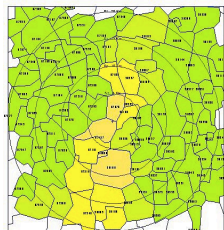
¹INSERM, U754, Villejuif, France; ²Université Paris Sud, IFR69, Villejuif, France; ³Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, IRSN/DRPH/ISER/UETP, Fontenay-aux-Roses, France; ⁴Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, IRSN/DRPH/SRBE/LEPID, Fontenay-aux-Roses, France

Sites nucléaires civils et leucémie de l'enfant

Etude d'incidence multisite INSERM/IRSN - 1990-2001



Proximité des sites nucléaires civils (localisation des sujets à la mairie de la commune de résidence)
Centrales nucléaire, retraitement, recherche
IRSN 2002



Zonage basé sur la dose due aux rejets des sites
Centrales nucléaire, retraitement, recherche

 25 sites civils

Modélisation des rejets gazeux des sites

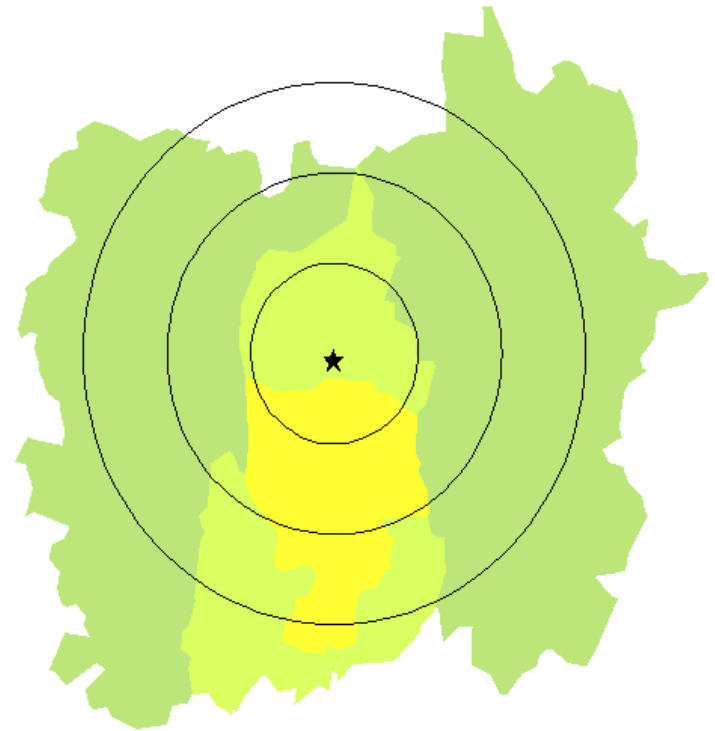
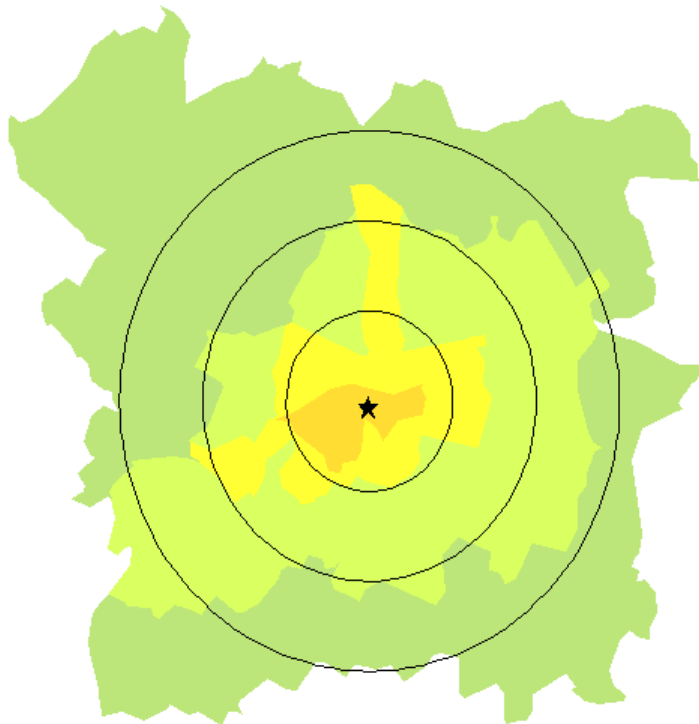
- Composition moyenne en radionucléides
- Puissance des centrales
- Météo locale (vents, précipitations)
- Voie d'exposition (inhalation, ingestion, contact cutané).

Morin and Backe, SEGR/SAER/02-51, IRSN 2002

Zonage basé sur la dose

Modélisation de la dose à la moëlle due aux rejets gazeux

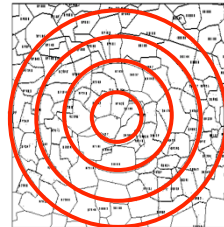
- < 0.10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$
- < 0.10 – 0.32 $\mu\text{Sv}/\text{an}$
- < 0.32 – 1.00 $\mu\text{Sv}/\text{an}$
- < 1.00 – 3.20 $\mu\text{Sv}/\text{an}$



Morin and Backe, SEGR/SAER/02-51, IRSN 2002

Sites nucléaires civils et leucémie de l'enfant

Etude d'incidence multisite INSERM/IRSN - 1990-2001



Proximité des sites nucléaires civils


	SIR	IC95%
0-5 km	0.8	[0.7-1.0]
5-10 km	1.0	[0.8-1.1]
10-15 km	1.0	[0.9-1.1]
> 15 km	1.0	[0.9-1.1]
Total	1.0	[0.9-1.0]

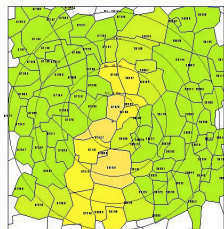
White-Koning et al, Br J Cancer 2004

Zonage basé sur la dose due aux rejets des sites

$\mu\text{Sv/an}$	SIR	IC95%
≥ 1.0	0.6	[0.3-1.3]
0.3-1.0	0.9	[0.6-1.2]
0.07-0.3	1.0	[0.8-1.1]
0.05-0.07	1.0	[0.9-1.1]
< 0.05	0.9	[0.8-1.1]

Evrard et al, Br J Cancer 2006

 25 sites civils



Cancers de l'enfant et environnement :

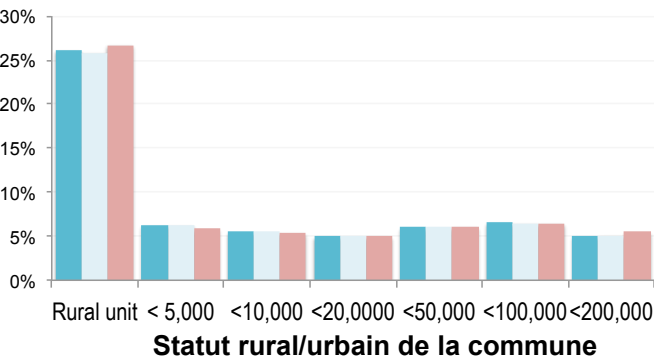
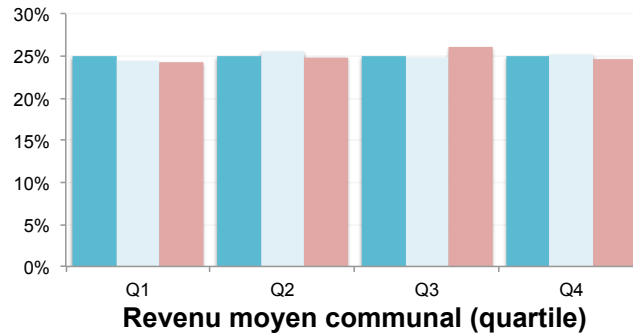
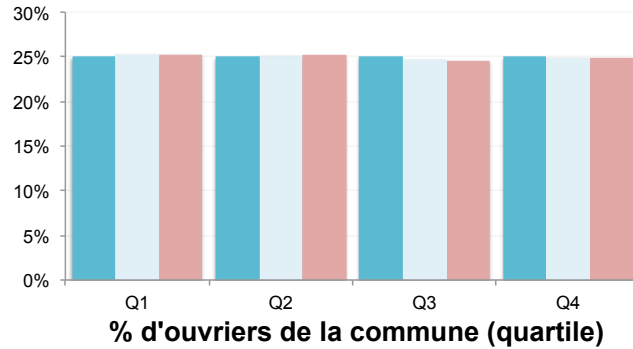
Programme "GEOCAP" : GEOlocalisation des Cancers Pédiatriques)

Géocodage des adresses de
tous les cas depuis 2002
(20.000 sur 2002-2014)

Géocodage de 5.000 adresses témoins par an
representatives population <15 ans
(60.000 sur 2002-2014)



GEOCAP – 2002-2007



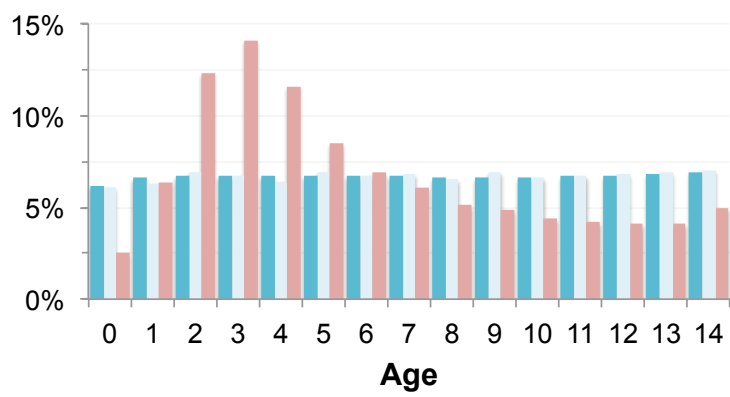
RNCE
 Registre national
 des cancers de l'enfant



2 753 cas



30 000 témoins

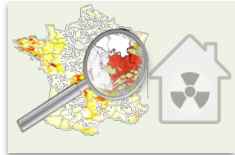


Le programme GEOCAP

Etudier le rôle des expositions environnementales dans le risque de cancer de l'enfant, à partir de systèmes d'information géographique



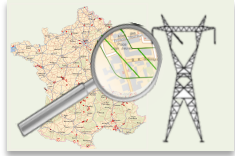
Proximité des sites nucléaires



Radiations ionisantes environnementales



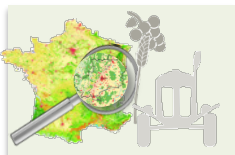
Exposition résidentielle aux UV



Proximité des lignes à très haute tension

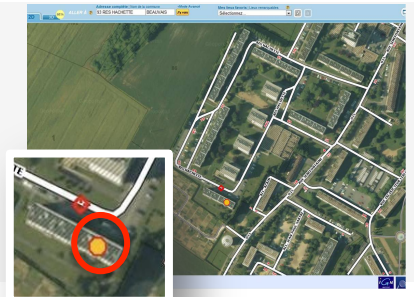


Proximité des routes à grande circulation



Voisinage d'activités agricoles

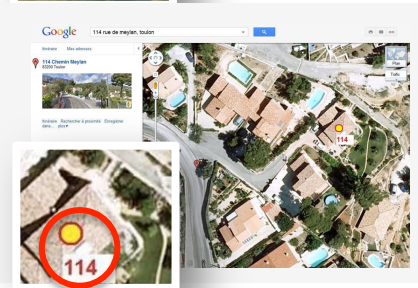
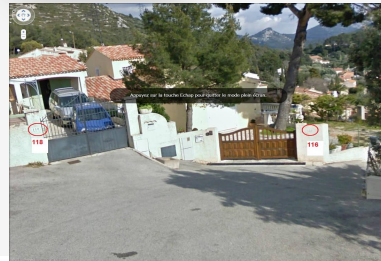
Localisation précise
Streetview - IGN



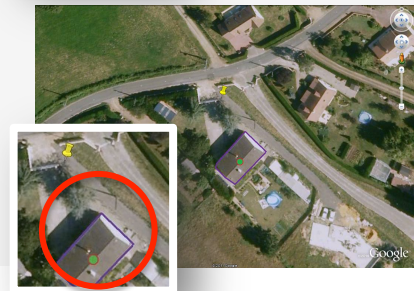
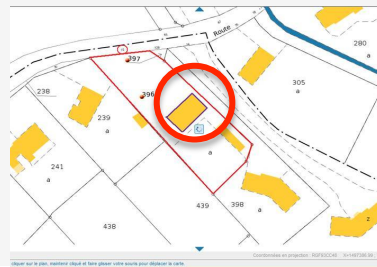
RNCE
Registre national
des cancers de l'enfant



Numéro dans la rue
Streetview - Google Maps



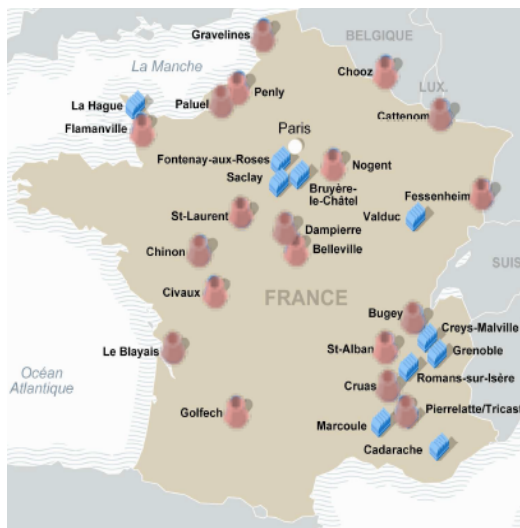
Localisation du bâtiment
Cadastre - Google Maps




GEOCAP : Précision du géocodage

2002 - 2013	Nombre	%	Moyenne	Ecart-type
Numéro : plaque adresse	41 427	47,8%	8 m	21,2 m
Numéro : projection parcelle	15 116	17,4%	17 m	28,4 m
Numéro interpolé	13 263	15,5%	20 à 35 m	
Total Numéro	69 806	80,6%		
Voie	6 352	7,3%		
Lieu dit	8 397	9,7%		
Commune	2 086	2,4%		
Total sans numéro	16 835	19,4%		
Total général	86 641	100 %		

Programme GEOCAP – Leucémie de l'enfant à proximité des centrales nucléaires françaises



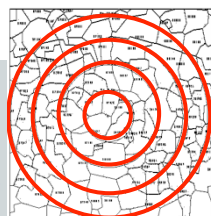
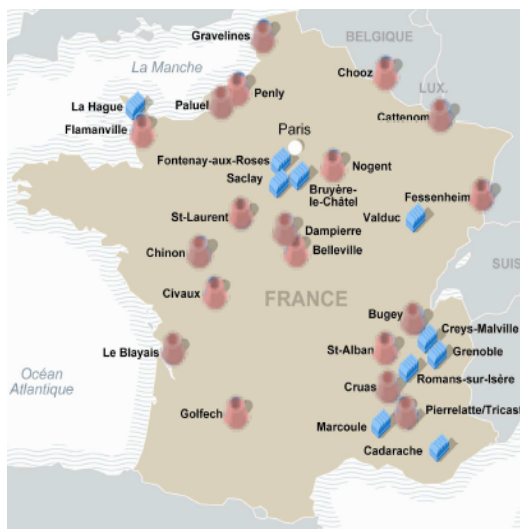
 19 CNPE



Childhood leukemia around French nuclear power plants—The Geocap study, 2002–2007

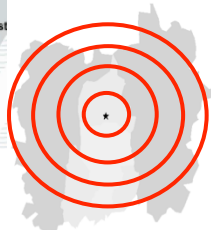
Claire Sermage-Faure^{1,2}, Dominique Laurier⁴, Stéphanie Goujon-Bellec^{1,2,3}, Michel Chartier⁵, Aurélie Guyot-Goubin^{1,2,3}, Jérémie Rudant^{1,2,3}, Denis Hémon^{1,2} and Jacqueline Clavel^{1,2,3}

Le programme GEOCAP – Distance entre résidence et centrale nucléaire



Etude d'incidence 2002-2007 (localisation à la mairie)

	0	E SIR	
< 5 km	14	7.4	1.9 [1.0-3.2]
5-10 km	19	20.6	0.9 [0.6-1.4]
10-15 km	30	25.4	1.2 [0.8-1.7]
15-20 km	36	42.4	0.9 [0.6-1.2]

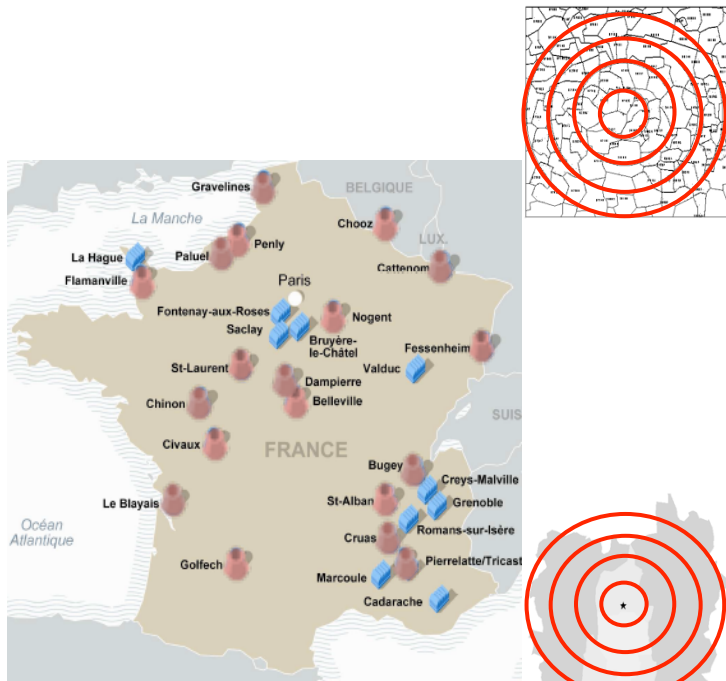


Etude cas-témoin (localisation au lieu de résidence)

	Cases	Controls	OR	
< 5 km	14	80	1.9	[1.0-3.3]
5-10 km	17	213	0.9	[0.5-1.5]
10-15 km	27	320	0.9	[0.6-1.4]
15-20 km	41	447	1.0	[0.7-1.4]
≥ 20 km	2,654	28,940	1.0	Ref.

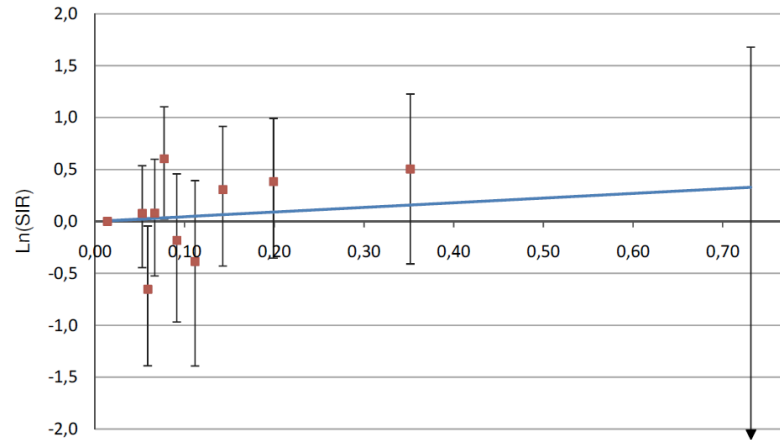
19 CNPE

GEOCAP – Distance entre résidence et centrale nucléaire

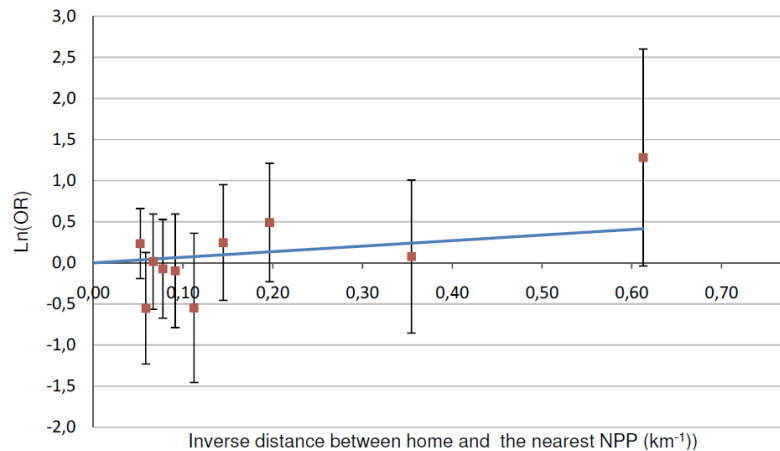


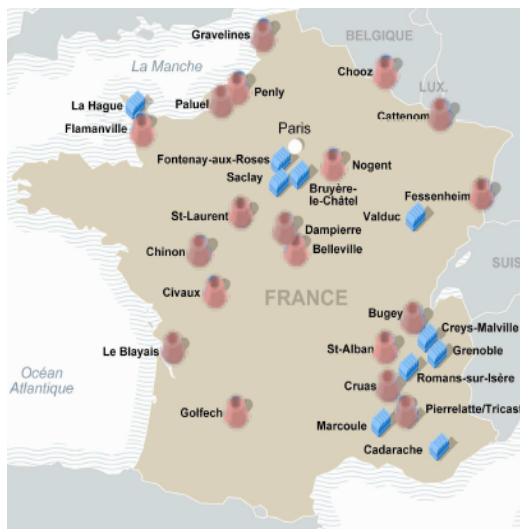
19 CNPE


Incidence 2002-2007 (mairies)



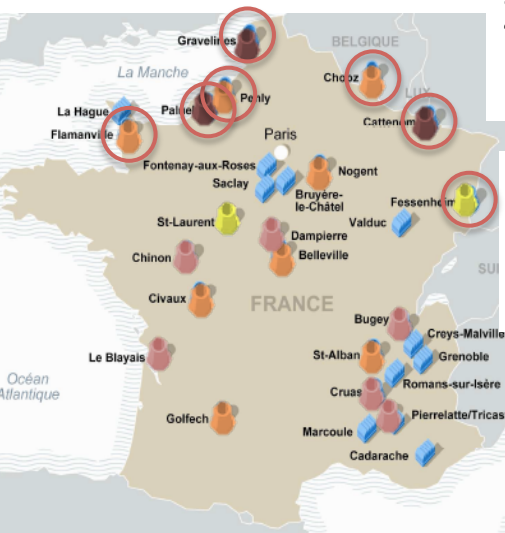
Etude cas-témoins (résidences)





 19 CNPE

	Incidence		Cas-témoin	
	SIR	CI95%	OR	CI95%
sans Belleville	2.0	[1.1-3.3]	1.9	[1.0-3.3]
sans Bugey	1.9	[1.1-3.3]	1.9	[1.1-3.4]
sans Cattenom	2.1	[1.2-3.6]	2.1	[1.2-3.7]
sans Chinon	1.9	[1.0-3.2]	1.8	[1.0-3.4]
sans Chooz	1.6	[0.8-2.8]	1.7	[0.9-3.2]
sans Civaux	1.8	[1.0-3.1]	1.8	[1.0-3.2]
sans Cruas	1.7	[0.9-3.0]	1.7	[0.9-3.1]
sans Dampierre	2.0	[1.1-3.3]	1.9	[1.1-3.4]
sans Fessenheim	1.8	[1.0-3.1]	1.8	[1.0-3.3]
sans Flamanville	1.9	[1.1-3.3]	1.9	[1.1-3.4]
sans Golfech	2.0	[1.1-3.4]	2.0	[1.1-3.5]
sans Gravelines	1.9	[1.0-3.3]	1.9	[1.0-3.6]
sans Le Blayais	2.0	[1.1-3.3]	1.9	[1.0-3.3]
sans Nogent	1.9	[1.0-3.2]	1.9	[1.0-3.3]
sans Paluel	1.8	[1.0-3.1]	1.7	[1.0-3.2]
sans Penly	2.0	[1.1-3.3]	1.9	[1.1-3.4]
sans St Alban	2.0	[1.0-3.4]	1.8	[1.0-3.4]
sans St Laurent	2.0	[1.1-3.3]	2.0	[1.1-3.5]
sans Tricastin	2.1	[1.1-3.5]	1.9	[1.1-3.5]



	Incidence				Cas-témoin				
	O	E	SIR	95%CI	Cas	Témoins	OR	95%CI	
Puissance (MW)									
5200-5400	3	1.8	1.7	[0.3-4.8]	3	22	1.4	[0.4-4.9]	
3600	3	1.9	1.6	[0.3-4.5]	4	22	2.1	[0.7-6.3]	
2600-2800	7	3.0	2.3	[0.9-4.8]	6	29	2.1	[0.8-5.1]	
1800	1	0.6	1.7	[0.0-9.3]	1	7	1.4	[0.2-11.6]	
Localisation côtière									
Oui	3	1.5	2.0	[0.4-5.9]	3	18	1.7	[0.5-6.0]	
Non	11	5.9	1.9	[0.9-3.4]	11	62	1.9	[1.0-3.6]	
Localisation frontalière									
Oui	4	1.3	3.0	[0.8-7.6]	4	19	1.9	[0.6-5.9]	
Non	10	6.0	1.7	[0.8-3.1]	10	61	1.8	[0.9-3.6]	
Statut rural/urbain									
Rural	9	3.9	2.3	[1.1-4.4]	9	49	2.2	[1.0-4.7]	
Intermediaire	3	2.5	1.2	[0.2-3.5]	3	16	2.2	[0.6-7.9]	
Urbain	2	0.9	2.1	[0.2-7.7]	2	15	1.5	[0.3-6.6]	

Mêmes résultats après exclusion des trisomies 21
 Mêmes résultats après exclusion des adresses à moins de 600 m des lignes haute tension

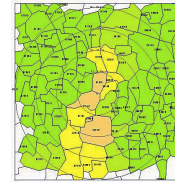
Enfants de 0-4 ans résidant à moins de 5 km

	Période	Nombre de sites	Nombre de cas observé	Nombre de cas attendu	SIR [IC 95%]
Allemagne (Kaatsch 2008)	1980 – 2003	16	34	24,1	1,4 [1,0 2,0]
Grande-Bretagne (COMARE 14, 2011)	1969 – 2004	13	20*	15,4	1,3 [0,8 2,0]
Suisse (Spycher 2011)	1985 – 2009	4	11	7,9	1,4 [0,7 2,5]
France (Sermage-Faure 2012)	1990 – 2007	19	14	10,2	1,4 [0,8 2,3]

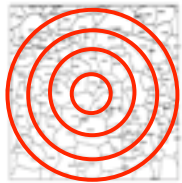
* d'après Korblein et Fairlie, 2012

Différences méthodologiques (période, diagnostics, protocoles)
Intérêt d'une analyse spécifique de la classe d'âge 0 à 4 ans

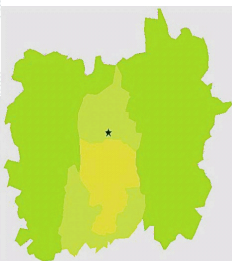
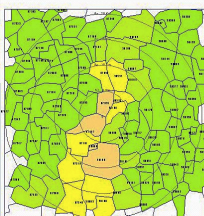
Dose-based geographic zoning



	Distance Townhall – NPP	Ref.	≤ 0.09 µSv	0.09-0.2 µSv	0.2-0.7 µSv	> 0.7 µSv	Total
Distance-based geographic zoning	0- 4,9 km	0	5	5	38	39	87
	5- 9,9 km	0	33	50	93	43	219
	10-14,9 km	0	119	104	62	11	296
	15-19,9 km	1	260	158	20	4	443
	≥ 20 km	28,955	0	0	0	0	28,955
	Total	28,956	417	317	213	97	30,000



GEOCAP – zonage basé sur la doses



19 CNPE

Etude d'incidence 2002-2007 (localisation à la mairie)

	O	E	SIR	
> 0.72 μSv	8	8.3	1.0	[0.4-1.9]
0.21-0.71 μSv	20	18.5	1.1	[0.7-1.7]
0.094-0.20 μSv	31	30.0	1.0	[0.7-1.5]
≤ 0.093 μSv	40	39.0	1.0	[0.7-1.4]

Etude cas-témoin (localisation au lieu de résidence)

	Ca	Co	OR	
> 0.72 μSv	8	97	1.0	[0.5-2.1]
0.21-0.71 μSv	19	213	1.0	[0.6-1.6]
0.094-0.20 μSv	29	317	1.0	[0.7-1.5]
≤ 0.093 μSv	40	417	1.0	[0.7-1.4]
≥ 20 km	2,657	28,956	1.0	Ref.

Conclusion

Sur 2002-2007 : excès d'incidence des leucémies de l'enfant par rapport à l'incidence attendue

- dans la bande de 5 km autour des centrales nucléaires ($O/E = 14/7,4 = 1,9 [1,0 3,2]$)
- non attribuable à une centrale particulière
- non observé sur la période précédente 1990-2001

L'excès n'est pas localisé sur un site particulier et ne suggère aucune surincidence localisée

D'après l'estimation des doses d'exposition liées aux rejets gazeux

- le niveau d'exposition radioactive est très bas (μSv)
- l'incidence des leucémies de l'enfant observée dans la zone la plus exposée est identique à l'incidence attendue.

- ▶ Recherches sur d'autres facteurs locaux possiblement impliqués : démographiques, mode de vie, environnementaux, virus,
- ▶ Améliorer l'évaluation des expositions radioactive dues aux centrales (rejets liquides)
- ▶ Développer des collaborations internationales pour pooler les données : augmentation de la taille des enquêtes et échange des idées.

GEOCAP : GEOlocalisation des Cancers Pédiatriques

Outil majeur de surveillance et de recherche sur les facteurs de risque environnementaux

Pour les leucémies de l'enfant :

- Absence de lien avec les expositions aux radiations ionisantes à faible dose
- Observation d'associations :
 - Avec la proximité des lignes THT ⇨ analyse à venir en termes d'expositions CM-EBF (collaboration avec RTE)
 - Avec la proximité des routes à grande circulation ⇨ analyse à venir en termes de polluants (collaboration avec Santé publique France)
 - Avec les expositions environnementales aux UV naturels

INSERM U1018, Environmental Epidemiology of Cancers
National Registry of Childhood Cancers

Jacqueline Clavel

Denis Hémon

Claire Sermage-Faure

Stéphanie Goujon-Bellec

Jérémie Rudant

Aurélie Guyot-Goubin

Brigitte Lacour

IRSN

Dominique Laurier (LEPID)

Michel Chartier (SER)

Geocible (GIS)

Oliver Lamy

Mathieu Carrère

INSEE (controls selection)

Magda Tomasini

Laurent Auzet

SFCE (French Society of Childhood Cancers) - Heads of the departments of pediatric hemato-oncology

Drs. André Baruchel, Claire Berger, Christophe Bergeron, Jean-Louis Bernard, Yves Bertrand, Pierre Bordigoni, Patrick Boutard, Gérard Couillault, Christophe Piguet, 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.

