

Centrales nucléaires et leucémies de l'enfant – GEOCAP

Jacqueline Clavel, Claire Sermage, Denis Hémon

INSERM U1018, université Paris-Sud

Centre de recherche en Epidémiologie et Santé des Populations

Equipe d'Epidémiologie environnementale des cancers

GEOCAP – Environnement et leucémies de l'enfant



- Radiations ionisantes d'origine naturelle



- Proximité des sites nucléaires



- Trafic et pollution de l'air



- Lignes à haute tension et CEM-EBF



- Sites industriels "Seveso"

GEOCAP – Recrutement 2002-2007

Leucémies (470 par an)

Registre National des Hémopathies malignes de l'Enfant
<15 ans, résidant en France métropolitaine



2 753 cas

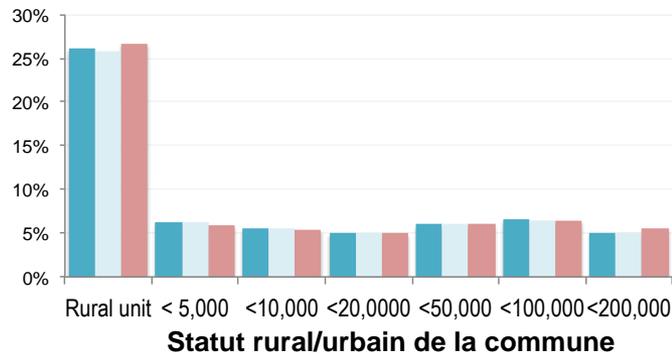
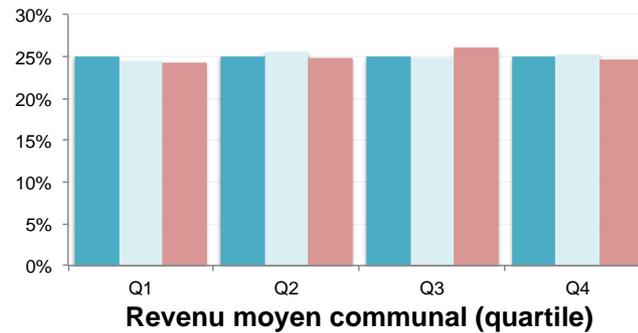
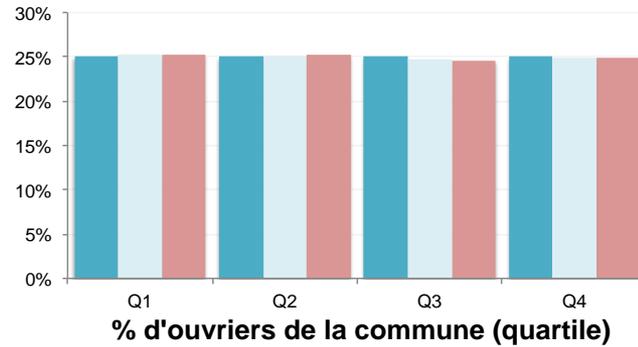
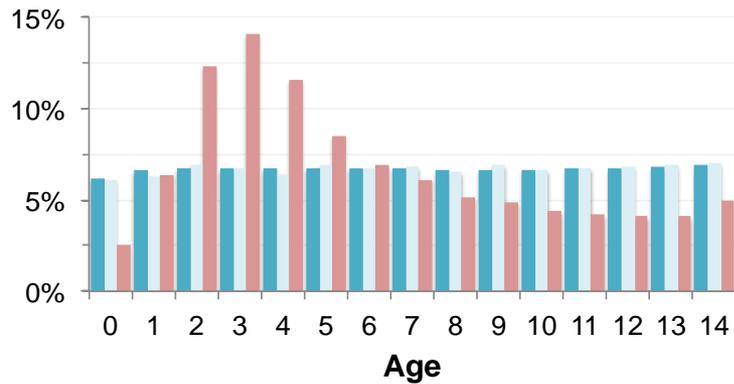
Témoins (5 000 adresses par an)

Echantillon d'adresses représentatif de la population
métropolitaine de moins de 15 ans
Constitué par l'INSEE



30 000 témoins

GEOCAP – Recrutement 2002-2007



RNHE
Registre National des Hépatites Malignes de l'Enfant

2 753 cas

INSEE

30 000 témoins

GEOCAP – Géocodage standard

Numéro exact	≈ 15 m	→	75.2%
Numéro proche	≈ 50 m	→	2.8%
Rue	≈ 100 m	→	5.4%
Lieu-dit	≈ 500 m	→	14.8%
Commune	≈ 1000 m	→	1.8%



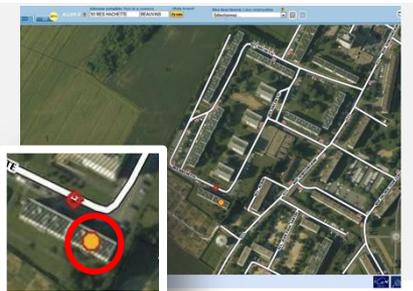
2 753 cas



30 000 témoins

GEOCAP – Géocodage amélioré

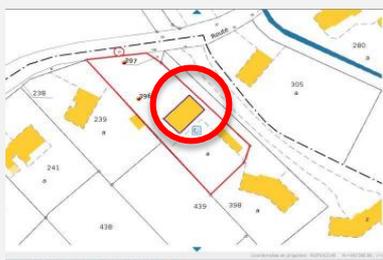
Localisation précise
Streetview - IGN



Recherche d'un numéro
de rue
Streetview - Google Maps



Plusieurs bâtiments
Cadastre - Google Maps



2 753 cas



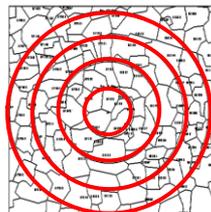
30 000 témoins

Leucémies de l'enfant et sites nucléaires

Première étude d'incidence multisite INSERM/IRSN



25 sites civils



- **Proximité des sites nucléaires civils** (CNPE, retraitement, recherche)

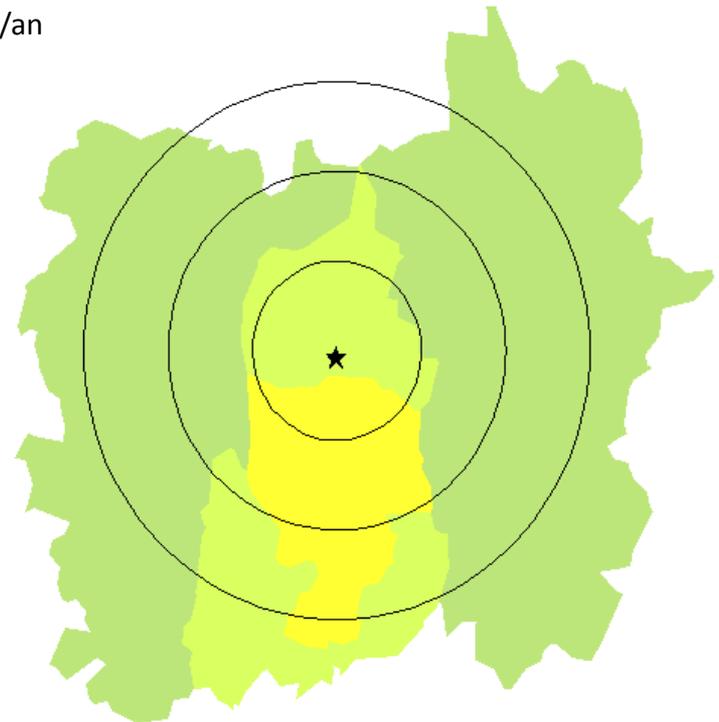
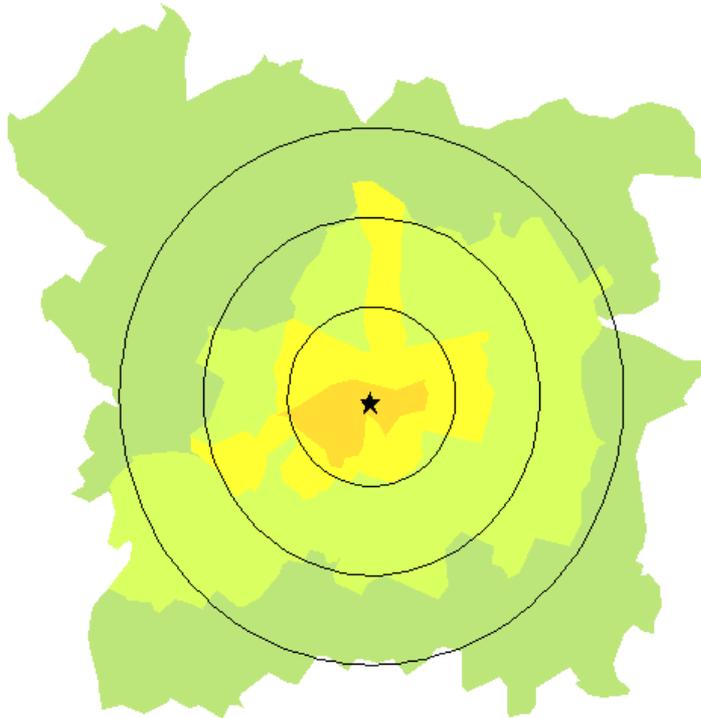
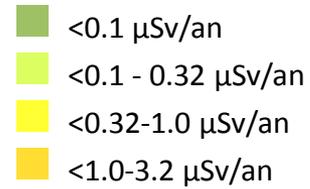
- **Zonage basé sur la dose due aux rejets gazeux** (CNPE, retraitement, recherche)

Modélisation (carré de 40 x 40 km² autour du site)

- composition moyenne des rejets
- puissance (centrales)
- météorologie locale (vents, précipitations)
- voies d'exposition en population pédiatrique (inhalation, ingestion, exposition externe).

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

Zonage basé sur l'estimation, par modélisation, de la dose à la moelle due aux rejets gazeux

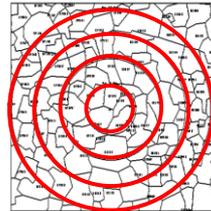


Leucémies de l'enfant et sites nucléaires

Première étude d'incidence multisite INSERM/IRSN



25 sites civils



■ Proximité des sites nucléaires civils

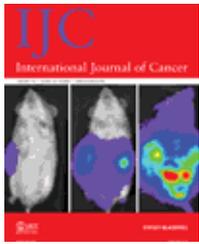
	SIR	IC95%
0-5 km	0,8	[0,65-1,02]
5-10 km	1,0	[0,84-1,10]
10-15 km	1,0	[0,86-1,08]
> 15 km	1,0	[0,90-1,13]
Total	1,0	[0,90-1,03]

White-Koning et al, Br J Cancer 2004

■ Zonage basé sur la dose due aux rejets gazeux

	SIR	IC95%
$\geq 1,0 \mu\text{Sv}/\text{an}$	0,6	[0,26-1,32]
$0,3-1,0 \mu\text{Sv}/\text{an}$	0,9	[0,63-1,23]
$0,07-0,3 \mu\text{Sv}/\text{an}$	1,0	[0,83-1,10]
$0,05-0,07 \mu\text{Sv}/\text{an}$	1,0	[0,86-1,10]
$< 0,05 \mu\text{Sv}/\text{an}$	0,9	[0,81-1,05]

Evrard et al, Br J Cancer 2006



Childhood leukemia around French nuclear power plants – the Geocap study, 2002-2007
Sermage-Faure Claire^{1,2}, Laurier Dominique⁴, Goujon-Bellec Stéphanie^{1,2,3}, Chartier Michel⁴,
Guyot-Goubin Aurélie^{1,2,3}, Rudant Jérémie^{1,2,3}, Hémon Denis^{1,2}, Clavel Jacqueline^{1,2,3}.

Leucémie de l'enfant autour des CNPE - **GEOCAP**

2 approches et 2 indicateurs

Etude d'incidence 2002-2007 (SIR)

Cas observés (O) dans les communes exposées (RNHE)



Cas attendus (E) ds ces communes d'après l'incidence nationale



- Distance mairie de résidence-CNPE < 5 km; 5-9 km; 10-19 km
- Zone de la mairie de résidence (μ Sv estimés dus aux rejets gazeux)

Etude cas-témoins 2002-2007 (OR)

Adresse de tous les cas (RNHE)



2 753 cas

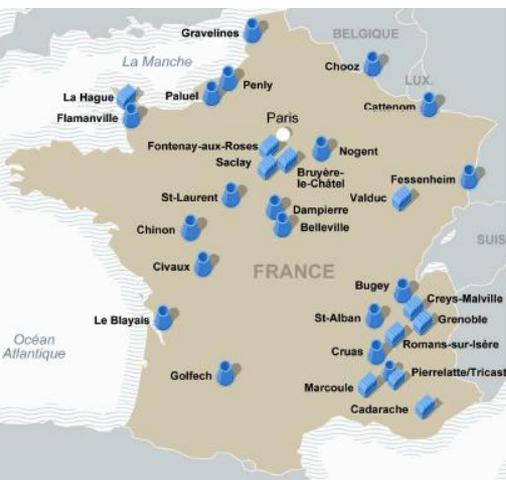
Adresses témoins (INSEE) représentatives



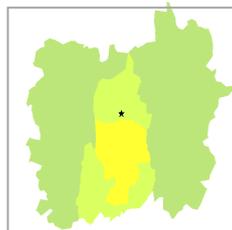
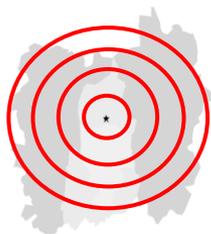
30 000 témoins

- Distance domicile-CNPE < 5 km; 5-9 km; 10-19 km (Réf. \geq 20 km)
- Zone du domicile (μ Sv estimés dus aux rejets gazeux)

GEOCAP – Distribution des 30 000 témoins 2002-2007



19 CNPE



- Distance entre domicile et CNPE**

Témoins Geocap 2002-2007

	< 5 km	[5-10[[10-15[[15-20[≥ 20 km	
%	0.3%	0.7%	1.1%	1.5%	96.5%	100.0%
N	80	213	320	447	28 940	30 000

- Zone d'exposition du domicile**

Témoins Geocap 2002-2007

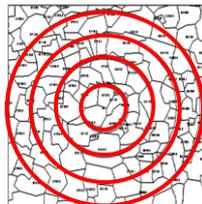
	> 0.71 µSv	0.21-0.71	0.094-0.20	≤ 0.093 µSv	≈ 0	
%	0.3%	0.7%	1.1%	1.4%	96.5%	100.0%
N	97	213	317	417	28, 56	30 000

GEOCAP – Distance aux CNPE

Sermage-Faure et al, Int J Cancer, 2012

Etude d'incidence 2002-2007 (Communes)

	Observés	Attendus	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]

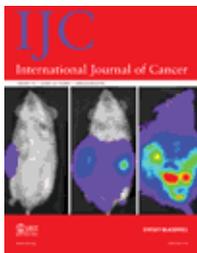


Etude cas-témoins 2002-2007 (Adresses)

	Cas	Témoins	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 Réf.

Résultats similaires en fonction

- De la puissance de l'installation
- De la date de mise en service
- De sa localisation côtière ou fluviale



GEOCAP – influence de chaque CNPE

Sermage-Faure et al, Int J Cancer, 2012

	Etude cas-témoins ^a		Etude d'incidence ^b	
	OR	IC95%	SIR	IC95%
sans Belleville	1.9	[1.0-3.3]	2.0	[1.1-3.3]
sans Bugey	1.9	[1.1-3.4]	1.9	[1.1-3.3]
sans Cattenom	2.1	[1.2-3.7]	2.1	[1.2-3.6]
sans Chinon	1.8	[1.0-3.4]	1.9	[1.0-3.2]
sans Chooz	1.7	[0.9-3.2]	1.6	[0.8-2.8]
sans Civaux	1.8	[1.0-3.2]	1.8	[1.0-3.1]
sans Cruas	1.7	[0.9-3.1]	1.7	[0.9-3.0]
sans Dampierre	1.9	[1.1-3.4]	2.0	[1.1-3.3]
sans Fessenheim	1.8	[1.0-3.3]	1.8	[1.0-3.1]
sans Flamanville	1.9	[1.1-3.4]	1.9	[1.1-3.3]
sans Golfech	2.0	[1.1-3.5]	2.0	[1.1-3.4]
sans Gravelines	1.9	[1.0-3.6]	1.9	[1.0-3.3]
sans Le Blayais	1.9	[1.0-3.3]	1.9	[1.0-3.2]
sans Nogent	1.9	[1.0-3.3]	1.9	[1.0-3.2]
sans Paluel	1.7	[1.0-3.2]	1.8	[1.0-3.1]
sans Penly	1.9	[1.1-3.4]	2.0	[1.1-3.3]
sans Saint-Alban	1.8	[1.0-3.4]	2.0	[1.0-3.4]
sans Saint-Laurent	2.0	[1.1-3.5]	2.0	[1.1-3.3]
sans Tricastin	1.9	[1.1-3.5]	2.1	[1.1-3.5]

GEOCAP – Zonage basé sur la dose

Sermage-Faure et al, Int J Cancer, 2012

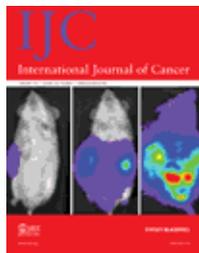
Etude d'incidence 2002-2007 (Communes)

	Observés	Attendus	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]
$\leq 0.093 \mu\text{Sv}$	40	39.0	1.0	[0.7-1.4]



Etude cas-témoins 2002-2007 (Adresses)

	Cas	Témoins	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]
$\leq 0.093 \mu\text{Sv}$	40	417	1.0	[0.7-1.4]
$\geq 20 \text{ km}$	2657	28956	1.0	



GEOCAP – Les enfants de moins de 5 ans

Sermage-Faure et al, Int J Cancer, 2012

	Etude d'incidence				Etude cas-témoins			
	Observés	Attendus	SIR		Cas	Témoins	OR	
2002-2007								
< 5 km	8	3.6	2.2	[1.0-4.4]	6	27	1.6	[0.7-4.1]
5-10 km	10	10.2	1.0	[0.5-1.8]	7	55	1.0	[0.5-2.3]
10-15 km	11	12.6	0.9	[0.4-1.6]	11	103	0.8	[0.4-1.4]
15-20 km	18	20.8	0.9	[0.5-1.4]	17	136	1.0	[0.6-1.7]
1990-2001								
< 5 km	6	6.6	0.9	[0.3-2.0]				
5-10 km	21	19.3	1.1	[0.7-1.7]				
10-15 km	18	23.5	0.8	[0.5-1.2]				
15-20 km	39	39.7	1.0	[0.7-1.3]				
1990-2007								
< 5 km	14	10.2	1.4	[0.8-2.3]				
5-10 km	31	29.5	1.1	[0.7-1.5]				
10-15 km	29	36.1	0.8	[0.5-1.2]				
15-20 km	57	60.6	0.9	[0.7-1.2]				

En conclusion

On observe un excès de leucémies de l'enfant sur la période 2002-2007

- à moins de 5 km des centrales nucléaires
- attribuable à aucune centrale en particulier
- non observé sur la période antérieure 1990-2001

D'après les doses d'exposition estimées aux radiations des rejets gazeux

- les expositions sont très faibles (μSv)
- les expositions les plus élevées ne sont pas plus à risque que les plus faibles

L'excès n'est pas spécifique d'un site, il n'évoque donc pas de surexposition localisée

- Recherche des facteurs pouvant expliquer l'augmentation d'incidence
facteurs démographiques, mode de vie, environnement, virus
- Amélioration de l'estimation des expositions de la population proche des CNPE
- Collaborations internationales

- **INSERM U1018 CESP**



Equipe 6 : Epidémiologie environnementale des cancers, Jacqueline Clavel

Denis Hémon

Claire Sermage-Faure

Claire Demoury

Aurélie Guyot-Goubin (RNHE registry)

Stéphanie Goujon-Bellec (RNHE registry)

Brigitte Lacour (RNTSE registry)

Eva Raccasi (RNHE registry)

- **Geocible (geocodage)**



Oliver Lamy

Mathieu Carrère

- **IRSN**



Dominique Laurier (LEPID)

Michel Chartier (SER)

- **INSEE (sélection des témoins)**



- **SFCE (départements d'hémo-oncologie pédiatrique)**

