

Roland Masse
Académie des technologies,
Académie de médecine

DÉMANTÈLEMENT

Risque sanitaire et seuils de libération

ExternE : Impact sanitaire nucléaire (Fr)

Tableau A.2.2 Répartition des doses collectives pour le cycle du combustible nucléaire français

Cycle du combustible	Dose collective (homme.Sv/TWh)		
	Public	Travailleurs	Total
Extraction et traitement	1,77E-01 (1 %)	1,12E-01 (32 %)	2,89E-01 (2 %)
Conversion	3,50E-05 (0 %)	2,29E-03 (1 %)	2,32E-03 (0 %)
Enrichissement	2,68E-05 (0 %)	8,33E-06 (0 %)	3,52E-05 (0 %)
Fabrication du combustible	9,21E-06 (0 %)	7,14E-03 (2 %)	7,15E-03 (0 %)
Production d'électricité	2,16 (17 %)	2,02E-01(58 %)	2,36 (18 %)
Démantèlement	1,45E-04 (0 %)	2,16E-02 (6 %)	2,17E-02 (0 %)
Retraitement	1,03E+01 (80 %)	1,76E-03 (1 %)	1,03E+1 (79 %)
Stockage déchets FMA	2,57E-02 (0 %)	1,00E-04(0 %)	2,58E-02 (0 %)
Stockage déchets HA	1,36E-01 (1 %)	6,00E-07 (0 %)	1,36E-01 (1 %)
Transport	9,50E-04 (0 %)	1,14E-03 (0 %)	2,09E-03 (0 %)
Total	1,28E+01 (100 %)	3,48E-01 (100 %)	1,31E+01 (100 %)

Volumes TFA importants : seuils de libération...

Seuils de libération (Bq/g) actuellement retenus selon l'OCDE (RGN 2009)

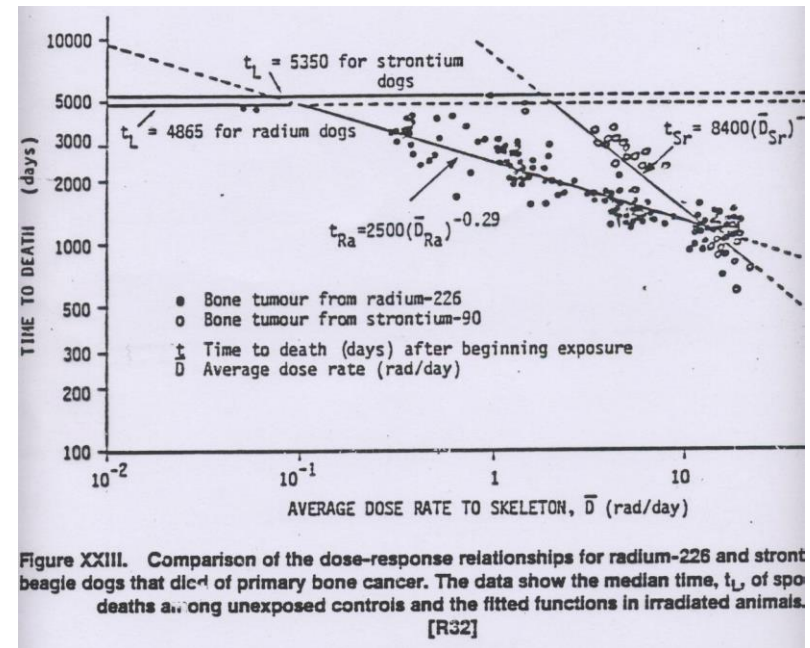
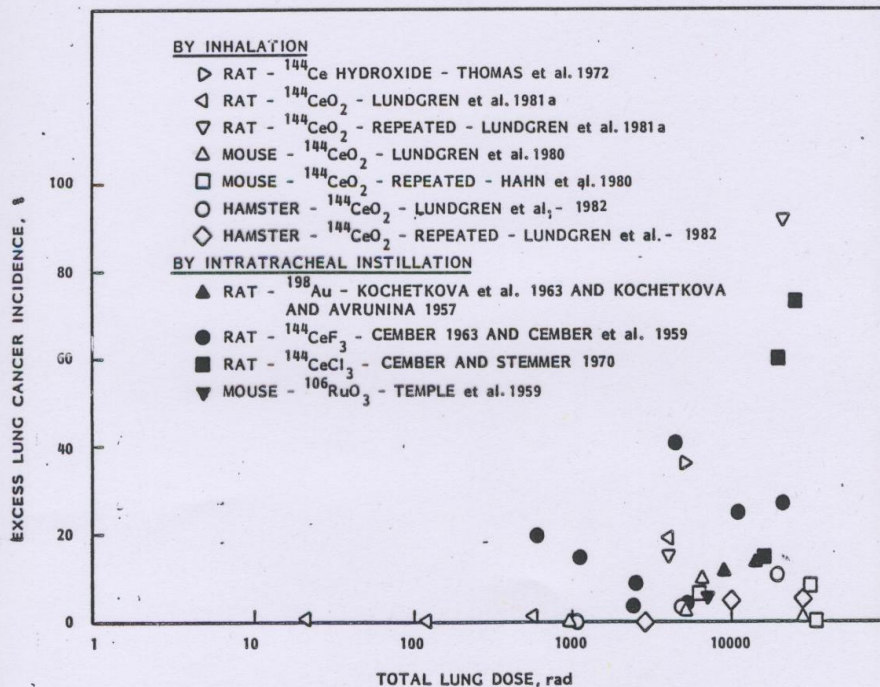
Pays	³ H	¹⁴ C	⁶³ Ni	⁶⁰ Co	¹³⁷ Cs	⁹⁰ Sr	²³⁵ U	²⁴¹ Am	²³⁹ Pu
Allemagne	1000	80	300	0,1	0,5	1	0,5	0,05	0,1
	1000	80	10 000	0,6	0,6	9	0,8	0,3	0,2
Belgique	100			0,1	1	1	1	0,1	0,1
Espagne	100	10	100	0,1	1	1	1	0,1	0,1
	1000	100	10 000	1	1	10	1	1	1
Etats-Unis	530	310	21 000	0,2	0,6	18	0,7	0,2	0,3
Finlande	10	10	10	1	1	1	0,1	0,1	0,1
Japon	100	1	100	0,1	0,1	1	-	10	0,1
Pays-Bas	10 ⁶	10 ⁴	10 ⁵	1	10	100	10	1	1
Royaume-Uni	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Suède	0,5 Bq/g pour les émetteurs bêta/gamma						0,1 Bq/g pour les émetteurs α		
<i>Pour les lingots</i>	1000	100	10 000	1	1	10	1	1	1

Méfiance persistante de l'opinion : Taiwan, Ciudad Juarez...Mafelec. Problème de la contamination interne...

Ne pas oublier l'essentiel...

- **On connaît les effets des RI depuis 1 siècle et on en fait l'actualisation annuelle depuis 60 ans à l'ONU**
- **Les cancers radioinduits sont rares, ils ne sont observés qu'au dessus de 50 à 100 mSv leur fréquence augmente avec la dose délivrée. Il n'y a pas d'effets génétiques connus chez l'homme. Les autres effets sont limités par des seuils élevés.**
- **Il n'existe pas d'observation crédible attestant d'effets majorés lors d'exposition chronique.**
- **Il y a convergence quasi complète sur ces points entre les données épidémiologiques, quelle qu'en soit la nature (environnementale, accidentelle, médicale, professionnelle) et les données expérimentales**

Contaminations expérimentales



Un exemple unique de contamination chronique depuis 1949 : 100 PBq de Sr 89-90, Cs 137, et tous les PF dont Ru-Rh, Zr-Nb, Ce-Pr...réactivée par Kychtym 1957 (70 PBq), Karachay 1967 (20TBq)...

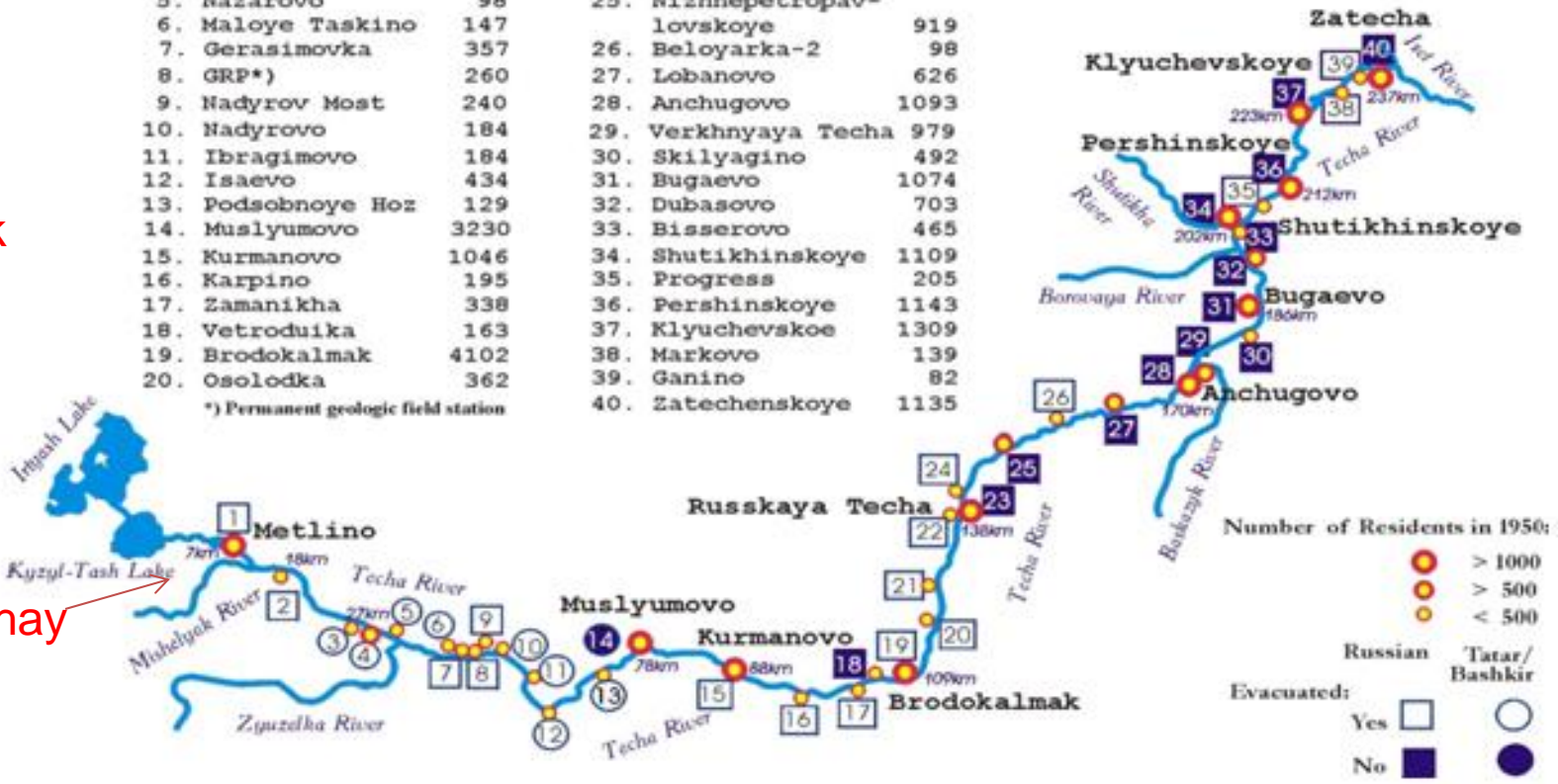
Village	Population In 1950	Village	Population In 1950
1. Metlino	1242	21. Panovo	129
2. Techa-Brod	75	22. Cherepanovo	222
3. Novoye Asanovo	157	23. Russkaya Techa	1472
4. Staroye Asanovo	637	24. Baklanovo	480
5. Nazarovo	98	25. Nizhnepetrovskoye	919
6. Maloye Taskino	147	26. Beloyarka-2	98
7. Gerasimovka	357	27. Lobanovo	626
8. GRP*)	260	28. Anchugovo	1093
9. Nadyrov Most	240	29. Verkhnyaya Techa	979
10. Nadyrovo	184	30. Skilyagino	492
11. Ibragimovo	184	31. Bugaev	1074
12. Isaev	434	32. Dubasovo	703
13. Podsobnoye Hoz	129	33. Bissorovo	465
14. Muslyumovo	3230	34. Shutikhinskoye	1109
15. Kurmanovo	1046	35. Progress	205
16. Karpino	195	36. Pershinskoye	1143
17. Zamanikha	338	37. Klyuchevskoe	1309
18. Vetroduika	163	38. Markovo	139
19. Brodokalmak	4102	39. Ganino	82
20. Osolodka	362	40. Zatechenskoye	1135

*) Permanent geologic field station

Mayak



Karachay



Number of Residents in 1950:

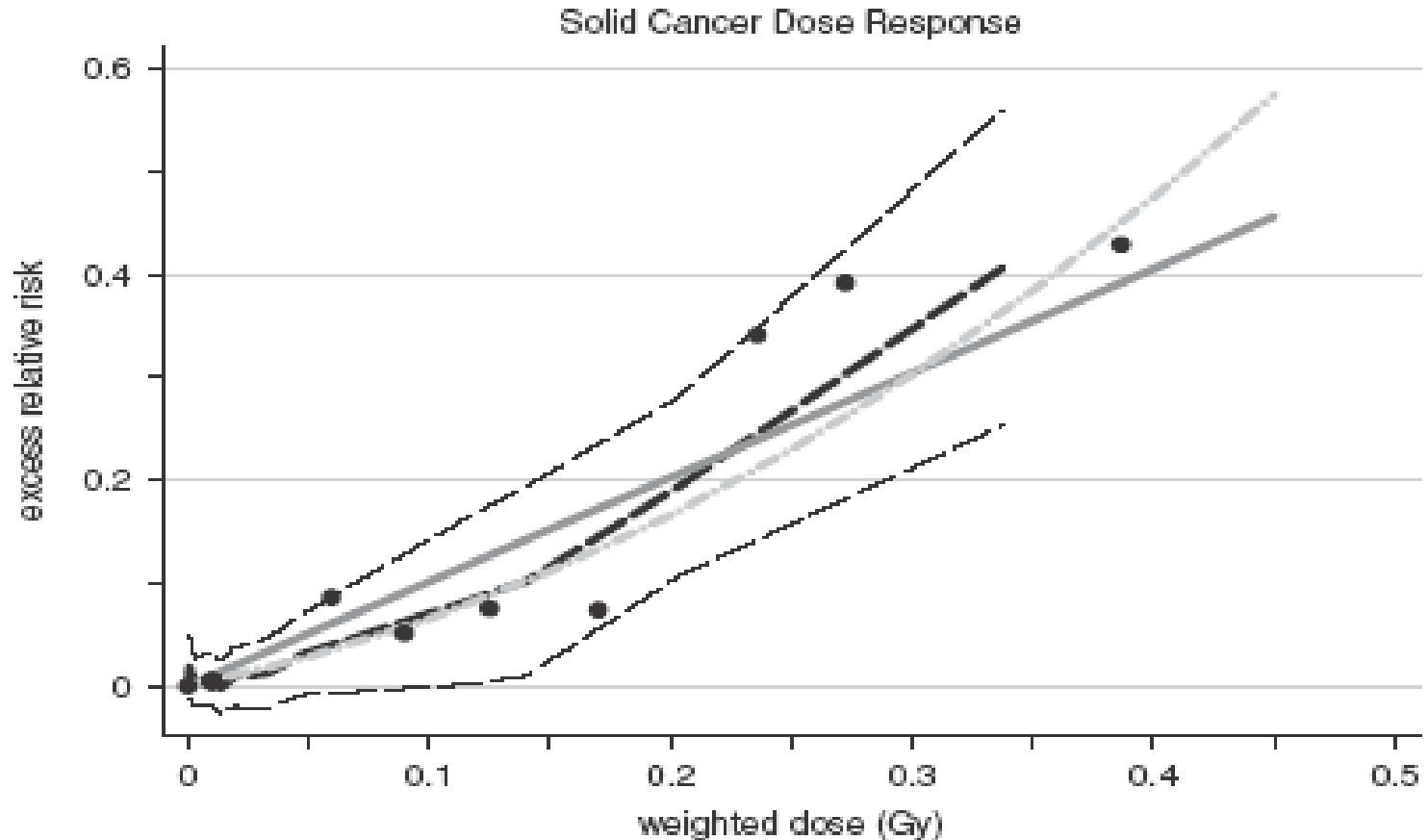
- > 1000
- > 500
- < 500

Russian: □ Tatar/Bashkir: ○

Evacuated:

- Yes:
- No:

Cancers Techa



2300 cancers dans une population de 29.000 résidants :
environ 2% de cancers en excès (Krestenina 2007 -2013)

500 victimes d'irradiation aiguë 1949-1953

Cancers observés à Mayak (Sokolnikov et al 2008)

Plutonium organ dose (Gy)	Lung cancer			Liver cancer			Bone cancer		
	Person-years	Lung cancers	Relative risk (95% CI)	Person-years	Liver cancers	Relative risk (95% CI)	Person-years	Bone cancers	Relative risk (95% CI)
0 ²	144,023	139	1.0	144,022	14	1.0	144,023	5	1.0
>0–0.1	67,980	111	0.98 (<1–1.3)	59,754	9	1.03 ³ (<1–1.8)	34,209	1	
0.1–0.2	6,928	16	1.4 (<1–2.4)	10,319	0		14,406	0	
0.2–0.3	2,864	14	3.3 (1.7–5.8)	4,306	1	1.5 ⁴ (<1–3.2)	7,725	0	0.9 ⁶ (<1–4.3)
0.3–0.5	2,472	14	4.5 (2.4–7.7)	3,656	1		8,599	2	
0.5–1.0	1,972	15	6.4 (3.5–11)	3,078	0		8,643	0	
1.0–2.0	1,129	16	15 (8.1–25)	1,831	2	4.0 ⁵ (1.2–13)	5,171	0	0.0 ⁷ (0.0–8.7)
2.0–3.0	450	8	18 (8.3–35)	599	1		1,839	0	
3.0–5.0	342	7	17 (7.1–35)	518	3	16 (3.3–58)	1,674	0	
5.0–10.0	273	6	27 (10–58)	400	7	43 (12–134)	1,163	0	0.0 (0.0–61)
10.0+	183	8	186 (69–466)	133	2	36 (4.5–196)	1,164	3	82 (17–338)
Total	228,616	354		228,616	40		228,616	11	

Gy, gray; CI, confidence interval.

Principes de base pour la libération

- *Aucune poursuite de l'action réglementaire ne peut garantir d'aboutir à une diminution de l'exposition de l'homme ou des risques pour sa santé.*
- *Les niveaux de dose annuels qui pourraient résulter de l'**exposition habituelle** à la source concernée sont inférieurs à 10 microsievverts par an ; aucun **scénario exceptionnel** ne permet d'envisager une dose égale à 1 mSv/an.*
- *Sous l'hypothèse LNT, le risque résiduel est de voisin de 1 par million/an correspondant aux plus strictes exigences de gestion des risques CMR*

Scenarios AIEA pour le calcul de dose et la definition des seuils

TABLE 3. GENERAL PARAMETERS OF EXPOSURE SCENARIOS

	Unit	Case	WL	WF	WO	RL	RF	RH	RP
			Worker landfill	Worker foundry	Other worker	Resident landfill	Resident foundry	Resident house	Resident place
Exposure time (t_e)	h/a	Realistic	450	450	900	1000	1000	4500	400
		Low prob.	1800	1800	1800	8760	8760	8760	1000
Decay time before scenario (t_1)	d	Realistic	30	30	30	30	30	100	100
		Low prob.	1	1	1	1	1		
Decay time during scenario (t_2)	d	Realistic	365	365	365	365	365	365	365
		Low prob.	0	0	0	0	0		
Decay time before food scenario (t_{f1})	d	Realistic	n.a.	n.a.	n.a.	365	n.a.	n.a.	n.a.
Decay time during food scenario (t_{f2})	d	Realistic	n.a.	n.a.	n.a.	365	n.a.	n.a.	n.a.

Note: n.a.: not applicable.

Résultats des calculs (ex)

Nuclide	Effective Dose for Scenario [$\mu\text{Sv/a}(\text{Bq/g})$]									Maximum	Pathway	excl. level	excl. level
	WL	WF	WO	RL-C	RL-A	RF	RH	RP	[Bq/g]			rounded	
Co-58m	1.04E-28	2.66E-30	5.03E-30	2.52E-35	2.67E-35	1.28E-36	3.56E-86	2.10E-87	1.04E-28	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Co-60	1.94E+02	4.78E+00	9.44E+00	1.21E+00	1.97E-01	1.39E-06	3.23E+02	2.03E+01	3.23E+02	RH	3.09E-02	1.00E-01	
Co-60m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Co-61	6.66E-134	1.08E-135	2.12E-135	3.91E-141	3.71E-141	1.95E-142	0.00E+00	0.00E+00	6.66E-134	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Co-62m	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Ni-59	1.36E-03	1.26E-03	0.00E+00	6.94E-02	1.66E-02	2.73E-08	0.00E+00	1.70E-03	6.94E-02	RL-C	1.44E+02	1.00E+02	
Ni-63	3.32E-03	2.99E-03	0.00E+00	1.70E-01	3.92E-02	8.32E-08	0.00E+00	4.18E-03	1.70E-01	RL-C	5.90E+01	1.00E+02	
Ni-65	9.23E-88	2.24E-89	4.47E-89	9.21E-96	8.21E-96	4.80E-97	1.32E-286	8.29E-288	9.23E-88	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Cu-64	6.07E-20	1.43E-21	2.84E-21	2.15E-27	2.47E-27	1.08E-28	6.70E-61	3.76E-62	6.07E-20	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Zn-65	2.74E+01	7.11E-01	1.33E+00	4.82E+00	1.52E+00	1.15E-05	3.93E+01	2.43E+00	3.93E+01	RH	2.55E-01	1.00E-01	
Zn-69	2.07E-232	1.21E-232	3.74E-234	2.30E-236	2.33E-236	8.06E-236	0.00E+00	0.00E+00	2.07E-232	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Zn-69m	2.39E-17	5.50E-19	1.09E-18	1.13E-24	9.95E-25	3.95E-24	3.82E-53	2.11E-54	2.39E-17	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Ga-72	1.80E-16	4.30E-18	8.57E-18	2.30E-24	2.02E-24	8.06E-24	2.52E-52	1.59E-53	1.80E-16	WL	1.00E+10	1.00E+10	
Ge-71	1.96E-06	1.87E-06	0.00E+00	5.90E-10	4.11E-10	2.94E-11	0.00E+00	4.77E-08	1.96E-06	WL	5.10E+06	1.00E+07	
As-73	1.98E-02	1.22E-03	4.29E-10	1.35E-03	2.39E-04	4.13E-08	2.47E-02	2.30E-03	2.47E-02	RH	4.05E+02	1.00E+03	
As-74	1.28E+00	3.08E-02	6.05E-02	1.86E-07	2.27E-07	8.17E-09	1.61E-01	9.08E-03	1.28E+00	WL	7.84E+00	1.00E+01	
As-76	8.23E-10	2.04E-11	3.93E-11	9.91E-17	8.70E-17	4.96E-18	8.59E-29	5.08E-30	8.23E-10	WL	1.21E+10	1.00E+10	
As-77	8.78E-09	2.89E-10	3.36E-10	2.26E-14	2.83E-14	1.13E-15	1.28E-21	8.65E-23	8.78E-09	WL	1.14E+09	1.00E+09	
Se-75	8.32E+00	1.54E-01	2.72E-01	4.52E-02	1.17E-02	9.28E-07	1.10E+01	6.07E-01	1.10E+01	RH	9.12E-01	1.00E+00	
Se-79	5.97E-02	5.81E-02	0.00E+00	1.90E+00	2.55E-01	5.72E-06	0.00E+00	1.40E-01	1.90E+00	RL-C	5.25E+00	1.00E+01	
Br-82	7.93E-07	1.92E-08	3.83E-08	9.94E-15	1.14E-14	4.97E-16	5.29E-21	3.12E-22	7.93E-07	WL	1.26E+07	1.00E+07	
Rb-86	1.88E-01	5.91E-03	9.12E-03	4.14E-07	1.53E-07	8.16E-09	2.43E-02	1.65E-03	1.88E-01	WL	5.31E+01	1.00E+02	
Rb-87	3.08E-02	3.00E-02	0.00E+00	1.36E+00	2.64E-01	1.80E-07	0.00E+00	5.00E-02	1.36E+00	RL-C	7.35E+00	1.00E+01	
Sr-85	7.04E+00	1.67E-01	3.29E-01	3.42E-03	8.00E-04	2.53E-07	6.44E+00	3.60E-01	7.04E+00	WL	1.42E+00	1.00E+00	

Effets sanitaires comparés nombre de cas par TWh (Markandya, The Lancet 2007)

	Accidents	Mortalité	Morbidité ++	Morbidité +/-
Lignite	0,12	32,6	298	17.676
Charbon	0,12	24,5	225	13.288
Pétrole	0,03	18,4	161	703
Biomasse	—	4,6	43	2.276
Gaz	0,02	2,8	30	9.550
Nucléaire	0,02	0,05	0,22	