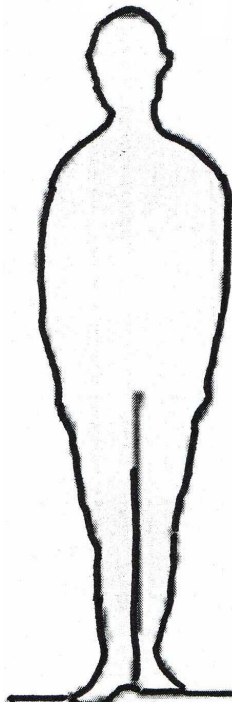


INCORPORATION d'IODE 131 par INHALATION

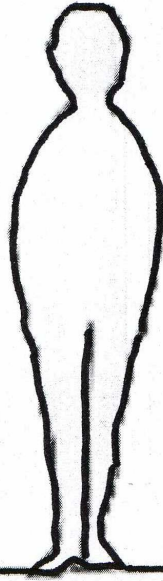
Quantité d'iode 131 qui délivre une dose efficace de 10 μSv
(seuil en deçà duquel les autorités considèrent que le risque est négligeable)

à un adulte



135 135 Bq

à un enfant
de 10 ans



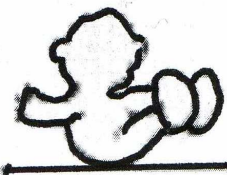
52 632 Bq

à un enfant
de 2 ans



13 889 Bq

à un
nourrisson



13 889 Bq

A incorporation égale, un enfant en bas âge reçoit une dose de rayonnement **10 fois supérieure** à celle que reçoit un adulte. Ceci s'explique par la taille plus petite de ses organes : la dose est, en effet, la quantité d'énergie que les rayonnements délivrent par unité de masse de tissu.

Le becquerel (noté Bq) est l'unité légale de mesure de l'activité (ou radioactivité).
1 Bq = 1 désintégration par seconde

- La quantité d'iode 131 inhalée est fonction de l'activité de l'air, du débit respiratoire et du temps de présence

Si l'on se réfère à l'impact en France des rejets radioactifs de la centrale de Fukushima Daiichi, on peut considérer une activité de l'air en iode 131 de **20 mBq/m³** et une exposition permanente à ce niveau de contamination sur **40 jours** (soit du 22 mars 2011 au 30 avril 2011). Sur la base de ces hypothèses, on obtient, selon les âges considérés, des incorporations comprises **entre 4 et 23 Bq d'iode 131**. Les différences s'expliquent par les différences de débits respiratoires, les poumons des adultes, plus développés, peuvent inspirer des volumes d'air supérieurs à ceux des enfants.

NB : la valeur de 20 mBq/m³ retenue pour le calcul est une valeur plutôt élevée mais réaliste ; en revanche, l'hypothèse de la persistance de cette activité volumique sur 40 jours est probablement très conservatoire, en tout cas sur la base des données disponibles à ce jour (la contamination de l'air est en baisse depuis le 1^{er} avril mais la situation est loin d'être revenue à la normale). Nous n'en serons certains que lorsque les installations de la centrale nucléaire de FUKUSHIMA DAIICHI seront sous contrôle et que les réacteurs et piscines de stockage de combustible nucléaire irradié cesseront de rejeter des quantités massives de produits radioactifs dans l'environnement.

En effectuant un calcul très pénalisant, avec une concentration en iode 131 de **100 mBq/m³**, soit une valeur 10 fois supérieure, et en considérant qu'elle se maintient à ce niveau pendant 70 jours (soit une exposition permanente à 100 mBq/m³ du 22 mars jusqu'au 31 mai), les activités d'iode 131 incorporées atteindraient, selon les tranches d'âge **de 30 à 200 Bq**.

- **La dose de rayonnement reçue est fonction de la quantité d'iode 131 inhalée et de l'âge de la personne considérée**

Les doses associées à l'incorporation par inhalation d'une activité définie d'iode 131, varient en fonction de l'âge de la personne. Des coefficients de dose efficace par tranche d'âge ont été définis aux niveaux international et européen et sont repris depuis 2002 par la réglementation française¹. Ils sont exprimés en Sieverts par becquerel (Sv.Bq⁻¹). Pour plus de lisibilité, ils sont repris ci-dessous, exprimés également en μSv.Bq⁻¹.

Tranche d'âge	Sv.Bq ⁻¹	μSv.Bq ⁻¹
Moins de 1 an	7,20E-08	0,0720
1 à 2 ans	7,20E-08	0,0720
2 à 7 ans	3,70E-08	0,0370
7 à 12 ans	1,90E-08	0,0190
12 à 17 ans	1,10E-08	0,0110
Plus de 17 ans	7,40E-09	0,0074

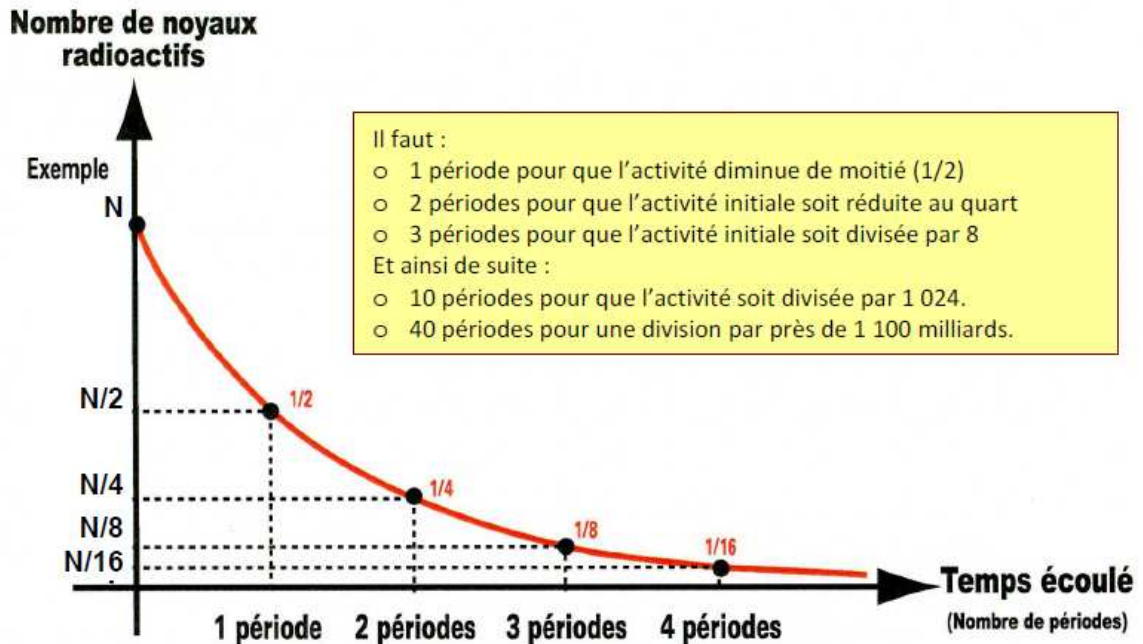
Connaissant, pour chaque tranche d'âge, l'activité d'iode 131 qui sera inhalée et le coefficient de dose associé, on peut calculer la dose efficace et donc le niveau de risque induit.

- Pour des incorporations comprises entre **4 et 23 Bq**, les doses efficaces n'atteignent pas **0,4 μSv**, soit quelques pourcents (<4%) du seuil de **10 μSv/an** à partir de laquelle la réglementation européenne considère que les niveaux de risque ne sont plus négligeables et qu'il convient d'examiner les moyens de diminuer les expositions. Evidemment, cette dose ne représente qu'une fraction encore plus faible 0,001% de la limite de 1 mSv/an.
- Avec des hypothèses très pessimistes (exposition continue sur **70 jours** à une activité volumique de **100 mBq/m³** entraînant des incorporations comprises, selon les tranches d'âge, **entre 30 et 200 Bq** d'iode 131) les doses sont **de l'ordre de 2 à 3 μSv**, ce qui reste inférieur au seuil des 10 μSv/an (a fortiori à la limite maximale de dose de 1 mSv/an).

Attention : la précision des chiffres ci-dessus ne doit pas induire en erreur. Les calculs incluent, en effet, de grandes incertitudes : modèles biologiques très simplifiés, facteurs de pondération du rayonnement et des organes assez grossiers, évaluations des doses en termes de physiciens et non pas de biologistes (énergie absorbée moyennée à l'échelle des tissus et non pas des cellules). Cependant, étant donné les niveaux de contamination mesurés en France, ces réserves ne remettent pas en question les conclusions sur le niveau très faible du risque relatif à l'inhalation.

¹ Décret n°2002-460 du 4 avril 2002 relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants, codifié dans le code de la santé publique et arrêté du 1^{er} septembre 2003 définissant les modalités du calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.

Précisions sur la notion de « période radioactive »



La période radioactive correspond à une réduction d'un facteur 2. Au terme de 2 périodes, la réduction atteint donc un facteur 4 (la moitié de la moitié) ; au terme de 3 périodes, l'activité est divisée par 8 (la moitié de la moitié de moitié) ; etc.

Le tableau ci-contre indique, pour un nombre croissant de périodes radioactives, le facteur de réduction correspondant.

On invoque souvent, mais à tort, **la règle des 10 périodes** au terme desquelles une source radioactive ne serait plus dangereuse.

En fait, cette valeur correspond à une division par 1 000 (exactement par 1 024) de l'activité initiale. **Le caractère suffisant ou insuffisant de ce taux de réduction dépend en réalité de l'activité initiale de la source.**

Si elle est très élevée, il faudra peut-être attendre 30 périodes, soit une division par un peu plus d'un milliard ; 40 périodes, soit une division par plus de 1 000 milliards ; 50 périodes, soit une division de l'activité initiale par plus d'un million de milliards ; ou peut être plus longtemps encore.

Nombre de périodes	Facteur de réduction
0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256
9	512
10	1 024
11	2 048
12	4 096
13	8 192
14	16 384
15	32 768
16	65 536
17	131 072
18	262 144
19	524 288
20	1 048 576
21	2 097 152
22	4 194 304
23	8 388 608
24	16 777 216
25	33 554 432
26	67 108 864
27	134 217 728
28	268 435 456
29	536 870 912
30	1 073 741 824
40	1 099 511 627 776
50	1 125 899 906 842 620

Les périodes radioactives sont caractéristiques de chaque radionucléide et extrêmement variables : de moins d'un milliardième de microseconde à des centaines de milliards d'années. Quelques exemples sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Radionucléide	Période radioactive	Radionucléide	Période radioactive
rubidium 99	0,06 seconde	strontium 90	28,5 ans
calcium 51	10 secondes	césium 137	30 ans
césium 126	1,64 minutes	nickel 63	100,1 ans
technétium 99m	6 heures	américium 241	432,7 ans
iode 123	12,2 heures	radium 226	1 600 ans
iode 131	8 jours	carbone 14	5 730 ans
béryllium 7	53,29 jours	américium 243	7 380 ans
iode 125	60,14 jours	plutonium 239	24 000 ans
cobalt 58	70,92 jours	thorium 230	75 400 ans
césium 134	2 ans	iode 129	15 700 000 ans
cobalt 60	5,27 ans	uranium 235	703 700 000 ans
tritium	12,33 ans	potassium 40	1 277 000 000 ans
plutonium 241	14,4 ans	uranium 238	4 468 000 000 ans
		thorium 232	14 050 000 000 ans

Pour que l'activité soit **divisée par 4**, il faudra que **2 périodes** se soient écoulées, ce qui correspond à :

- 12 heures pour le technétium 99m (T = 6 heures)
- 16 jours pour l'iode 131 (T = 8 jours)
- 60 ans pour le césium 137 (T = 30 ans)
- 3 200 ans pour le radium 226 (T = 1 600 ans)
- Près de 9 milliards d'années pour l'uranium 238 (T = 4,47 milliards d'années).

Pour que l'activité soit **divisée par 1 million**, il faudra un délai de **30 périodes**, ce qui représente :

- 30 x 6 heures, soit 7,5 jours, pour le technétium 99m
- 30 x 8 jours, soit 240 jours, pour l'iode 131 ;
- 30 x 5,27 ans, soit 158 ans, pour le cobalt 60
- 30 x 30 ans, soit 900 ans pour le césium 137
- 30 x 1 600 ans, soit 48 000 ans pour le radium 226