

Voici quelques fiches élémentaires concernant la radioactivité.

Ce n'est pas un cours sur la radioactivité ni sur la radio-protection.

Je le vois comme quelques fiches qu'on peut consulter quand on a besoin d'une précision sur tel ou tel point.

J'espère qu'il permettra à chacun de mieux comprendre les différentes informations venant de Fukushima ou de Tchernobyl et leurs conséquences..

J'ai utilisé comme références principales:

Le livre de Vladimir BABENKO : « Après l'accident atomique »

L'exposé de Bruno CHAREYON, dans le numéro n° 54 du Bulletin de la CRIIRAD.

B. Chareyon est ingénieur en physique nucléaire, responsable du laboratoire de la CRIIRAD (Commission de Recherche et d'Information Indépendantes sur la Radioactivité).

Avec l'aimable autorisation de la CRIIRAD (www.criirad.org).

Georges Magnier - Médecin généraliste retraité

<http://www.vivre-apres-fukushima.fr>

Merci à mes attentifs relecteurs.

Ce texte est libre de droits – copie et diffusion sont encouragés.

Table des matières

Structure de la matière.....	2
La désintégration, les radiations et rayonnements.....	3
Demi-vie d'un radionucléide.....	4
Les Becquerels.....	5
Y a-t-il correspondance entre Becquerels et coups par seconde dans nos instruments de mesure ?.....	6
Les Rayonnements ionisants	7
Désintégration Alpha - Particules Alpha.....	8
Désintégration Bêta - Rayonnement Bêta.....	8
Rayonnement Gamma.....	9
La Dose.....	10
Modes d'exposition aux Rayonnements ionisants.....	11
L'irradiation externe.....	11
La contamination interne.....	11
Conséquences d'une exposition aux rayonnements radioactifs	12
Cas d'une exposition à fortes doses de courte durée.....	12
Cas d'une exposition chronique.....	13
Les Normes.....	14
Vivre dans une zone contaminée à 30.000 Bq/m ² en Césium 137 est-ce dangereux ?.....	15
Comment se produit la contamination interne du corps humain ?.....	16
Les aliments:.....	16
Les poussières avalées ou inhalées.....	16
Comment déceler les aliments contaminés ?.....	19
Normes concernant la contamination radioactive des aliments.....	19
Pour obtenir l'irradiation totale subie:.....	20
Hydrogène - radiolyse	21
Corium	21
Une sélection de Livres et articles pour s'informer plus avant:	22

Structure de la matière

La matière est faite d'atomes.

Les assemblages d'atomes sont appelés molécules.

Chaque atome est formé d'un noyau composé de protons (chargés +) et neutrons; autour de lui gravitent des électrons (chargés -).

Certains noyaux sont instables: ils ont la propriété de se désintégrer spontanément et de se transformer ainsi en d'autres noyaux. Ils sont appelés: « **radio nucléides** »

Un même élément peut avoir des variétés stables et des variétés instables qui ne diffèrent que par le nombre de neutrons que contient le noyau. C'est pourquoi ils sont numérotés: Iode 131, **Iode 132**, Césium 134, **Césium 137** etc. Ces différentes variétés d'éléments sont appelées Isotopes; certains isotopes sont stables, d'autres sont radio-actifs, instables.

La désintégration d'un noyau instable, radioactif, s'accompagne de l'émission de particules qui bombardent avec des niveaux d'énergie variables tout ce qu'elles rencontrent; notamment les cellules des êtres vivants.

Ces émissions de particules sont appelées radiations et rayonnements.

.../...

La désintégration, les radiations et rayonnements

Au moment de la désintégration d'un atome instable plusieurs types de rayonnements peuvent être émis:

- désintégration avec émission de particules de type α (alpha): ce sont des noyaux d'hélium (2 protons et deux neutrons)- **d'énergie déterminée et caractéristique** du radio-élément.
- désintégration avec émission de type β (bêta): émission d'un électron (beta-) ou d'un positon (beta+)
- émission de rayons γ (gamma): c'est un rayonnement électro-magnétique (appelé aussi photon gamma) émis par les noyaux atomiques qui viennent de subir une désintégration α ou β : Après une désintégration le noyau possède encore un trop plein d'énergie. Pour se « débarrasser » de cet excédent, il va émettre plusieurs rayonnements γ **d'énergie déterminée et caractéristique** de l'isotope radio-actif.
Ce qui permet d'**identifier le radioélément** en cause (par spectrographie gamma).

Les rayonnements ionisants sont pénétrants, **ils traversent la matière**. Leur pouvoir de pénétration dépend du type de rayonnement et de la nature de la matière.

Ils sont capables de pénétrer la matière et ce faisant **d'y déposer tout ou partie de leur énergie**: ioniser les molécules, abimer les composants des chromosomes, abimer les noyaux des cellules, etc.....

Ils sont dits **ionisants** parce que dans les tissus vivants ils arrachent des électrons, générant ainsi des ions. Mais ils sont aussi capables de couper des liaisons entre atomes et générer des radicaux libres nocifs.

L'énergie emportée par les rayonnements (alpha, bêta ou gamma) émis lors d'une désintégration s'exprime en **électron-volt ou eV**.

Comme cette énergie est très grande, on est obligé d'utiliser le Kilo eV = KeV (mille eV) ou le **Méga eV = MeV** (méga Ev = 1 million d' eV).

(En comparaison, **les réactions chimiques les plus violentes dégagent quelques eV seulement**)

En se désintégrant les radionucléides se transforment

- soit en d'autres radionucléides qui se désintègrent à leur tour
- soit en isotopes stables non radioactifs

L'unité qui mesure le rythme des désintégrations est le Becquerel ou Bq. Il correspond à une désintégration par seconde.

Demi-vie d'un radionucléide

La demi-vie (encore appelée période) d'un isotope radio actif est la durée nécessaire pour que la moitié des atomes se désintègre.

Cette propriété n'est pas influencée par la température, la pression, ou autres environnements. Elle dépend uniquement de l'isotope considéré. On ne peut pas la modifier.

La demi-vie varie considérablement d'un isotope à l'autre: d'une fraction de seconde à des milliards d'années.

Quand des radionucléides sont émis dans la nature (accident, bombe, émissions industrielles), ceux à demi-vie brève sont rapidement désintégrés (iode 131); ceux à demi-vie plus longue continuent de bombarder tout ce qui les entoure.

Quelques exemples:

isotope	abréviation	demi-vie	10 demi-vies
Krypton 85m	Kr 85m	4,4 heures	44 heures
Iode 131	I 131	8,02 jours	80 jours
Césium 134	Cs 134	2,06 ans	20 ans
Krypton 85	Kr 85	10,70 ans	107 ans
Césium 137	Cs 137	30 ans	300 ans
Strontium 90	Sr 90	29,12 ans	300 ans
Plutonium 239	Pu 239	24 390 ans	244.000 ans

On estime que dans les cas de contamination de l'environnement, la concentration en radionucléide devient négligeable au bout de 10 périodes (demi-vies).

A condition que le dépôt initial ne soit pas trop important.

Cela signifie qu'il faudra près de 300 ans pour que le Strontium et le Césium déposés lors d'un accident nucléaire ne posent plus de problème à nos enfants, petits-enfants, arrière petits-enfants...

Quand au Plutonium, cela nous met à plus de 240 000 ans.... autant dire qu'à notre échelle c'est un danger permanent pour l'espèce humaine.

Les Becquerels

Fukushima Dai Ichi, Tchernobyl, les essais militaires, les centrales en fonctionnement normal ont rejeté et rejettent dans l'atmosphère, dans la mer, des quantités importantes de substances radioactives.

Quelle que soit la substance, la quantité de matière radioactive se mesure en Becquerels

Un Becquerel (1 Bq) correspond à une désintégration par seconde.

Pour chaque substance radioactive, il existe une **correspondance entre la masse de cette substance et le nombre de Becquerels.**

Comme indiqué dans le tableau ci-dessous, un microgramme de Césium 137 (un millionième de gramme) correspond à 3,2 millions de Becquerels. Au bout de 30 ans le nombre de Becquerels aura diminué de moitié (et ainsi de suite).

Pour l'Iode 131 un microgramme de matière donne 4,6 milliards de Becquerels.

Radionucléide	Bq/ μ g Becquerels par microgramme	Demi-vie
Césium 137	3,2 millions	30 ans
Césium 134	47,9 millions	2,1 ans
Iode 131	4,6 milliards	8 jours

Comme on le voit les éléments qui émettent le plus sont ceux qui ont la demi vie la plus courte

De très faibles niveaux de contamination en poids peuvent provoquer des quantités de radiations très importantes.

Comme chaque élément radioactif émet des rayonnements différents, un même nombre de Becquerels peut entraîner des irradiations très différentes.

100 Becquerels de Césium et 100 Becquerels d'Iode 131 entraîneront des irradiations très différentes (voir plus bas: « les rayonnements ionisants »).

Si on a devant soi 1kg de terre contaminée par **100 Becquerels de Césium 137** (100 Bq/kg), cela signifie qu'à chaque seconde au sein de ce kg de terre, 100 atomes de Césium 137 se désintègrent. Il y a donc à chaque seconde émission de 100 particules Bêta car c'est le mode de désintégration principal du Césium.

De plus, le nouvel atome créé (Baryum 137m) évacue son trop plein d'énergie sous forme de rayonnement Gamma dont l'énergie et la probabilité d'émission est caractéristique de chaque substance radioactive.

Avec 100 Becquerels de **Césium 137**:

- Aux 100 particules Bêta
- s'ajoutent l'émission de 85 rayonnements gamma en moyenne.
D'énergie = 661,7 keV (661 700 électronsVolts).

Avec 100 Becquerels de **Césium 134**, il y a émission à chaque seconde de

- 100 particules Bêta
- et de plusieurs types de rayonnements gamma:

97,6 rayonnements gamma d'énergie 604,7 keV

85,4 rayonnements gamma d'énergie 795,87 keV

15,4 rayonnements gamma d'énergie 569,3 keV

et d'autres rayonnements gamma avec une plus faible probabilité d'émission.

Dans cet exemple, 100 Bq de **Césium 134** émettent plus de 300 rayonnements ionisants par seconde (plus de 300 coups par seconde).

Y a-t-il correspondance entre Becquerels et coups par seconde dans nos instruments de mesure ?

(compteur Geiger).

Dans l'exemple du Kilogramme de terre contenant **100 Becquerels de Césium 137**, si toutes les radiations étaient émises dans la même direction vers le détecteur, il indiquerait en théorie 100 coups par seconde pour les rayonnements Bêta et 85 coups par seconde dus aux rayonnements Gamma, soit 185 coups par seconde.

En pratique, les radiations sont émises dans toutes les directions, le détecteur ne va donc compter que celles qui se dirigent vers lui. Plus le capteur du détecteur est gros, plus il aura de chances de recevoir des rayonnements.

Certain rayons Bêta de faible énergie vont être arrêtés par les parois du détecteur et ne seront pas détectés.

Les rayons Gamma, très pénétrants vont bien arriver dans le détecteur; mais seuls certains vont interagir avec les atomes du détecteur; les autres ne seront pas comptés.

Dans cet exemple, le taux de comptage final ne sera pas de 185 coups/seconde, mais bien souvent inférieur à 1 coup par seconde.

Il n'est généralement pas possible de convertir des coups par seconde obtenus avec un compteur Geiger en Becquerels.

Les Rayonnements ionisants

Chaque fois qu'un atome radioactif se désintègre il émet des rayonnements ionisants:

- des particules (radiations): Alpha, Bêta
- des rayonnements : gamma, X etc...

Chaque élément émet des radiations différentes:

Iode 131:

L'Iode 131 émet des radiations **Bêta** d'énergies variables et un rayonnement **Gamma** d'énergie 364 keV; avec une demi-vie de 8,07 jours

Il présente un véritable danger pendant quelques mois (10 demi-vies = 80 jours) au bout desquels il a quasiment disparu si son activité initiale n'était pas trop importante.

Cs 134 :

- Le Césium 134 se désintègre avec une émission **Bêta** d'énergie variable avec une demi-vie de 2,06 ans .
- Lors d'un accident la quantité de radioactivité émise est la même que celle du césium 137; mais sa décroissance est plus rapide et il a quasi disparu au bout de 20 ans si son activité initiale n'était pas trop importante.

Cs 137 :

- Le Césium 137 émet des radiations **Bêta** d'énergie variable et des rayonnements **Gamma** d'énergie 622 keV
- Il est dangereux en tant que source de fortes radiations Bêta à longue durée de vie : 300 ans (10 demi-vies) plus un rayonnement Gamma à longue portée.

Sr 90 :

- Strontium 90: il n'émet que des particules **Bêta** d'énergies variables avec une demi-vie de 28,1 an.
- 10 demi-vies = 280 ans

Pu 239:

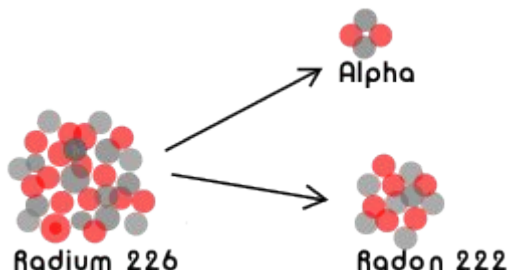
- Le Plutonium 239 se forme dans les réacteurs. Il est utilisé pour fabriquer des bombes et certains combustibles pour les centrales: le MOX.
- C'est un métal toxique chimiquement et très radioactif.
- Sa désintégration produit une radiation **Alpha** très énergétique: 5 MeV avec une demi-vie de 24.000 ans.

Désintégration Alpha - Particules Alpha

Ce sont des noyaux d'Hélium (2 protons et 2 neutrons) émis lors de la désintégration de noyaux dits « lourds », par exemple Uranium et Radium.

Exemple: Le radium se transforme en Radon en émettant une particule Alpha (noyau d' Hélium)

- Les particules Alpha ont une masse importante et une énergie entre 3 et 7 Mev (M=millions)
- Elles sont facilement absorbées par la matière
- Elles ne peuvent parcourir que quelques centimètres dans l'air
- Elles sont arrêtées par une feuille de papier ou la peau (si elle est intacte).



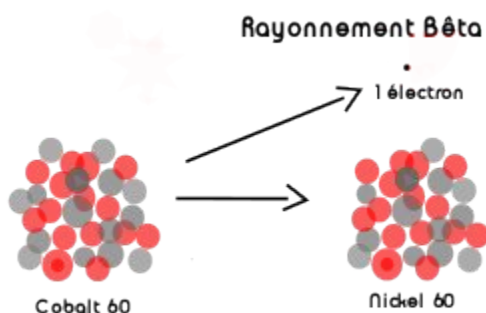
Par contre **si une source de rayonnement Alpha pénètre dans le corps (avalée ou inhalée) c'est la source de rayonnement la plus dangereuse** car c'est la plus ionisante. Les particules α causent 20 fois plus de dégâts que ceux provoqués par les autres rayonnements (beta ou gamma) à quantité égale et cible identique (même organe touché). C'est ce qui fait le danger du Plutonium.

IONISANT: ces particules cassent les molécules de l'organisme (dont l'ADN des chromosomes) et les transforment en Ions chargés positivement ou négativement, nocifs.

Désintégration Bêta - Rayonnement Bêta

Dans un noyau instable un Neutron est converti en Proton et un **électron** est émis

Exemple: le Cobalt 60 se transforme en :



- Nickel 60 (stable)
- plus un électron (*et un anti neutrino*)

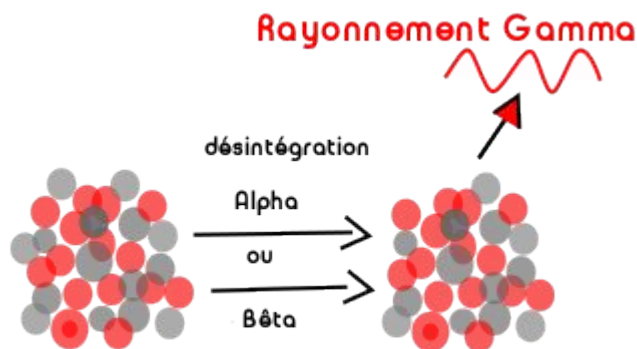
C'est le type de transformation radioactive le plus répandu.

Dans le cas du Césium, polluant important des catastrophes nucléaires:

Les rayonnements Bêta émis par le **Césium 137** sont assez peu pénétrants. Les plus puissants sont totalement arrêtés par 4 mètres d'air (en moyenne 40 cm) ou 4 millimètres d'eau.

Rayonnement Gamma

Le rayonnement Gamma n'est pas une transformation radioactive. C'est un rayonnement électromagnétique émis par des noyaux qui viennent de subir une désintégration α ou β . Après une désintégration Alpha ou Bêta, le nouveau noyau possède encore un trop plein d'énergie. Il s'en débarrasse en émettant un ou plusieurs rayonnements Gamma d'**énergie déterminée et caractéristique du noyau, donc de l'atome en présence**. Ce qui permet d'en déterminer la nature.



Les rayonnements Gamma sont très pénétrants.

Les rayons gamma du Césium 137 peuvent parcourir 61 mètres dans l'air avant d'avoir perdu la moitié de leur énergie; dans l'eau c'est 7 centimètres. Cela signifie qu'après avoir parcouru 61 mètres dans l'air, la moitié de ces rayonnements, soit intacts, soit quelque peu affaiblis, vont continuer leur chemin et ils pourront irradier, c'est à dire déposer leur énergie plus loin.

C'est grâce aux grandes distances que peuvent parcourir les rayons Gamma qu'il est possible de faire des cartes de la contamination avec des capteurs embarqués dans des avions ou hélicoptères.

C'est aussi pour cette raison que les radiations émises par le Césium radio actif déposé sur le sol d'une cour peuvent traverser murs et fenêtres et atteindre les habitants à l'intérieur de leur maison.

Voyez pour illustrer cela la vidéo tournée le 29 mai 2011 [dans la ville de Fukushima par la CRIIRAD:](#)

<http://www.youtube.com/watch?v=vCuiYVrvZ7c>

La Dose

Nous avons vu que le Becquerel désigne le nombre de désintégrations par seconde; quel que soit l'élément concerné, quelles que soient les radiations émises.

Nous avons vu que ces radiations ont des caractéristiques très différentes: leur nature, leur pénétration, l'énergie transportée.

Le GRAY

Pour représenter l'effet que ces radiations ont sur la matière vivante, on a créé une première unité de mesure : le **GRAY** (Gy). Il représente l'**énergie déposée** par le rayonnement ionisant.

Un Gray correspond à un Joule d'énergie déposé par Kilogramme de matière.

1 Joule c'est l'énergie de 1 Watt pendant 1 seconde ; 1Joule = 1Ws

1 Joule = $6,24 \times 10^{18}$ eV (électronvolts) ;

Le SIEVERT

Les dommages causés par ce dépôt d'énergie dépendent de la nature du rayonnement:

Pour tenir compte de ce fait, on utilise le **SIEVERT** (Sv)

- Une particule Alpha va déposer son énergie de façon très concentrée puisqu'elle ne parcourt que quelques millimètres: les cellules avoisinantes vont recevoir toute la dose.
- Par contre un rayonnement Gamma, très pénétrant va dissiper son énergie tout le long de son trajet.

Dans le cas où il s'agit de rayonnements Bêta ou Gamma un Gray égale un Sievert

Dans le cas d'un rayonnement Alpha l'effet est 20 fois plus fort: un Gray égale alors 20 Sieverts

On parle ici de « **dose équivalente** » en Sieverts

Les divers tissus du corps n'ont pas tous la même sensibilité. On introduit ici un facteur qui nous donnera la « **dose efficace** » qu'a subie le tissu étudié en Sieverts.



Le rem est une ancienne unité de mesure mais encore utilisée:

1 rem = 0,01 Sv

1Sv = 100 rem

Le Curie est une unité adaptée aux fortes radioactivités:

C'est l'activité de 1 g de radium 226 ou 15 g de Plutonium 239 : $3,7 \times 10^{10}$ émissions par seconde.

Modes d'exposition aux Rayonnements ionisants

Il faut distinguer:

L'irradiation externe

le corps est exposé à une source de rayonnements extérieure

Il est possible de s'y soustraire en interposant un écran efficace (relativement facile pour les rayons Bêta – mais pour les gamma, il faut des mètres de béton ou une forte épaisseur de plomb) ou en quittant les lieux (évidemment, nos amis japonais ne peuvent pas déplacer leurs maisons).

[Voyez la vidéo tournée par la CRIIRAD](#) le 29 Mai 2011 à Fukushima:

<http://www.youtube.com/watch?v=vCuiYVrvZ7c>

La contamination interne

L'élément radioactif s'est introduit dans l'organisme: inhalation de poussière, alimentation contaminée, écorchure...

Les organes où l'élément s'est installé vont être soumis à un bombardement de près et permanent.

C'est ce mode de contamination qui est le plus redoutable et dont on voit les effets sur les populations de Tchernobyl, 25 ans après (et ce n'est pas terminé: 300 ans pour le Césium)

Conséquences d'une exposition aux rayonnements radioactifs

Cas d'une exposition à fortes doses de courte durée

Il s'agit généralement d'une **irradiation externe**. Par exemple le cas de travailleurs sur un site accidenté ou non.

A fortes doses reçues sur une courte durée, les rayonnements ionisants conduisent à la destruction massive des cellules des organes exposés. Leur effet est alors observé dans les heures ou jours suivants. Il s'agit par exemple de brûlures de la peau (radiodermites), de vomissements ou de destructions de la moelle osseuse ou de la muqueuse intestinale pouvant conduire au décès de la personne exposée.

Ces effets apparaissent à partir d'une dose-seuil, variable selon l'organe irradié (de l'ordre de 1 à plusieurs grays), et sont d'autant plus sévères que la dose est élevée.

Un exemple montrant la violence des radiations gamma:



Figure 2: Accident de Saintes, France (1987)
Main droite de l'opérateur qui a ramassé à main nue la source de cobalt 60 (137 TBq) tombée sur le sol. A gauche, aspect clinique trois semaines après l'accident

Photo : J.C. Nénot, Institut Curie, Paris ;

Un technicien a ramassé à main nue une petite source de Cobalt 60 tombée à terre

Cela s'est terminé par une amputation après je suppose bien des souffrances.

Quelques chiffres pour se repérer:

En cas d'exposition accidentelle aigüe:

Il s'agit généralement d'irradiation Gamma et Bêta au corps entier:

1 Sv = 1 000 mSv : nausées ,vertiges, pertes des cheveux

3 à 5 Sv = 3 000 à 5 000 mSv : hémorragies et infections

5 Sv = 5 000 mSv : dose mortelle pour 50 % des personnes irradiées

10 Sv= 10 000mSv : dose mortelle pour 100% des personnes irradiées (**diarrhée sévère et mort dans les jours qui suivent**)

30 Sv = 30 000mSv : **mort dans les heures qui suivent.**

[Détails sur Wikipedia](https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89chelles_et_effets_de_doses_de_radiation)

https://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89chelles_et_effets_de_doses_de_radiation

Cas d'une exposition chronique

Les effets sont différés de plusieurs mois, plusieurs années.

A Tchernobyl, 26 ans après on est en plein dans cette période.

A Fukushima, cela ne fait que commencer.

Expositions chroniques à des doses assez faibles:

Il peut s'agir d'une irradiation externe: par exemple pour les habitants d'une zone polluée par des poussières de Césium (Fukushima), Les rayons gamma pénètrent dans les maisons.

Voyez la video tournée par la [CRIIRAD le 29 Mai 2011 à Fukushima](#):

<http://www.youtube.com/watch?v=vCuiYVrvZ7c>

Ou celle-ci, tournée à [Fukushima-Watari en juin 2012](#)

<http://www.youtube.com/watch?v=xtNZ7M69v8I>

Il s'agit surtout de contamination interne par consommation d'aliments contaminés, l'inhalation de poussières.

Les éléments radio-actifs (surtout l'iode au début, si on n'a pas saturé sa thyroïde en iode stable, puis le Césium) se fixent dans l'organisme. Celui-ci les élimine plus ou moins vite; mais comme les habitants consomment à nouveau des aliments contaminés et sont bien obligé de respirer, la contamination se renouvelle...

Sur le danger des poussières contaminées, voir la video de Mr Kaltofen

<http://www.youtube.com/watch?v=1pu1tUPPdoI>

Les rayonnements ionisants peuvent ainsi induire des transformations des cellules qui, plusieurs années après l'exposition pourront engendrer dans la population exposée des maladies telles que les leucémies et divers cancers (de la thyroïde, des voies digestives, du poumon, etc.).

Les travaux des médecins de Tchernobyl ont montré que la contamination radio-active chronique ne provoque pas que des cancers ou leucémies. Les rayonnements s'attaquent à quasiment tous les tissus. Provoquant surtout chez les enfants des maladies cardiaques, cataractes, diabètes, cancers, de mauvaises défenses immunitaires. **Au Belarus (nom officiel de la Biélorussie), seuls 26,7% des enfants sont en bonne santé.**

Voir la [communication du Dr Galina Bandajevskaya](#) au forum de Genève du 12 Mai 2012

<http://www.vivre-apres-fukushima.fr/gm-documents/banda-mai-2012.pdf>

Quelques chiffres

2,64 mSv par an: dose moyenne **naturelle** reçue en moyenne en France

1 mSv/an : dose annuelle **artificielle** autorisée pour le public (en plus du rayonnement naturel et des examens médicaux)

20 mSv/an : dose annuelle **artificielle** maximale pour un travailleur du nucléaire (DATR catégorie B).

Les Normes

Les normes d'exposition ne sont pas des limites en dessous desquelles il n'y a pas de risque. Elles représentent les risques auxquels les pouvoirs publics estiment pouvoir exposer la population sans entraîner trop de « détriments sanitaires » dans la population..

En dessous, les risques persistent, mais ils sont considérés comme « acceptables ».

Vous trouverez ci dessous un tableau réalisé par la CRIIRAD.

Limites d'exposition aux rayonnements ionisants en vigueur en France	Public (y compris les travailleurs non classés)	Travailleurs exposés aux rayonnements ionisants	
		Catégorie A	Catégorie B
Limites de dose efficace (au corps entier)	1 mSv/an	20 mSv/an	6 mSv/an
Nombre de cancers mortels radioinduits pour 100 000 personnes recevant la dose limite	5 décès	80 décès	24 décès
Limites d'équivalent de dose avec extrémités (bras, avant-bras, pieds et chevilles)	-	500 mSv/an	150 mSv/an
Limites d'équivalent de dose au cristallin (partie de l'oeil située derrière la pupille)	1,5 mSv/an	150mSv/an	45 mSv/an
Limites d'équivalent de dose à la peau (dose moyenne sur toute surface de 1cm ²)	50 mSv/an	500 mSv/an	150 mSv/an

Les limites de dose au corps entier sont trop souvent présentées comme des limites en deçà desquelles l'exposition est sans danger. En réalité, d'un point de vue réglementaire (et non pas du seul point de vue de la CRIIRAD), elles correspondent à un niveau de risque maximum admissible. En deçà de la limite, le risque perdure et la réglementation oblige à le réduire autant qu'il est raisonnablement possible(1).

En utilisant les références officielles, on peut calculer le nombre de décès attendus dans un groupe de personnes exposées à une dose de rayonnements correspondant à la limite réglementaire: si 1 Million de personnes reçoivent chacune 1 mSv, on s'attend à ce que 50 d'entre-elles décèdent d'un cancer induit par cette exposition. Si on tient compte des autres pathologies reconnues par les autorités (cancers dits "guérissables" et maladies génétiques gravissimes), le chiffre s'élève à 73.

Ne sont comptabilisés ni les effets reconnus mais de moindre gravité, ni les nombreuses pathologies qui font l'objet de débats dans la communauté scientifique. Il faut savoir qu'un niveau de certitude élevé est exigé avant de reconnaître qu'une maladie est radio-induite. Comme dans bien d'autres domaines, la charge de la preuve incombe à la victime et la difficulté d'établir un lien de causalité certain entre l'exposition et la maladie profite au pollueur.

NB. l'art. L.1331-1 du code de santé publique précise en fait que "l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants(...) doit être maintenue au niveau le plus faible qu'il est raisonnablement possible d'atteindre, compte tenu des techniques, des facteurs économiques et sociaux, le cas échéant de l'objectif médical recherché".. ceci implique des arbitrages qui se font souvent au détriment de la population.

Je précise le commentaire de la CRIIRAD: ne sont comptabilisés pour les expositions « corps entier » que les **décès** par cancer(et quelques « maladies reconnues »).

Ne sont pas comptabilisés les cancéreux qui survivent, les maladies non cancéreuses, ceux qui ne sont pas assez malades pour mourir. Mais qui n'en souffrent pas moins.

Le retentissement sur le patrimoine génétique n'est pas pris en compte.

[Le détail des normes:](#)

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0029:FR:NOT>

Vivre dans une zone contaminée à 30.000 Bq/m² en Césium 137 est-ce dangereux ?

C'est le cas de beaucoup de communes japonaises au delà du cercle des 30 Km

Je reprends ici les conclusions du N° 54 du « Trait d'union » de la CRIIRAD:

« .. vivre sur un territoire contaminé à plus de 30 000 Bq/m² en Césium 137 (et en tenant compte du césium 134 associé), peut conduire à dépasser la dose maximale annuelle admissible de 1 milliSievert par an pour une résidence sur place de fin décembre 2011 à fin décembre 2012.

Tout dépend du mode de vie, du type d'habitat, etc. Il est donc extrêmement important d'informer les populations concernées sur la façon d'estimer les doses et les risques afin qu'elles puissent apprécier au mieux la situation et prendre les meilleures dispositions possibles.

Pour une contamination en Césium 137 de 10.000 Bq/m², on peut faire des évaluations de dose en divisant par 3.

On obtient, selon le mode de vie, des doses externes cumulées de plusieurs centaines de microSieverts qui ne sont donc pas négligeables sur le plan de la radio protection.

Il est donc souhaitable de tenir compte de cette contamination, même sur les territoires qui sur les cartes ont un dépôt de césium 137 en dessous de 10 000 Bq/m².

Ces mesures sont valables à 1 mètre du sol. **Si on est souvent plus proche du sol: enfants, jeux d'enfants, travaux des champs, chantier, la dose reçue augmente nettement.**

Ce calcul ne tient compte que de l'irradiation externe. »

Cette irradiation externe est délivrée à l'organisme par les poussières chargées de Césium, (temporairement d'Iode) qui émettent leurs rayonnements Bêta et Gamma. Elles ont tendance à migrer et à se concentrer en certains lieux: descentes de gouttières, fossés, caniveaux etc.... Les rayons gamma du Césium déposé dans une cour vont pénétrer dans les maisons.

Les habitants sont exposés à l'irradiation externe ET à la contamination interne (aliments, poussières....)

Pour estimer la dose totale reçue, il faut ajouter aux doses reçues par irradiation externe, celles apportées par la contamination interne (ingestion et inhalation).

Comment se produit la contamination interne du corps humain ?

Les populations de Biélorussie comme celles de Fukushima subissent **les radiations provenant de l'environnement** (irradiation externe)

ET les rayonnements dus à la contamination interne; ce sont:

- **les radiations provenant des particules radio actives ingérées** avec les aliments de production locale. Il s'agit surtout du Césium 137 et du Strontium 90.
- Les radiations émises par les **poussières inhalées ou avalées**

Cette contamination est trop faible pour être perçue par les compteurs courants mais elle constitue 70 à 90% de l'irradiation totale.

Les aliments:

Il s'agit des produits du potager, ceux de la forêt (champignons, gibier) poissons des rivières et lacs etc.

Le Césium (il s'agit surtout de lui) est déposé sur le sol, parfois retenu temporairement par les feuilles et épines des arbres.

Là il contamine les produits du potager, les champignons, les baies, mousses, myrtilles, etc.... et ceux qui les consomment: hommes, sangliers et autres animaux

Puis il s'enfonce dans le sol; où il est repris par les racines des arbres qui les remontent à leur cime.

Ainsi s'établit en forêt un circuit qui fait que la contamination persiste au lieu de baisser comme on l'espérait.

Le Césium voyage aussi, transporté par les vents, les pluies: il circule alors dans les rivières et va s'accumuler dans les lacs, les baies côtières; il va polluer les nappes phréatiques. La baie de Tokyo est déjà fortement contaminée et cela s'accroît de mois en mois.

Les radionucléides se fixent dans l'organisme en empruntant plusieurs cheminements:

par exemple:

plante, champignons → homme

plante → animal → lait → homme

plante → animal → viande → homme

algues → poisson → homme

Forêt → bois de chauffage → poêle → cendres → potager → légumes → Homme

L'expérience acquise en Biélorussie montre que les **aliments sont la principale source d'apport de radionucléides dans l'organisme.**

Les poussières avalées ou inhalées

Les Césiums, le Strontium émetteurs Bêta et Gamma, vont suivre le cheminement habituel:

- estomac, sang, organes, élimination plus ou moins rapide par les selles ou les urines.

[Voir la video sur le problème des poussières de Mr Kaltofen](http://www.youtube.com/watch?v=1pu1tUPPdoI)

<http://www.youtube.com/watch?v=1pu1tUPPdoI>

.../...

Une très grande malchance: inhaler une ou des particules de Plutonium mêlées aux poussières.

Si elles ont une taille située entre 0,5 et 5 μ elles peuvent se fixer dans les alvéoles pulmonaires. Là leurs **rayons Alpha vont irradier de façon permanente** et pendant des années les quelques millimètres alentour. Certaines cellules vont en périr; d'autres vont se scléroser; d'autres, survivantes mais abimées vont former un cancer. **Il suffit d'une poussière de Plutonium pour provoquer un cancer du poumon dans les années qui suivent.**

Détection et mesure de la contamination interne:

- L'irradiation causée à l'intérieur du corps par les radionucléides est trop faible pour être détectée par un compteur Geiger classique. Pour la mesurer il faut utiliser un « spectromètre à rayonnements humains »; il a la forme d'un fauteuil relié à un ordinateur; ou un «anthropogammamètre total» , version utilisée dans les installations nucléaires pour contrôler les ouvriers ayant subi un accident de contamination.
- Ces appareils ne "voient" pas les émetteurs alpha purs comme le Pu239, et les béta purs (comme le Sr90 ou le Tritium)
Seules des analyses de selles faites rapidement après l'accident permettent de les déceler .

Où vont les produits radioactifs incorporés?

L'**Iode 131** est préférentiellement capté par la glande Thyroïde : risque de cancer

Les Césiums 134 et 137 se concentrent dans les reins le foie, les muscles dont le muscle cardiaque,: ceci explique les troubles cardiaques précoces des enfants de Tchernobyl.

Le Strontium 90 se fixe volontiers sur les os (il ressemble au calcium) d'où il irradie la moëlle osseuse: risque de cancer des os et de leucémie.

L'organisme est capable d'éliminer progressivement les radionucléides du corps

Par exemple l'évacuation de la moitié du Césium-137 absorbé nécessitera de 90 à 150 jours pour un adulte et de 15 à 75 jours pour un enfant.

L'élimination de la moitié de l'Iode fixé dans la thyroïde nécessitera 120 jours

L'élimination de la moitié du strontium 90 nécessitera 8 à 30 ans (selon les auteurs)

L'élimination de la moitié du Plutonium: 40 ans dans le foie – 100 ans dans les os.

Bien sûr, si on continue de consommer une alimentation polluée, la contamination interne ne cessera pas; c'est le cas des habitants des zones polluées par Tchernobyl.

Comment déceler les aliments contaminés ?

Les rayonnements produits par les radionucléides qui polluent les aliments sont trop faibles pour être perçus par un compteur Geiger courant; de plus ils se mêlent à la radio-activité ambiante. Pour les mesurer il faut utiliser des analyses en spectrométrie gamma (laboratoire) .

Si la contamination est très élevée un simple radiamètre (compteur Geiger) peut la "voir" , mais cela veut dire que le produit est quasiment du déchet radioactif

Généralement le radiamètre (compteur Geiger) ne "voit "rien .

[Voir la video de la CRIIRAD sur ce sujet](#)

<http://www.youtube.com/watch?v=N9yiCSAdYy4>

En situation "normale" la contamination radioactive doit être ZERO !

En situation accidentelle (et donc pour une durée temporaire) il est toléré une contamination dans les aliments (pour permettre de "gérer" la crise)

Normes concernant la contamination radioactive des aliments

Il n'y a pas de norme internationale

Pour l'Europe les derniers chiffres semblent dater d' Avril 2011, date à laquelle l'administration s'est alignée sur les normes japonaises.

Après bien des recherches dans le dédale administratif, j'ai trouvé ces chiffres sur le site de l'Ombudsman:

<http://www.ombudsman.europa.eu/en/cases/decision.faces/en/10827/html.bookmark>

(il semble qu'il y ait eu des discussions en 2012 au parlement Européen, mais je ne trouve pas de décision à ce sujet)

Normes européennes : présence maxima de radio-nucléides autorisée, en Bq/kg:

	Aliments pour enfants	Lait et produits laitiers	Autres aliments solides	Aliments liquides
Iode	100 Bq/kg	300 Bq/kg	2.000 Bq/kg	300 Bq/kg
Césiums	200	200	500	200
Strontium	75	125	750	125
Émetteurs Alpha (plutonium)	1	1	10	1

Ces niveaux semblent actuellement concerner essentiellement les aliments importés du Japon. Mais ces chiffres fluctuent en fonction du temps ...et de la pression des citoyens

Le niveau normal de ces radio nucléides est ZÉRO

Les autorités autorisent donc l'importation d'aliments « faiblement » contaminés.

Ce ne sont pas des normes "prudentes" car **si tous les aliments sont contaminés à ces valeurs et pour une durée de plusieurs mois, on peut rapidement dépasser la dose efficace de 1 mSv pour l'année en cours**

Normes Japonaises au 01 Avril 2012 pour les aliments présence maximale dans les aliments pour les Césiums

100 Bq/kg pour les aliments en général

50 Bq/kg pour le lait et aliments pour enfants

10 Bq/l pour l'eau

Plus de détails sur le site du ministère de la santé japonais: [voir ici](#) [et encore ici](#)

<http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/index.html>

http://www.mhlw.go.jp/english/topics/2011eq/dl/new_standard.pdf

Noter que ces niveaux sont plus bas que les niveaux autorisés européens !

Pour obtenir l'irradiation totale subie:

il faut tenir compte

- Que plusieurs aliments contaminés sont susceptibles d'être consommés chaque jour de l'année
- Qu'il faut ajouter l'irradiation externe qui dépend beaucoup de l'endroit où on habite, de ses activités

Il ne faut pas dépasser 1mSv pour l'année.

NB: le niveau d'irradiation en ville à Fukushima est en décembre 2012 de 0,8 μ Sv/heure (en croissance depuis 6 mois). Cela fait déjà 7mSv par an.

Auxquels il faut donc rajouter l'irradiation par contamination alimentaire, par les poussières On est loin du 1mSv/an recommandé.



La balise de la Préfecture de Fukushima

[Voir l'article](#)

<http://fukushima-diary.com/2012/12/graph-radiation-level-has-been-increasing-since-180-days-ago-in-fukushima-city/>

Hydrogène - radiolyse

La radiolyse est la décomposition de la matière par des rayonnements ionisants. Cela concerne l'eau mais aussi les métaux, le béton, etc... soumis à un rayonnement intense.

D'où vient cet hydrogène tant redouté de ceux qui travaillent dans les ruines des réacteurs de Fukushima?

Il provient de la radiolyse, la décomposition de l'eau de refroidissement (et de la vapeur qui va aux turbines) en hydrogène et hydroxyde (H et OH) sous l'effet du rayonnement nucléaire intense.

Conséquences :

Explosion possible par recombinaison de l'hydrogène et de l'oxygène (les explosions des bâtiments réacteurs du Fukushima dai ichi)

Corrosion des métaux de la cuve, des multiples canalisations du réacteur. Dégradation des canalisations, des soudures, des vannes, etc...

La radiolyse a un effet sur les formes chimiques des radioéléments libérés dans l'environnement: Iode 131, Césiums. On en connaît mal les conséquences sur les organismes vivants.

Voir l'article de Wikipedia: [Radiolyse](http://fr.wikipedia.org/wiki/Radiolyse) - <http://fr.wikipedia.org/wiki/Radiolyse>

Corium

Le corium ne se forme que lors d'accidents nucléaires catastrophiques tels ceux de Three Mile Island, de Tchernobyl, ou de Fukushima.

C'est le combustible nucléaire fondu par manque de refroidissement, associé à divers éléments du cœur avec lequel il entre en contact (gainés, barres, tuyauteries, supports, etc).

Il forme une sorte de "lave" très chaude (~3 000°C) capable de percer des cuves en acier, de traverser des mètres de béton.

Contrairement à la lave d'un volcan qui finit par se refroidir, le corium continue à émettre de la chaleur pendant des décennies, en raison de la désintégration des produits de fission.

Personne ne peut s'en approcher sous peine de mort rapide tant l'émission radioactive est puissante.

Les techniciens ne savent toujours pas exactement, un an et demi après l'accident, où sont les coriums issus des cœurs fondus des 3 réacteurs de Fukushima.

[Détails sur Wikipedia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Corium) : <https://fr.wikipedia.org/wiki/Corium>

Une sélection de Livres et articles pour s'informer plus avant:



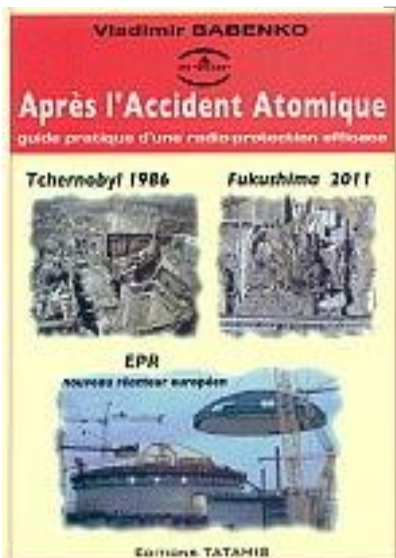
Le rapport de la commission d'enquête indépendante sur l'accident nucléaire de Fukushima

Le résumé traduit en français

merci aux traducteurs bénévoles :

Pierre Fetet et l'équipe du blog Fukushima.over-blog

Cliquer sur l'image pour le télécharger, ou aller à:
ddata.over-blog.com/xxxyyy/4/37/62/00/rapports/Rapport-NAIIC-V3.pdf



Après l'Accident Atomique

Guide pratique d'une radio-protection efficace

Par **Vladimir BABENKO**, Editions Tatamis

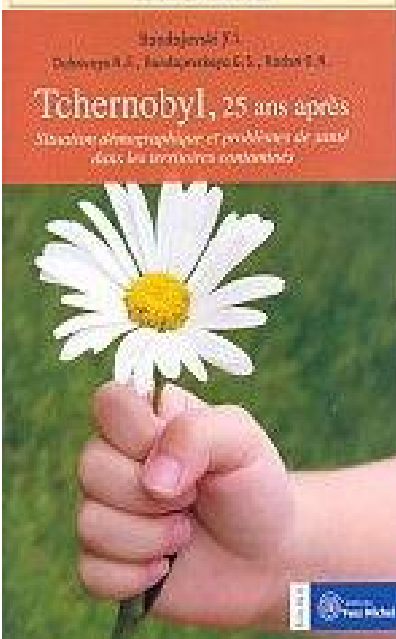
Une synthèse de l'expérience acquise par les médecins qui travaillent sur les terrains contaminés par Tchernobyl.

Ce petit livre a été conçu pour les familles et les maîtres d'école de Biélorussie.

On y apprend «ce qu'est la radioactivité, comment elle agit sur la santé des humains, comment s'y soustraire, comment vivre dans un territoire contaminé, comment protéger ses enfants de ses effets meurtriers»

Un petit livre très clair, à 7,60 €. Disponible en librairie (et par internet)

Espérons que nous n'en aurons jamais besoin en Europe occidentale...



TCHERNOBYL 25 ans après

Situation démographique et problèmes de santé dans les territoires contaminés.

Par **Youri Bandajevski et collaborateurs**

5€ en librairie - éditions Yves Michel



De retour de la zone interdite de Fukushima (ville de Futaba)

18 février 2012

par **Janick MAGNE** une française qui vit au Japon
Compte-rendu d'une visite dans la ville de FUTABA

[A voir ici](#)

<http://janickmagne.blog.lemonde.fr/2012/03/02/225/>

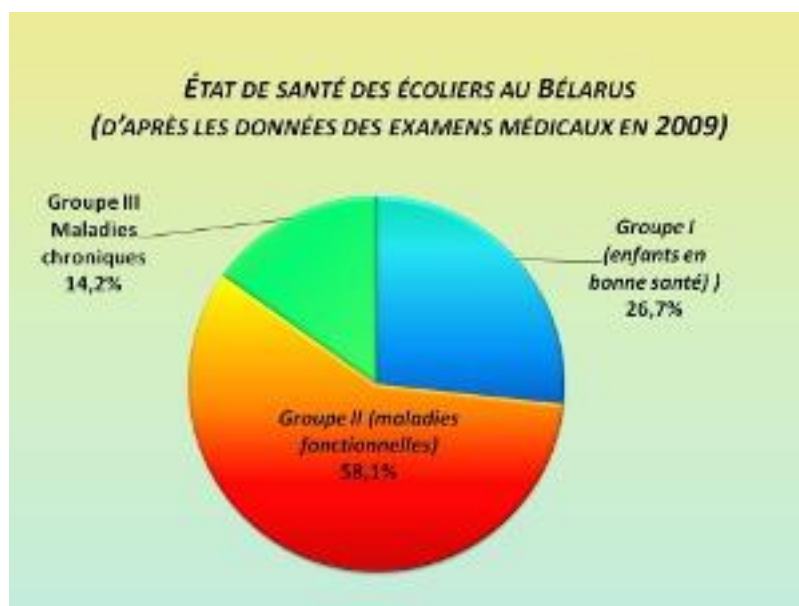
La réponse du Dr Michel FERNEX

à un article du journal Mainichi Daily - 30 novembre 2012

[A télécharger ici](#): ou :

http://www.vivre-apres-fukushima.fr/gm-documents/texte_Fernex.pdf

26 ans après, la santé des enfants de Tchernobyl est mauvaise et continue de se dégrader



La communication du **Dr Galina Bandajevskaya** (Belarus) pédiatre, cardiologue, au forum de Genève du 12 Mai 2012 sur la santé des enfants au Belarus.

Pour le lire:

cliquer sur l'image ou utiliser le lien ci dessous:

<http://www.vivre-apres-fukushima.fr/gm-documents/banda-mai-2012.pdf>

Mauvaise santé des adolescents au Belarus

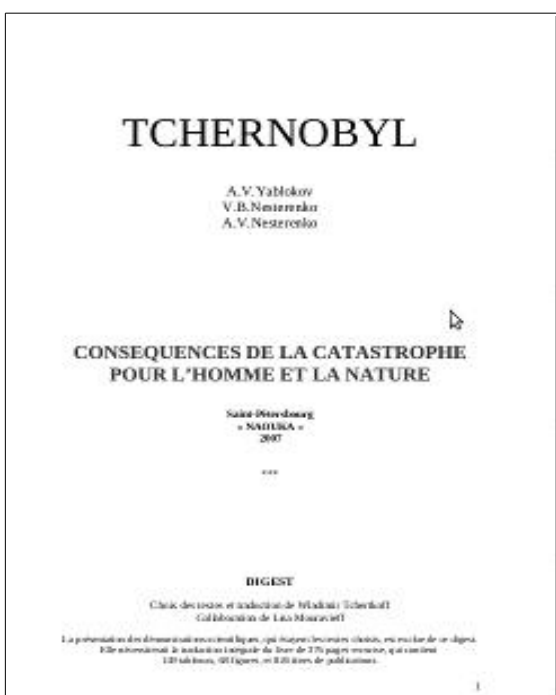
Un communiqué du Fonds des nations Unies pour la Population (2006)

[A lire ou télécharger ici](#)

ou à l'adresse ci-dessous

http://www.vivre-apres-fukushima.fr/gm-documents/Morbidite_ado_Belarus.pdf

TCHERNOBYL: CONSÉQUENCES DE LA CATASTROPHE POUR L'HOMME ET LA NATURE.



Alexei V. Yablokov, Vassili B. Nesterenko, Alexei V. Nesterenko

Saint-Petersbourg - « NAOUKA » 2007

Cet ouvrage est le plus complet panorama critique des publications médicales et biologiques consacrées aux conséquences de la catastrophe de Tchernobyl pour les habitants et pour la nature dans les territoires contaminés par les retombées radioactives (principalement au Bélarus, en Ukraine et en Russie).

En janvier 2010, l'Académie des sciences de New York (NYAS) a publié le recueil le plus complet de données scientifiques concernant la nature et l'étendue des dommages infligés aux êtres humains et à l'environnement à la suite de l'accident de Tchernobyl. Cet ouvrage met à la disposition du lecteur une grande quantité d'études collectées dans les pays les plus touchés : la Biélorussie, la Russie et l'Ukraine.

Les auteurs estiment que les émissions radioactives du réacteur en feu ont atteint dix milliards de curies, soit deux cents fois les retombées des bombes atomiques lancées sur Hiroshima et Nagasaki ; que le nombre de décès à travers le monde attribuables aux retombées de l'accident, entre 1986 et 2004, est de 985 000, un chiffre qui a encore augmenté depuis cette date. Des 830 000 « liquidateurs » intervenus sur le site après les faits, 112 000 à 125 000 sont morts.

Le livre a été traduit partiellement en français.

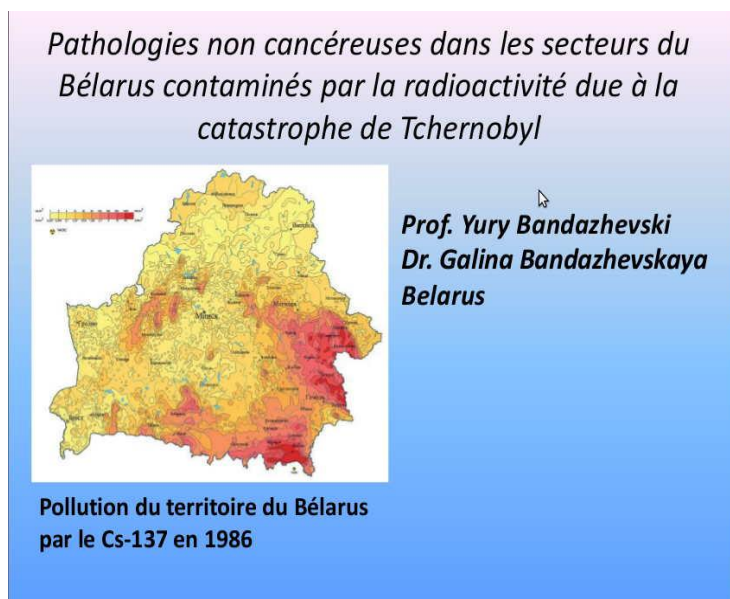
Pour le charger, cliquer sur l'image

http://www.vivre-apres-fukushima.fr/gm-documents/LIVRE_Yablokov.pdf

Le texte complet en anglais et le résumé sont sur [chernobyl-day](http://www.chernobyl-day.org)

<http://www.chernobyl-day.org/article/tchernobyl-consequences-de-la>

Pathologies non cancéreuses dans les secteurs du Bélarus contaminés par la radioactivité due à la catastrophe de Tchernobyl



2009 - **Prof. Yury Bandazhevski
Dr. Galina Bandazhevskaya**

La contamination nucléaire chronique ne provoque pas que des cancers. Elle provoque aussi une multitude de pathologies, surtout cardio-vasculaires.

Pour lire:

Cliquer sur l'image

ou aller ici:

http://www.vivre-apres-fukushima.fr/gm-documents/BANDAJEVSKI_2009_VF.pdf

«Situation écologique, problème démographique et santé des populations au Bélarus et dans les pays voisins, y compris dans états membres de l'union européenne»

Centre International de Recherche Scientifique "Écologie et Santé"

Professeur Youri Bandajevsky, Université Mykolas Romeris, Lituanie.

Yuri.by375@gmail.com

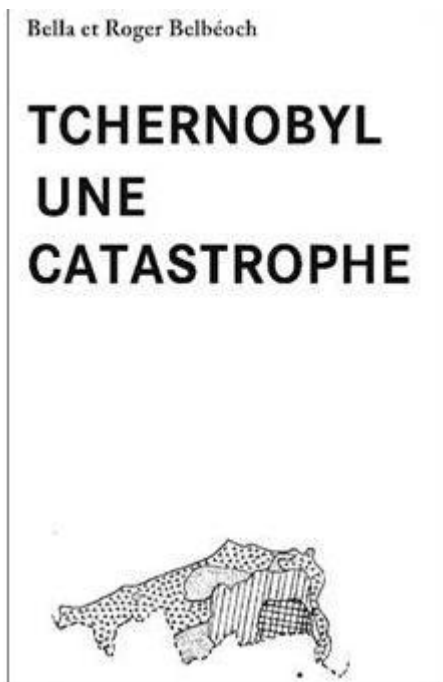
...«Tout d'abord, il est nécessaire de prendre en compte les essais nucléaires effectués par l'URSS, qui ont provoqué, depuis les années 1960, la pollution par des éléments radioactifs, d'immenses territoires du Bélarus, de la Lituanie, de la Lettonie, de l'Estonie, de l'Ukraine, de la Russie. N'ayant jamais été informées du facteur d'irradiation existant, les populations de ces pays ne pouvaient donc en aucune manière se protéger de son influence.»

...«Vingt-deux ans après l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl, les habitants de la République du Bélarus, parce qu'ils vivent dans les territoires contaminés par des éléments radioactifs et consomment ces radionucléides depuis longtemps, sont exposés au risque de contracter des maladies cardiovasculaires et des cancers.»...

[Lire ou télécharger](#)

ou à l'adresse:

http://www.vivre-apres-fukushima.fr/gm-documents/eco_demo_sante_Belarus.pdf



Tchernobyl, une catastrophe

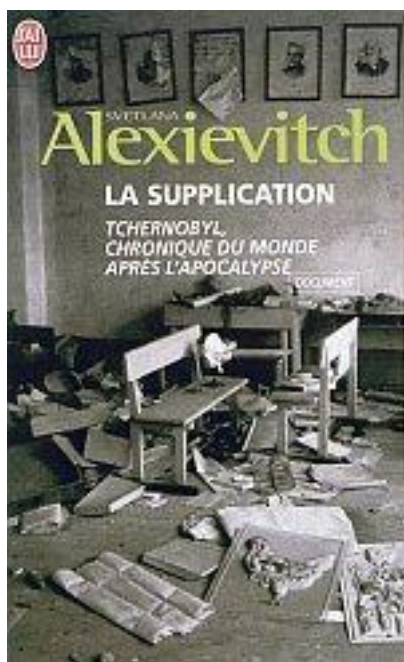
Bella et Robert Belbeoch, physiciens

Une étude historique bien informée sur la catastrophe de Tchernobyl, sa gestion, ses conséquences.

Longtemps introuvable, il vient d'être réédité:

editeur La lanterne – 15€ environ

ISBN: 2954069600



LA SUPPLICATION

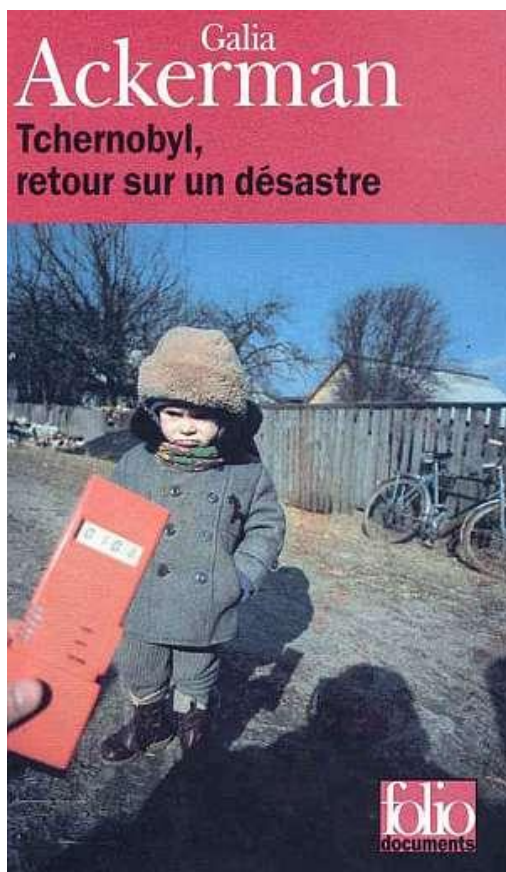
Tchernobyl, chronique du monde après l'apocalypse
Svetlana Alexievitch, écrivain et journaliste biélorusse

10 ans après la catastrophe l'auteur donne la parole à des habitants, des liquidateurs, des ingénieurs, d'anciens responsables locaux.

En librairie

Fukushima,récit d'un désastre

Un voyage dans un pays ravagé par le Tsunami puis interdit à cause des radiations
par **Michaël Ferrier**. Gallimard, 18,50 €



TchernoByl, retour sur un désastre

Galia Ackerman - Folio documents ISBN 978-2-07-034092-7

Historienne, journaliste, chercheur associé au laboratoire LASAR de l'université de Caen qui étudie les aspects sociaux de la catastrophe de TchernoByl. Elle s'est rendue en Russie, Ukraine et en Biélorussie, et a consulté l'abondante documentation disponible en russe. Elle a rencontré des acteurs politiques et scientifiques de premier ordre, ainsi que des témoins pour retracer de bout en bout l'histoire du «dernier grand chantier soviétique»...

Le crime de TchernoByl

Wladimir Tchertkoff - Éditions Actes Sud – 2006 – ISBN 978-2-7427-6042-8 / AS3330

Les auteurs de ce livre sont les victimes de la catastrophe de TchernoByl survenue le 26 avril 1986, dont l'auteur a enregistré les voix dans leurs villages du nord de l'Ukraine et dans les forêts du sud du Biélorussie. Des millions de paysans pauvres qui mangent quotidiennement du césium 137 avec leurs aliments. Ce sont aussi ces jeunes mères contaminées qui deviennent sans le savoir source de poison pour les nouvelles vies qui se forment en elles. Ce sont ces enfants condamnés qui, s'ils naissent apparemment sains, grandissent mal, car ils se nourrissent de radionucléides matin, midi et soir...

Sans danger immédiat ? l'avenir de l'humanité sur une planète radioactive

Rosalie Bertell - Éditions La Pleine Lune – 1988 – ISBN-13: 978-2-89024-046-9

Pourquoi après Winscale (Sellafield), Three Mile Island et TchernoByl, les autorités publiques affirment-elles toujours que les radiations de faibles intensité sont "sans danger immédiat" pour la santé publique ?

Pourquoi les chercheurs qui tentent de mesurer les retombées de cette technologie se heurtent-ils constamment au secret militaire ?

Nous savons tous qu'une guerre nucléaire pourrait entraîner la disparition de l'espèce humaine, mais ce que nous savons moins, c'est qu'aujourd'hui, nous faisons face à cette menace, que cette guerre ait lieu ou non. L'industrie électronucléaire et celle de l'armement sont à l'œuvre. On peut déjà noter leurs effets néfastes sur la santé et sur le patrimoine génétique de l'espèce humaine.

Dans cet ouvrage remarquable et très bien documenté, Rosalie Bertell retrace l'histoire du développement de l'industrie nucléaire civile et révèle des faits qui ont été délibérément dissimulés au grand public. La vérité contribuera peut-être à nous faire bouger avant qu'il soit trop tard.