



**Les normes relatives à la contamination radioactive  
des denrées alimentaires en Europe et au Japon:  
un nombre calculé de morts par irradiation**

**Un rapport de foodwatch, basé sur une expertise de  
Thomas Dersee et Sebastian Pflugbeil  
(Société allemande de radioprotection)**

**En collaboration avec la section allemande de l'Association  
internationale des médecins pour la prévention de la guerre  
nucléaire (IPPNW).**

Berlin, septembre 2011

## Table des matières

<b>PRÉFACE</b>	<b>4</b>
<b>IDÉES ET REVENDICATIONS</b>	<b>5</b>
<b>1. SYNTHÈSE</b>	<b>9</b>
<b>2. RISQUES POUR LA SANTÉ LIÉS À LA CONSOMMATION D'ALIMENTS CONTAMINÉS</b>	<b>10</b>
2.1. AUCUNE VALEUR LIMITE N'EST PARFAITEMENT SÛRE	10
2.2. BRÈVE PRÉSENTATION DES PRINCIPAUX RADIONUCLÉIDES	11
2.3. RAYONNEMENT NATUREL ET RADIONUCLÉIDES ARTIFICIELS	13
<b>3. NORMES ACTUELLES CONCERNANT LA CONTAMINATION RADIOACTIVE DES ALIMENTS</b>	<b>14</b>
3.1 CONTEXTE POLITIQUE DES NORMES ACTUELLES	14
3.2 NORMES ACTUELLES EN ALLEMAGNE, EN EUROPE ET AU JAPON	16
3.3 NORMES ACTUELLES EN UKRAINE ET EN BIELORUSSIE (VOIR ANNEXE 1, TABLEAUX 1-4)	19
<b>4. RISQUES POUR LA SANTE LIES AUX NORMES ALIMENTAIRES ACTUELLES</b>	<b>21</b>
4.1 LE DÉCRET ALLEMAND RELATIF À LA RADIOPROTECTION	21
4.2 L'UNION EUROPEENNE	21
4.2.1 IRRADIATION DE LA THYROÏDE PAR LA CONSOMMATION D'ALIMENTS ATTEIGNANT LES NIVEAUX MAXIMAUX EUROPEENS	21
4.2.2 DOSES EFFICACES DE RAYONNEMENT APRES AVOIR CONSOMME DES ALIMENTS ATTEIGNANT LES NIVEAUX MAXIMAUX EUROPEENS	22
4.2.3 LÉSIONS RADIO-INDUITES DUES A LA CONSOMMATION D'ALIMENTS ATTEIGNANT LES NIVEAUX MAXIMAUX EUROPEENS	23
4.3 LE JAPON	24
4.3.1 IRRADIATION DE LA THYROÏDE	25
4.3.2 DOSES EFFICACES DE RAYONNEMENT APRES AVOIR CONSOMME DES ALIMENTS JAPONAIS	25
<b>5. NORMES APPLICABLES DANS LE CADRE DU DECRET ALLEMAND RELATIF A LA RADIOPROTECTION</b>	<b>27</b>
<b>6. CONCLUSIONS</b>	<b>30</b>
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>TABLEAU 1: SÉLECTION DE RADIONUCLÉIDES PRÉSENTS DANS UNE CENTRALE NUCLÉAIRE</b>	<b>12</b>
<b>TABLEAU 2: NORMES ACTUELLES POUR L'IMPORTATION DE DENRÉES ALIMENTAIRES EN PROVENANCE DU JAPON</b>	<b>18</b>

## **Annexe 1**

<b>TABLEAU 1:</b> NIVEAUX MAXIMAUX POUR LES RADIONUCLÉIDES DANS LES ALIMENTS ET L'EAU POTABLE EN UKRAINE	<b>32</b>
<b>TABLEAU 2:</b> NORMES POUR LE CÉSIUM 137 ET LE STRONTIUM 90 DANS LES ALIMENTS ET L'EAU POTABLE (RDU-99) EN RÉPUBLIQUE DE BIÉLORUSSIE	<b>33</b>
<b>TABLEAU 3:</b> NORMES ALIMENTAIRES DÉFINIES PAR LE RÈGLEMENT EURATOM DE 1987	<b>33</b>
<b>TABLEAU 4:</b> COMPARAISON DES NORMES RELATIVES À LA TENEUR EN RADIONUCLÉIDES DES ALIMENTS	<b>34</b>

## **Annexe 2**

<b>CONCEPTS ET UNITÉS DE MESURE</b>	<b>35</b>
<b>LES AUTEURS</b>	<b>39</b>

## Préface

Les substances radioactives qui continuent de s'échapper des réacteurs de la centrale japonaise de Fukushima présentent des risques importants pour les hommes et l'environnement. Bien qu'il n'y ait malheureusement pas d'informations fiables sur l'ampleur de la contamination radioactive, une chose est sûre: les Japonais seront, pendant plusieurs décennies encore, exposés aux radiations à travers les aliments qu'ils consomment.

Après un accident nucléaire tel que celui de Fukushima ou de Tchernobyl, l'absorption de radionucléides comme le césium 137 par les aliments représente à long terme la principale voie d'exposition. Les valeurs limites et les niveaux maximaux définis par les pouvoirs publics concernant la présence de radionucléides dans les denrées alimentaires visent à protéger contre le risque d'irradiation; leur importance est donc essentielle.

La catastrophe nucléaire de Fukushima a, comme avant elle l'explosion du réacteur de Tchernobyl, soulevé la question de savoir si les normes en vigueur garantissaient une bonne protection des citoyens. Pour répondre à cette question, foodwatch a chargé Thomas Dersee et Sebastian Pflugbeil de la Société allemande de radioprotection de réaliser une expertise. Le présent rapport est publié en collaboration avec la section allemande de l'Association internationale des médecins pour la prévention de la guerre nucléaire (IPPNW).

Le rapport présente, en plus du rapport d'expertise de Thomas Dersee et de Sebastian Pflugbeil sur lequel il repose, une synthèse ainsi que les grandes conclusions des organisations participantes.

L'un des principaux constats du rapport est qu'il n'existe aucun seuil de contamination « sûr » : la définition de n'importe quelle valeur limite implique celle d'un nombre prévisible de morts par irradiation. Par conséquent, l'étude conclut que les normes alimentaires en vigueur, que ce soit en Europe ou au Japon, sont loin d'être assez strictes et que des centaines de morts sont consciemment tolérées. Si la contamination radioactive des denrées alimentaires n'atteignait que 5 % des niveaux maximaux actuellement admissibles, on devrait s'attendre, dans un pays comme l'Allemagne, à un surcroît d'au moins 7 700 décès par an. Ce chiffre ne prend pas encore en compte les effets radio-induits tels que les maladies chroniques de la thyroïde ou du pancréas.

Le présent rapport souhaite alimenter un débat ouvert sur les normes en vigueur dans l'UE et contribuer à lutter contre l'idéologie portée par les gouvernements et l'industrie nucléaire selon laquelle ces normes auraient un fondement scientifique et protégeraient les hommes. Foodwatch et la section allemande de l'Association internationale des médecins pour la prévention de la guerre nucléaire (IPPNW) réclament une réduction drastique des valeurs limites actuelles de l'UE afin d'améliorer de façon significative la protection de la santé des populations. Ces organisations sont néanmoins conscientes que les nouvelles valeurs limites proposées impliquent également l'acceptation d'un certain nombre de morts par irradiation. Il est aussi suggéré au gouvernement japonais d'abaisser considérablement les niveaux maximaux actuellement admissibles au Japon.

foodwatch e.V. et la section allemande de l'Association internationale des médecins pour la prévention de la guerre nucléaire (IPPNW).

Septembre 2011

## Idées et revendications

### Les normes européennes et japonaises actuelles ne protègent pas les populations et impliquent un grand nombre de morts par irradiation

- Suite à un accident nucléaire, l'absorption par les aliments de radionucléides tels que le césium 137 représente à long terme la principale voie d'exposition. Les valeurs limites et les niveaux maximaux définis par les autorités concernant la présence de radionucléides dans les aliments sont destinés à protéger contre le risque d'irradiation ; leur importance est donc essentielle.
- Les normes de radioprotection actuellement en vigueur dans l'UE et au Japon exposent les populations à des risques inutilement élevés pour la santé. En supposant que la population allemande consomme exclusivement des aliments contenant la dose maximale admissible en Europe (c'est-à-dire actuellement les valeurs limites prévues pour les produits importés du Japon), les enfants et les jeunes recevraient une dose efficace de rayonnement de 68 mSv par an et les adultes une dose de 33 mSv. Le Décret allemand relatif à la radioprotection préconise, en cas de fonctionnement normal des centrales nucléaires, une dose individuelle maximale de 1 mSv par an pour toutes les voies d'exposition. En ne consommant que des aliments atteignant les niveaux maximaux admissibles, les enfants et les jeunes recevraient donc une dose de rayonnement 68 fois supérieure à la dose préconisée. Si seulement 2 % des aliments consommés atteignaient les niveaux maximaux, la dose efficace de rayonnement dépasserait déjà la dose limite de 1 mSv.
- En utilisant les méthodes de calcul de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), on peut établir que la consommation exclusive d'aliments atteignant les niveaux maximaux admissibles causerait chaque année quelque 150 000 décès. Selon d'autres méthodes de calcul, elle pourrait en entraîner bien plus. En supposant que l'ensemble de la population allemande consomme des aliments ne contenant que 5 % des doses maximales de matières radioactives actuellement admissibles pour les aliments importés du Japon, on devrait encore s'attendre à au moins 7 700 décès par an. À cela s'ajoute un large éventail de maladies et d'effets génétiques.
- Certains autres pays ont fixé des valeurs limites moins élevées et garantissent donc une meilleure protection de la santé. Les normes en vigueur en Ukraine et en Biélorussie sont même bien plus strictes et ont été régulièrement renforcées au cours des dernières années. Dans ces deux pays, la valeur limite pour le césium 137 dans les produits laitiers s'élève par exemple à 100 Bq/kg, contre 370 Bq/kg dans l'UE et 200 Bq/kg au Japon.

### Le système normatif actuel n'est ni cohérent ni transparent

- Après la catastrophe de Fukushima, la Commission européenne a mis en vigueur certaines parties d'un règlement qui avait été préparé en cas de catastrophe mais n'avait pas encore été appliqué. Cependant, les normes de contamination radioactive prévues pour les produits alimentaires importés du Japon y étaient moins strictes que celles en vigueur avant la catastrophe de Fukushima, et même que celles en vigueur au Japon. La Commission est donc revenue sur sa décision et a revu à la baisse les valeurs limites appliquées aux produits alimentaires importés du Japon.
- Les contradictions du système normatif européen n'ont pas pour autant complètement disparu. Il est notamment permis de commercialiser des produits provenant d'autres pays tiers que le Japon et étant plus contaminés que les mêmes produits importés du Japon, puisqu'ils ne relèvent pas des réglementations européennes introduites exclusivement pour les importations japonaises. Par conséquent, des produits japonais qui ne peuvent pas être importés directement du Japon pourraient tout de même être commercialisés en Europe en étant importés d'autres pays tiers que du Japon.

### **Les normes en vigueur servent des intérêts économiques**

- Le niveau bien trop élevé des valeurs limites européennes et japonaises s'explique par le fait que les organisations qui influencent leur fixation, notamment l'Euratom et la CIPR, sont dominées par l'industrie nucléaire et les radiologues. Dans un accord entré en vigueur il y a plus de 50 ans, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a confié à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) la tâche de définir les effets sur la santé d'une exposition à des substances radioactives. L'objectif déclaré de l'AIEA est la diffusion et la promotion de l'énergie nucléaire. Les conséquences pour la santé de la catastrophe de Tchernobyl ont donc été évaluées par l'AIEA et non par l'OMS. Dans le cas de Fukushima, l'OMS ne joue pas non plus un rôle dominant dans l'appréciation des risques pour la santé et de leur prévention.

### **Les normes actuelles sont en désaccord avec le droit européen et les principes internationaux**

- L'article 191 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE) présente le « principe de précaution » comme un élément constitutif de la politique environnementale européenne. En raison d'intérêts économiques, les valeurs limites en vigueur sont pourtant inutilement élevées, ce qui va à l'encontre de l'idée d'une protection de la santé basée sur la prévention.
- Les normes actuelles ne respectent pas le principe de minimisation des expositions qui a été introduit il y a déjà longtemps par la Commission internationale pour la radioprotection, qui s'est imposé à l'échelle internationale et qui est au fondement de la loi allemande sur la radioprotection (Art. 6 du Décret allemand relatif à la radioprotection). Le principe de minimisation implique que toute exposition à des doses de rayonnement inutiles doit être évitée.

### **Aucune valeur limite n'est parfaitement sûre**

- Les hommes sont exposés à un certain niveau de rayonnement. Il est en effet impossible d'échapper au rayonnement cosmique et tellurique, au rayonnement interne dû à la présence de potassium 40 dans le corps humain, au gaz radon issu de la désintégration de l'uranium et à ses produits de désintégration. Pour un adulte vivant en Allemagne, ces différentes expositions correspondent en moyenne à 2,1 mSv par an. En raison de l'utilisation médicale des rayonnements ionisants, l'exposition aux radiations augmente encore en moyenne de 1,8 mSv par an.
- À cette exposition s'ajoute une contamination radioactive artificielle résultant des activités humaines telles que les essais nucléaires atmosphériques au siècle dernier ou l'exploitation des centrales nucléaires. Les radionucléides présents dans les aliments, comme le césium 137, n'existent pas dans la nature. Ils sont produits artificiellement dans des réacteurs nucléaires. À la suite d'accidents nucléaires tels que ceux de Tchernobyl et de Fukushima, de grandes quantités de ces radionucléides ont été libérées dans l'atmosphère et représentent désormais une exposition de plus pour les hommes.
- Les valeurs limites fixées par les pouvoirs publics concernant la présence de radionucléides dans les denrées alimentaires sont censées protéger la santé des populations. Mais contrairement à ce qui vaut pour les substances chimiques toxiques, il n'existe ici aucun seuil au-dessous duquel la radioactivité ne serait pas dangereuse. Aucune dose de contamination radioactive ne peut donc être qualifiée d'« inoffensive » ou de « sans risque ». En définissant des valeurs limites ou des niveaux maximaux, on détermine ainsi un nombre de malades et de morts qui paraît acceptable.
- Il n'existe par conséquent aucun niveau maximal « sûr », même lorsque le gouvernement fédéral allemand souligne par exemple que les normes définies prennent en compte le

« principe fondamental de la radioprotection selon lequel il faut minimiser autant que possible toute contamination radioactive ».<sup>1</sup> Même la plus petite dose de radionucléides dans les aliments peut causer des maladies et des décès. La formulation absurde « minimiser autant que possible » décrit bien l'attitude des pouvoirs publics : en recourant à des valeurs limites, ils sapent le principe de minimisation.

## **Il est nécessaire d'introduire des normes plus strictes pour protéger la population**

- Les réglementations relatives à la contamination radioactive des aliments doivent avant tout viser à protéger la santé de la population. Comme la définition d'une valeur limite implique nécessairement un certain nombre de maladies et de décès, la protection de la santé devra toujours prévaloir sur les intérêts commerciaux et économiques. Une réduction drastique des valeurs limites actuelles est nécessaire pour réduire les risques pour la santé.
- Pour ce faire, on a choisi comme référence la dose efficace maximale de 0,3 mSv par an que préconise la loi allemande sur la radioprotection en cas de fonctionnement normal des centrales nucléaires, pour les rejets de substances radioactives dans l'air et dans l'eau. Des normes alimentaires acceptables doivent garantir que cette dose efficace de 0,3 mSv par an ne sera pas dépassée – en se basant sur la composition isotopique des retombées radioactives de Fukushima. Les doses efficaces supérieures à cette limite impliquent un nombre plus élevé de victimes humaines « évitables » et doivent donc être refusées. Les doses limites européennes doivent par conséquent être abaissées à 8 becquerels de césium total pour les aliments destinés aux nourrissons et à 16 becquerels de césium total pour toutes les autres denrées alimentaires. Actuellement, ces doses s'élèvent à 370 becquerels de césium total pour les aliments destinés aux nourrissons et les produits laitiers (200 becquerels pour les produits importés du Japon) et à 600 becquerels pour les autres denrées alimentaires (500 becquerels pour les produits importés du Japon).<sup>2</sup>
- En vertu du principe de précaution, une contamination des aliments à l'iode 131 ne peut en aucun cas être acceptée. Cette tolérance zéro est nécessaire compte tenu de la demi-vie relativement courte de cet isotope (huit jours) : au cours de la période allant jusqu'à sa désintégration, les aliments contaminés à l'iode 131 ne doivent pas être consommés. De nombreux aliments contaminés pourront être stockés (ou congelés) jusqu'à la désintégration de cet isotope puis consommés ensuite (s'ils ne sont pas contaminés par d'autres radionucléides).
- Au Japon non plus, les normes en vigueur n'assurent pas une protection suffisante de la santé. Nous invitons le gouvernement japonais à abaisser considérablement les niveaux maximaux admissibles afin d'assurer une protection acceptable de la santé.

---

<sup>1</sup> Bundestag allemand, document 17/5720, réponse donnée par le gouvernement fédéral à la petite question posée par les députés Ulrike Höfken, Nicole Maisch, Bärbel Höhn et d'autres députés ainsi que par le groupe parlementaire Bündnis 90/die Grünen (Alliance 90/Les Verts) – document 17/5596 – Radioaktiv verstrahlte Lebensmittel aus Japan (Les aliments japonais ayant subi une contamination radioactive).

<sup>2</sup> Cela correspond à des valeurs limites de 4 et 8 becquerels en utilisant le césium 137 comme radionucléide de référence. Les auteurs de l'étude présentée dans le rapport utilisent le césium 137 comme radionucléide de référence pour mesurer la contamination radioactive (comme ils le justifient en détail dans l'étude), car ils ont jugé que les évaluations basées sur le « césium total » présentaient certains inconvénients. Avec le mesurande « césium total », la teneur en strontium augmente par exemple avec le temps en raison de la plus rapide désintégration du césium 134, ce qui a des conséquences pour la santé. De plus, la division entre « aliments pour nourrissons » et « aliments pour enfants et adultes » n'est pas adaptée. Jusqu'à l'âge de 17 ans, les enfants et les jeunes sont bien plus sensibles aux doses d'irradiation que les adultes, et ils ont donc besoin d'une protection particulière. Comme le mesurande « césium total » est utilisé dans les normes européennes, la réduction des valeurs limites requise dans le présent rapport, pour des raisons pratiques, l'emploie également.

- Même avec des normes plus strictes, des morts par irradiation seraient à prévoir. Même si la population allemande ne consommait que des aliments lui permettant de ne pas dépasser la dose individuelle maximale de 0,3 mSv par an, il y aurait encore un surcroît d'au moins 1 200 décès par an. En admettant que seulement 5 % de cette dose soit atteinte, il y aurait encore au moins 60 décès de plus par an. La réduction requise des valeurs limites représenterait néanmoins une amélioration très significative de la protection des hommes contre les conséquences d'une irradiation. Le fait qu'il est impossible, quel que soit le niveau des valeurs limites choisi, d'éviter des morts par irradiation devrait cependant suffire à remettre en cause le fonctionnement des centrales nucléaires et la construction de nouvelles installations.

### **Un système normatif cohérent, valable aussi bien en temps normal qu'en cas d'incident**

- Outre la réduction nécessaire des valeurs limites à un niveau assurant une protection acceptable de la santé, il convient de mettre enfin un terme au « chaos normatif » qui règne dans l'UE. Autrement dit, il ne doit pas exister plusieurs systèmes parallèles prévoyant des normes différentes pour différents pays, et les mêmes normes doivent être appliquées aussi bien en temps normal qu'en cas d'incident afin d'assurer à tout moment la meilleure protection de la santé possible.

## 1. Synthèse

1. Suite à une catastrophe nucléaire, l'absorption de radionucléides contenus dans les aliments représente à long terme la principale voie d'exposition. En réaction à la catastrophe nucléaire survenue dans la ville japonaise de Fukushima, la Commission européenne a tout d'abord introduit de nouvelles normes moins contraignantes pour les denrées alimentaires importées du Japon, pour la plupart moins strictes que les normes appliquées dans ce pays. L'UE a ainsi inutilement permis l'importation d'aliments contaminés qui n'étaient même plus autorisés à la consommation au Japon. Une fois que cela s'est ébruité, les normes ont été « provisoirement » alignées sur celles en vigueur au Japon. Les valeurs limites européennes sont également jusqu'à cinq cents fois plus élevées que celles qui sont appliquées depuis des années en Ukraine et en Biélorussie suite à la catastrophe de Tchernobyl.
2. En établissant de telles normes, on détermine un certain nombre de morts par irradiation pour les populations européenne et japonaise. L'article 47 de l'actuel Décret allemand relatif à la radioprotection préconise, en cas de fonctionnement normal des installations nucléaires et pour les « rejets de substances radioactives dans l'air ou dans l'eau », une contamination individuelle maximale de 0,3 mSv par an. En consommant exclusivement des aliments solides et liquides dont les teneurs en radionucléides atteignent les niveaux maximaux admissibles en Europe, cette valeur limite est très largement dépassée : elle est multipliée par 276 pour les enfants et par 110 pour les adultes.
3. En considérant les normes européennes actuellement en vigueur et l'éventuelle exposition des enfants à environ 80 mSv par an qu'elles impliquent, on peut supposer qu'un surcroît d'enfants compris entre 400 et 4 000 par an pour 100 000 enfants mourra plus tard d'un cancer radio-induit. Les adultes, qu'une telle alimentation expose potentiellement à 33 mSv par an, pourraient connaître un surcroît de cancers mortels compris entre 165 et 1 650 par an pour 100 000 personnes.
4. La définition de telles normes alimentaires par les gouvernements japonais et européens coûte la vie à de nombreuses personnes. Il convient de noter que le concept de « dose efficace » utilisé prend en compte uniquement le nombre de cancers mortels et non celui de malades qui est plus élevé. Suite à la catastrophe de Tchernobyl, on a ainsi enregistré une forte augmentation non seulement des cas de cancer mais aussi des maladies somatiques, telles qu'un affaiblissement du système immunitaire, un vieillissement prématuré, des maladies cardiovasculaires chez des personnes jeunes, des maladies chroniques de l'estomac, de la thyroïde et du pancréas (diabète sucré), ainsi qu'une nette augmentation des troubles neuropsychiatriques, génétiques et tératogènes dus à l'exposition à de faibles doses de rayonnement. Ces éléments sont également ignorés par les gouvernements.

## 2. Risques pour la santé liés à la consommation d'aliments contaminés

### 2.1. Aucune valeur limite n'est parfaitement sûre

De manière générale, il n'existe pas de valeur seuil au-dessous de laquelle la radioactivité ne causerait aucun dommage. C'est l'avis général que défend la communauté scientifique depuis des décennies. Le Décret allemand relatif à la radioprotection, dans ses dispositions relatives au calcul des doses de rayonnement, part également du principe qu'il existe une relation linéaire entre la dose reçue et les effets induits, même pour de très faibles doses de rayonnement.<sup>3</sup> Les plus petites doses de rayonnement ne sont pas « inoffensives » ou « sans risque ».

Les doses de rayonnement exprimées en sievert (Sv) servent à évaluer les effets néfastes d'une exposition aux radiations et les lésions radio-induites. En définissant des valeurs limites ou des niveaux maximaux, on détermine un nombre de malades et de morts – de victimes humaines – qui paraît acceptable. Contrairement à ce qui vaut pour les substances chimiques toxiques, le niveau de la dose, pour des faibles doses de rayonnement (jusqu'à quelques dizaines de mSv), ne dit rien de la gravité potentielle des maladies qui en découlent et laisse seulement supposer un possible nombre de malades au sein d'un groupe de personnes irradiées. La « dose efficace » ne prend quant à elle en compte que les décès. Le nombre de malades est plus élevé puisque la maladie n'entraîne pas toujours la mort. La personne qui tombe malade du cancer développe pleinement la maladie. Mais dans un groupe de personnes irradiées, on ne sait pas qui tombera malade. On dit alors que les effets radio-induits sont « stochastiques » et non « déterministes », comme c'est le cas pour les doses de rayonnement plus élevées dont le niveau est proportionnel à la gravité de la pathologie aiguë que le malade développe. Quand on déclare qu'il n'y a « aucun danger immédiat », cela signifie simplement qu'il n'y a aucun danger de pathologie aiguë. Cependant, il peut tout à fait y avoir un risque plus élevé d'effets stochastiques (cancer, leucémie, etc.). L'absence de « danger immédiat » ne signifie donc en aucun cas qu'il faille lever l'alerte.

Le principe de minimisation s'applique : il convient d'absorber aussi peu de radioactivité que possible. Et le respect des normes européennes ne garantit pas l'absence de risques pour la santé.

Après la catastrophe de Tchernobyl, des experts indépendants ont donc conseillé, sur la base des dispositions du Décret allemand relatif à la radioprotection de 1976 alors en vigueur, d'autoriser la consommation d'aliments dont l'activité totale en césium n'excède pas entre 30 et 50 becquerels par kilogramme pour les adultes et entre 10 et 20 becquerels par kilogramme pour les enfants et les femmes enceintes et qui allaitent. Dans leurs calculs, les experts se sont basés sur une proportion de 50 % de césium 134 et de 1 % de strontium 90 rapportée à l'activité en césium 137 dans les denrées alimentaires, et ils n'ont pas pris en compte le plutonium. La teneur réelle en strontium dans les aliments était cependant plus élevée, comme des études de la station berlinoise de mesure des radiations l'ont montré après Tchernobyl. En raison de ces incertitudes sur les bases d'évaluation, on a alors généralement recommandé de ne plus dépasser 5 becquerels par kilogramme d'activité totale en césium pour l'alimentation des enfants.<sup>4</sup>

Selon les analyses actuellement disponibles sur le Japon, la distribution des différents radionucléides provenant des retombées de Fukushima dans les aliments est différente de celle observée en Allemagne après la catastrophe de Tchernobyl ; avec une proportion plus élevée de césium 134 à plus courte durée de vie, elle est plus dangereuse. Ce constat invite également à réévaluer les risques liés aux radiations.

---

<sup>3</sup> Décret d'application des directives Euratom sur la radioprotection (*Strahlenschutzverordnung - StrlSchV*) du 20 juillet 2001 (BGBl. I p. 1714), révisé le 22 avril 2002 (BGBl. I p. 1459), amendé par l'art. 3 de la loi du 13 décembre 2007 (BGBl. I p. 2930), puis par l'art. 2 de la loi du 26 août 2008 (BGBl. I p. 1793).

<sup>4</sup> Strahlentelex 11/1987 du 18.06.1987

## 2.2. Brève présentation des principaux radionucléides

Suite à une catastrophe nucléaire, l'absorption de radionucléides contenus dans les aliments représente à long terme la principale voie d'exposition. Les radionucléides à demi-vie longue doivent faire l'objet d'un suivi particulier, mais tous ne sont pas suffisamment pris en considération. Le césium 137 et le césium 134, en raison de leurs niveaux de rayonnement gamma lors de la désintégration radioactive, sont facilement identifiables. Ils sont donc utilisés comme « radionucléides de référence » ou « radionucléides indicateurs » qui indiquent le niveau de contamination radioactive. C'est aussi pour des raisons physiologiques qu'il convient d'accorder une attention particulière au strontium 90, tout comme à l'iode 131 qui a certes une durée de vie relativement courte mais qui est aussi plus dispersé avec une concentration initialement élevée. Enfin, le plutonium a une demi-vie particulièrement longue et est particulièrement radiotoxique.

### L'iode radioactif

L'iode est un oligo-élément essentiel chez presque tous les êtres vivants. Il sert au maintien des fonctions cellulaires et à la formation des hormones thyroïdiennes. L'iode 131 libéré lors de la combustion nucléaire prend la place de l'iode naturel dans l'organisme et est stocké en grande quantité dans la thyroïde. Après la catastrophe de Tchernobyl, les premiers effets particulièrement frappants de l'irradiation se sont ainsi traduits par une forte augmentation des troubles de la fonction thyroïdienne et par une forme particulièrement dangereuse du cancer de la thyroïde à la fois chez les enfants et chez les adultes.<sup>5</sup>

### Le césium radioactif

Depuis les premiers essais nucléaires aériens, on peut déceler la présence de césium 137 chez tous les êtres vivants. En 1959 et 1964, on a constaté dans l'organisme des mammifères des pics de concentration pouvant être jusqu'à huit fois plus élevés que les taux de césium 137 enregistrés en 1962. Il a été démontré que près de 100 % de la radioactivité absorbée par le corps l'était par voie alimentaire, et que la proportion de césium par rapport au potassium, qui est chimiquement similaire, dans le corps était en moyenne deux fois plus élevée que la même proportion dans les aliments. Malgré une demi-vie biologique de seulement 100 jours environ dans le corps humain, le césium radioactif est donc lui aussi, dans certaines limites, stocké dans l'organisme. Les cellules musculaires, en particulier, préfèrent le césium au potassium. Habituellement, la plus forte activité en césium se trouve dans les muscles, suivis par le foie, le cœur, la rate, les organes sexuels, les poumons et le cerveau.<sup>6</sup>

### Le strontium

Le strontium 90 est un émetteur bêta pur et ne devient donc radiotoxique qu'une fois qu'il a été ingéré. Chimiquement similaire au calcium, il est incorporé à sa place dans la substance fondamentale osseuse. De là, il irradie la moelle osseuse rouge qui fabrique les cellules sanguines. En raison de sa longue demi-vie biologique (de nombreux mois à de nombreuses années), le strontium – contrairement au césium radioactif – s'accumule progressivement et constitue ainsi un potentiel de danger considérable, même si les aliments ingérés n'en contiennent que quelques traces. Ses facteurs de dose officiels témoignent de son importante toxicité radioactive puisqu'ils sont environ 10 fois supérieurs à ceux du césium radioactif, alors que leurs énergies de désintégration sont identiques. Le rayonnement de particules à haute énergie provenant de la désintégration du strontium 90 touche principalement la moelle osseuse rouge. Des troubles de la formation du sang et du système immunitaire ainsi que des leucémies peuvent en découler.<sup>7</sup>

<sup>5</sup> Lengfelder, E., Demidschik, E., Demidschik, J., Becker, K., Rabes, H. et Birukowa, L.: 10 Jahre nach der Tschernobyl-Katastrophe: Schilddrüsenkrebs und andere Folgen für die Gesundheit in der GUS. Münchener Medizinische Wochenschrift 138 (15), p. 259-264 (1996)

<sup>6</sup> Jacqueline Burkhardt, Erich Wirth, Bundesgesundheitsamt, Institut für Strahlenhygiene, ISH-Heft 95, sept. 1986. Voir aussi Strahlentelex 39 du 18.08.1988, p. 2,5.

<sup>7</sup> Roland Scholz : Bedrohung des Lebens durch radioaktive Strahlung. IPPNW Studienreihe, Band 4, 1997.

## Le plutonium

Le plutonium est l'une des substances les plus dangereuses produites par les hommes – aussi bien en ce qui concerne sa radiotoxicité que son utilisation pour la production d'armes nucléaires. La radiotoxicité du plutonium est bien plus importante que sa toxicité chimique qui est comparable à celle des autres métaux lourds. Lorsqu'il est inhalé, le plutonium nucléaire a de fortes chances de provoquer un cancer du poumon.

Le plutonium nucléaire est constitué, en termes de masse, de 50 à 60 % de plutonium 239, de plus de 20 % de plutonium 240 et d'environ 15 % de plutonium 241. Le plutonium 238 ne représente que quelque 2 %. En raison des demi-vies différentes des isotopes du plutonium, leurs parts relatives à la masse ne correspondent cependant pas à leurs parts relatives à l'activité. En termes d'activité, le plutonium 241 est en tête avec 98 %, suivi du plutonium 238 avec 1,6 %, du plutonium 239 avec 0,25 % et du plutonium 240 avec 0,32 %. Les désintégrations alpha ont une importance particulière d'un point de vue radiologique. Sous sa forme difficilement soluble, le plutonium 238 (par exemple l'oxyde de plutonium) passe beaucoup plus rapidement du poumon dans les os et le foie et y atteint des concentrations plus élevées que le plutonium 239. Dans les modèles de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), tous les isotopes du plutonium sont pourtant traités de la même manière.<sup>8</sup>

La chaîne alimentaire incorpore surtout des composés plus solubles, tels que le nitrate de plutonium, que les plantes absorbent mieux dans le sol que les composés difficilement solubles. En revanche, lors de l'ingestion d'aliments, la plupart des composés difficilement solubles sont éliminés plus rapidement. Parce que le plutonium du sol y est relativement fortement fixé, seule une faible quantité est absorbée par les plantes. Par conséquent, le corps absorbe le plutonium en grande partie par l'inhalation de très fines particules en suspension.

**Tableau 1:** Demi-vies, modes de désintégration et produits de désintégration de certains radionucléides présents dans les centrales nucléaires<sup>9</sup>

Radionucléide	Demi-vie	Mode de désintégration	Produits de désintégration
H3 (tritium)	13,32 ans	β-	He3 (stable)
I131	8,02 jours	β-	Xe131 (stable)
I134	52,5 minutes	β-	Xe134 (stable)
Cs137	30,17 ans	β-	Ba137 (stable)
Cs134	2,06 ans	β-	Ba134 (stable)
Xe133	5,25 jours	β-	Cs133 (stable)
Kr85	10,76 ans	β-	Rb85 (stable)
Sr90	28,78 ans	β-	Y90 → Zr90 (stable)
Sr89	50,53 jours	β-	Y89 (stable)
Te129m	33,6 jours	β-	I129 → Xe129 (stable)
Fe55	2,73 ans	Capture ε, γ	Mn55 (stable)
Pu238	87,7 ans	α	U234 → Th230 → ...
Pu 239	24110 ans	α	U235 → Th231 → ...
Pu241	14,35 ans	β-	Am241 → ...
Am241	432,3 ans	α	Np237 → ...

<sup>8</sup> Contestation de la constitutionnalité de l'utilisation du plutonium, Strahlentelex 35/1988 (par Steinberg, R., S. de Witt, demande déposée auprès de la Cour constitutionnelle fédérale concernant Dr. H.-J. et 179 autres membres du Bundestag allemand. Francfort-sur-le-Main./Freibourg, 21.04.1988, PR. n° 2424.87.T. ; Kuni, H. : Die Gefahr von Strahlenschäden durch Plutonium, Marburg 15.12.1987 ; Splieth, B., Strahlenbelastung durch Plutonium: Alte und neue Abschätzungsverfahren, Symposium über die Wirkung niedriger Strahlendosen auf den Menschen, Univers. Marburg 27.02.1988).

<sup>9</sup> Strahlentelex 590-591 du 04.08.2011, p. 4

### 2.3. Rayonnement naturel et radionucléides artificiels

Nous sommes inévitablement exposés à un certain niveau de rayonnement. Il est impossible d'échapper au rayonnement cosmique et tellurique, au rayonnement interne dû à la présence de potassium 40 dans le corps humain, au gaz radon issu de la désintégration de l'uranium et à ses produits de désintégration. Toutefois, ce « rayonnement naturel de fond » n'est pas une grandeur absolue, et nous pouvons par exemple réduire les rayonnements cosmiques que nous recevons en prenant moins l'avion. L'uranium et ses produits de désintégration deviennent encore plus dangereux par l'action de l'homme, par exemple avec l'exploitation minière, car ils peuvent ainsi être plus facilement absorbés par les aliments, l'air et l'eau. Le concept de « rayonnement naturel de fond » n'est en outre pas clairement défini. Aux États-Unis, on a ainsi l'habitude d'y inclure les substances radioactives libérées par une centrale nucléaire s'il n'a pas diminué de nouveau après un an.<sup>10</sup>

Pour un adulte habitant en Allemagne, les sources de rayonnement naturel représentent une exposition d'environ 2,1 mSv par an en moyenne. En raison de l'utilisation médicale des rayonnements ionisants, cette exposition augmente encore en moyenne de 1,8 mSv par an. Ces chiffres, tirés des rapports sur la radioactivité de l'environnement et la pollution radioactive de l'Office fédéral allemand de radioprotection (BFS), sont à peu près constants depuis de nombreuses années.

Contrairement par exemple au potassium qui est un élément naturel essentiel à la vie, à concentration presque constante dans le corps humain, et dont seul un atome sur 10 000 est radioactif (l'isotope 40 qui se désintègre avec une demi-vie de 1,28 milliard d'années), les radionucléides tels que le césium 137 et le césium 134 n'existent pas dans la nature. Ces radionucléides sont produits artificiellement dans les réacteurs nucléaires. Leur rejet au cours d'accidents nucléaires entraîne une exposition supplémentaire aux radiations. Les retombées liées aux essais nucléaires aériens effectués jusqu'au milieu des années 1960 contenaient en plus du strontium 90 dans des proportions comparables au césium 137. Avant la catastrophe nucléaire de Tchernobyl, on comptait en Europe environ 1 000 becquerels de césium 137 par mètre carré au sol. En raison des retombées de Tchernobyl, ce chiffre est passé à environ 4 000-5 000 becquerels dans le nord de l'Allemagne et la région de Berlin et à plus de 40 000 dans le sud de l'Allemagne et la région de Munich.<sup>11</sup>

Le plutonium est également un élément chimique produit artificiellement qui n'existe quasiment pas dans la nature. On le trouve uniquement dans les minerais d'uranium datant de l'ère primaire, à l'état de traces, à raison d'un atome pour mille milliards d'atomes. À l'échelle de la croûte terrestre, cela représente entre 2 et 3 grammes au total. Mais les hommes ont produit des tonnes de plutonium, en particulier à des fins militaires. Avec les essais nucléaires aériens effectués jusqu'au milieu des années 1960, on estime que jusqu'à 6 tonnes de plutonium 239 se sont dispersées à la surface de la terre.<sup>12</sup>

<sup>10</sup> Rosalie Bertell : Keine akute Gefahr? Goldmann 1987, p. 39.

<sup>11</sup> Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz Berlin (éd.) Umweltatlas Berlin, Radioaktivität im Boden (Cäsium-134 und Cäsium-137), mars 1992 ; E. Lengfelder : Strahlenwirkung – Strahlenrisiko, Daten, Bewertung und Folgerungen aus ärztlicher Sicht, Karten, ecomed 1990

<sup>12</sup> Contestation de la constitutionnalité de l'utilisation du plutonium, Strahlentelex 35/1988 (par Steinberg, R., S. de Witt, demande déposée auprès de la Cour constitutionnelle fédérale concernant Dr. H.-J. et 179 autres membres du Bundestag allemand. Francfort-sur-le-Main./Freibourg, 21.04.1988, PR. n° 2424.87.T. ; Kuni, H. : Die Gefahr von Strahlenschäden durch Plutonium, Marburg 15.12.1987 ; Splieth, B., Strahlenbelastung durch Plutonium : Alte und neue Abschätzungsverfahren, Symposium über die Wirkung niedriger Strahlendosen auf den Menschen, Univers. Marburg 27.02.1988).

### 3. Normes actuelles concernant la contamination radioactive des aliments

#### 3.1 Contexte politique des normes actuelles

Une des conséquences juridiques tardives de la catastrophe nucléaire de Tchernobyl a été l'adoption de la Loi allemande sur la prévention en matière de radioprotection (*Strahlenschutzvorsorgegesetz*), entrée en vigueur au début de l'année 1987. On a ensuite assisté à une centralisation des mesures de sécurité en cas de catastrophe. L'évaluation des données et la fixation de nouvelles doses limites ont notamment été placées sous l'entière responsabilité du ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sûreté nucléaire. L'exposé des motifs du projet de loi du 29 septembre 1986 précisait ainsi que « les recommandations contradictoires des autorités fédérales et régionales [seraient] en principe exclues ».<sup>13</sup>

La Communauté européenne aussi souhaitait se préparer à la prochaine catastrophe nucléaire. Le 23 janvier 1987, la Commission européenne a soumis au Conseil de la Communauté européenne une recommandation préparée par un « groupe ad hoc d'experts indépendants hautement qualifiés ».<sup>14</sup> Le projet de « système de contrôle de l'exposition » reposait sur le principe selon lequel « les coûts pour la société et les risques liés à l'introduction de certaines contre-mesures ne doivent pas dépasser les coûts et les risques occasionnés pour empêcher l'exposition aux radiations ».<sup>11</sup>

Le principe de minimisation du Décret allemand relatif à la radioprotection a ainsi été remplacé par le principe ALARA préconisé par la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) : aussi bas que raisonnablement possible – as low as reasonably achievable.<sup>15</sup> Le terme « raisonnable » est ici déterminé par des considérations économiques. En 1973 et 1977, la CIPR a précisé sa position en expliquant qu'une analyse coût-bénéfice permettait d'évaluer ce qui était « raisonnablement possible ». En 1982, deux représentants de l'industrie nucléaire américaine ont publié dans la revue *Health Physics* des méthodes de calcul et des chiffres pour évaluer quantitativement les coûts sociaux de la pollution radioactive aux États-Unis.<sup>16</sup> Ils établissent le lien entre un « bénéfice » exprimé en dollars et les coûts des mesures de radioprotection correspondantes. Le coût d'une personne atteinte ou morte d'un cancer est ainsi estimé à 35 000 dollars en 1975 et à 100 000 dollars en 1988 en tenant compte de l'inflation. L'approche appliquée se résume ainsi : les coûts des mesures de radioprotection introduites et les coûts sociaux des effets sur la santé associés à la non-introduction de mesures de radioprotection devraient globalement être maintenus à un niveau aussi bas que possible.

En Europe également, la protection contre les rayonnements ionisants est depuis lors subordonnée à des critères économiques.<sup>17</sup> La première extension, jusqu'à l'automne 1987, des normes européennes de Tchernobyl a donc notamment été justifiée par le fait que « la réglementation n'a pas entraîné de difficultés importantes pour le commerce ».<sup>12</sup>

Les recommandations de la CIPR, sur lesquelles s'appuient les recommandations des comités nationaux et la législation en matière de radioprotection, traduisent des conflits d'intérêts.<sup>18</sup> La

<sup>13</sup> Traduction d'une citation reprise de Ernst Röblier dans : « Vorsorge » für den nächsten GAU, *Strahlentelex* 11/1987.

<sup>14</sup> Rapport des Communautés européennes du 23.01.1987

<sup>15</sup> Recommandation n° 9 de la CIPR du 17.09.1965. L'adaptation juridique du Décret allemand relatif à la radioprotection a eu lieu en 2001. Le principe de minimisation a été abrogé et des règles relatives au rejet de substances radioactives dans l'environnement ont été introduites.

<sup>16</sup> Paul G. Voillequé, Robert A. Pavlick : *Societal Cost of Radiation Exposure*, *Health Physics* Vol. 43, n° 3, p. 405-409, 1982 ; citation tirée ici de *Strahlentelex* 53/1989 : Tod und Leid mit 500 Millionen Dollar verrechnet.

<sup>17</sup> En outre, la révision du Décret allemand relatif à la radioprotection en 2001 a annulé le principe de minimisation en introduisant des règles relatives au rejet de substances radioactives dans l'environnement.

<sup>18</sup> Cf. Karl Z. Morgan, physicien et directeur du département de radioprotection au Laboratoire national d'Oak Ridge dans le Tennessee (USA), et membre de la CIPR de 1950 à 1971. Karl Z. Morgan : *Veränderungen wünschenswert – Über die Art und Weise, wie internationale Strahlenschutzempfehlungen*

direction de la CIPR est en effet sous l'autorité de la Société internationale de radiologie (*International Society of Radiology*, ISR) dont ses membres sont également issus. Les comptes rendus des débats de la CIPR font clairement apparaître que les recommandations relatives à la radioprotection ont toujours été formulées de telle manière à ne pas nuire aux avancées dans certains domaines importants. Elles sont régulièrement en retard de plusieurs années par rapport à l'évolution des connaissances scientifiques.<sup>19</sup>

L'Organisation mondiale de la santé (OMS), qui avait également un pouvoir normatif potentiel, a délégué son pouvoir de définition à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) dès mai 1958.<sup>20</sup> En 1957 déjà, l'OMS avait organisé une conférence sur les effets génétiques des radiations à laquelle des spécialistes du monde entier avaient participé.<sup>21</sup> Il y avait été recommandé d'étudier plus en profondeur les risques à long terme de l'augmentation de l'exposition aux radiations. En 1958, à la suite de cette conférence, l'OMS a été chargée d'organiser une autre conférence sur les « aspects de l'impact sur la santé mentale de l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire ». <sup>22</sup> Il y a été question de l'inévitabilité, dans l'ère nucléaire, de l'exposition aux radiations ainsi que des problèmes qui apparaîtraient dans la vie publique si l'on se préoccupait de manière excessive des effets de cette exposition sur la santé. Il a été proposé que les conséquences sanitaires ne soient pas entièrement rendues publiques. Le 28 mai 1958, l'AIEA et l'OMS ont ensuite signé un accord dans lequel les deux parties ont défini qu'« il appartient principalement à l'Agence internationale de l'Energie atomique d'encourager, d'aider et de coordonner dans le monde entier les recherches ainsi que le développement et l'utilisation pratique de l'énergie atomique à des fins pacifiques, sans préjudice du droit de l'Organisation mondiale de la Santé de s'attacher à promouvoir, développer, aider et coordonner l'action sanitaire internationale, y compris la recherche, sous tous les aspects de cette action » (article 1 de l'accord).

Depuis lors, l'AIEA se considère comme la gardienne des informations rendues publiques concernant les effets des rayonnements sur la santé, tandis qu'il revient à l'OMS de s'occuper des malades et de promouvoir la santé publique. L'OMS se voit imposer des restrictions supplémentaires à l'article 1, paragraphe 3 : « Chaque fois que l'une des parties se propose d'entreprendre un programme ou une activité dans un domaine qui présente ou peut présenter un intérêt majeur pour l'autre partie, la première consulte la seconde en vue de régler la question d'un commun accord. » De toute évidence, l'AIEA considère ici qu'il revient à ses physiciens de prendre les décisions relatives aux recherches sur le rayonnement et la santé et que les informations qui pourraient nuire à son objectif de promouvoir l'énergie nucléaire doivent être passées sous silence.

L'impact de cet accord est devenu particulièrement évident après la catastrophe de Tchernobyl, lorsque l'AIEA – et non pas l'OMS – s'est chargé d'évaluer les risques sanitaires. L'AIEA, s'appuyant sur la philosophie de la CIPR, a alors nié l'existence d'un quelconque lien entre les graves effets sur la santé constatés dans la population exposée et les radiations, et elle a seulement reconnu le cancer de la thyroïde chez les enfants comme un effet radio-induit.

« La radioprotection n'est pas un événement démocratique. » C'est la position que l'Association économique allemande Cycle du combustible nucléaire et technique nucléaire (WKK) a exprimée en septembre 2009 à Berlin. Le directeur général de cette association a alors déclaré qu'il ne fallait pas interpréter la radioprotection « optimale » de la population comme une réduction maximale des expositions aux rayonnements, mais qu'il existait toujours des considérations économiques. Dr. Bernd Lorenz, représentant de la Société de services nucléaires (*Gesellschaft für Nuklear-Service GmbH*, GNS) d'Essen, a délivré le même message à l'attention

---

verfasst werden. Gesellschaft für Strahlenschutz, Berichte des Otto Hug Strahleninstitutes Bonn, n° 6/1993, p. 3-12.

<sup>19</sup> Wolfgang Köhnlein : Der nationale und internationale Strahlenschutz : die ICRP – ihre Aktivitäten und Empfehlungen, Teil I und II, Medizin - Umwelt - Gesellschaft 12 2/99, p. 157-162 et 3/99 p. 244-252.

<sup>20</sup> Schutz der Strahlen gegen Schutz vor Strahlung: Interessenkonflikt zwischen IAEA und WHO. Strahlentelex 316-317/2000.

<sup>21</sup> OMS, Effects of Radiation on Human Heredity, 1957.

<sup>22</sup> OMS, Service des rapports techniques, 1958.

« des cercles autorisés dans le domaine de la réglementation sur la radioprotection », et il a aussi exprimé le désir de « continuité et de stabilité » du lobby industriel. Il travaillait autrefois à l'Autorité chargée de la sûreté nucléaire et de la radioprotection de la RDA et, depuis la réunification allemande, il défend la cause des opérateurs de centrales nucléaires. Il est aussi « membre observateur » de la CIPR et membre de l'organisation des exploitants européens de centrales nucléaires (ENIS-G). Selon ses propres déclarations, sa position daterait de la publication CIPR 26 lorsque, en RDA également, le principe de minimisation a été remplacé par celui d'« optimisation » de la radioprotection et que la valeur de l'homme a été estimée à 30 000 marks par homme-sievert (réduction de l'exposition). Les recommandations de la CIPR, toujours selon Bernd Lorenz, se seraient après tout inspirées de la devise « continuité et stabilité » (publication CIPR 103 de 2007). Les lois s'appuyant sur l'ancienne recommandation 60 de la CIPR, datant de 1990, ne devraient donc pas être modifiées. Les valeurs limites pourraient également rester inchangées. Au-dessous des doses indicatives ou des doses limites fixées, les optimisations en matière de radioprotection seraient « affreuses », car elles repousseraient la limite entre les effets acceptables et inacceptables vers le bas. Le fait, en matière de radioprotection, de proclamer une protection de l'environnement en plus de la protection des hommes, comme la CIPR le recommanderait désormais, lui poserait en outre problème : « arrêtons de calculer les doses de rayonnement pour les animaux et les plantes », a-t-il déclaré. Il serait bien plus important de travailler à un processus d'optimisation dans le sens du principe ALARA, d'autant plus que la formulation « aussi bas que raisonnablement possible » pourrait facilement être utilisée de manière ambiguë suivant les intérêts du moment.<sup>23</sup>

### 3.2 Normes actuelles en Allemagne, en Europe et au Japon

Après la catastrophe nucléaire de Tchernobyl, les normes en vigueur en Allemagne concernaient uniquement la teneur en césium radioactif (césium 134 et césium 137) des aliments :<sup>24</sup>

370 becquerels par litre ou kilogramme	pour le lait, les produits laitiers et les préparations pour nourrissons
600 becquerels par litre ou kilogramme	pour tous les autres aliments

Dès 1987, la Communauté européenne a, « par mesure de précaution », défini des valeurs limites plus élevées. En cas de nouvelle grande catastrophe nucléaire, ces normes devaient entrer automatiquement en vigueur, sans tenir de nouvelles discussions ni alerter le public.<sup>25</sup> Plus tard, on a justifié le niveau élevé de ces valeurs limites par l'hypothèse que peut-être 10 % seulement des aliments consommés seraient contaminés à ce point.

Sans même que le ministère allemand de la protection des consommateurs ne l'annonce publiquement, la Commission européenne a ensuite appliqué ces nouvelles normes plus élevées, dans le règlement d'exécution du 25 mars 2011, à l'importation de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux en provenance du Japon.<sup>26</sup> Le strontium et le plutonium ne sont pas mentionnés dans ce règlement, les niveaux maximaux devant être contrôlés seulement pour l'iode 131, le césium 134 et le césium 137. En outre, le règlement ne s'applique pas à l'importation d'aliments en provenance d'autres pays tiers.

L'Union européenne a ainsi inutilement permis l'importation d'aliments contaminés qui n'étaient même plus autorisés à la consommation au Japon. Une fois que cette information s'est ébruitée et a donné lieu à des protestations, la Commission européenne et les États membres de l'UE ont convenu le 8 avril 2011 à Bruxelles, d'après un communiqué du ministère fédéral allemand de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la protection des consommateurs du même jour, de s'aligner sur les niveaux maximaux de contamination radioactive admissibles au Japon concernant l'importation dans l'UE de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux en

<sup>23</sup> Thomas Dersee : Strahlenschutz ist keine demokratische Veranstaltung. Colloque de l'Association économique allemande Cycle du combustible nucléaire et technique nucléaire (*Wirtschaftsverbandes Kernbrennstoff-Kreislauf und Kerntechnik e.V., WKK*) le 16 septembre 2009 à Berlin, Strahlentelex 546-547/2009, p. 7-8.

<sup>24</sup> Règlement européen 733/2008 : <http://bit.ly/hzdjsP>

<sup>25</sup> Règlement européen 3954/1987 : <http://bit.ly/g0DsJF> et règlement Euratom n° 779/90

<sup>26</sup> Règlement d'exécution 297/2011 : <http://bit.ly/hgigE9>

provenance de ce pays. Cette révision du règlement de Fukushima a été officiellement annoncée le 12 avril 2011<sup>27</sup> (voir tableau 2).

Les valeurs limites admissibles au Japon ont donc « provisoirement » remplacé les anciennes valeurs limites fixées par le règlement Euratom n° 779 de 1990. « Provisoirement » signifie que ces valeurs limites sont valables sous réserve qu'elles ne soient pas de nouveau rehaussées pour atteindre les valeurs limites de l'ancien règlement Euratom, si le Japon devait de son côté relever ses niveaux maximaux admissibles. Le règlement européen précise en outre que le niveau applicable aux produits concentrés ou séchés est « calculé sur la base du produit reconstitué prêt à la consommation. » Pour ces produits, le niveau admissible peut donc être encore plus élevé compte tenu de leur dilution ultérieure pour la consommation.

Pour les produits alimentaires en provenance de l'Allemagne et de l'Europe, les anciennes valeurs limites sont appliquées pour le césium radioactif : 370 becquerels par kilogramme pour le lait et les produits laitiers et 600 becquerels par kilogramme pour les autres aliments. Aujourd'hui encore – 25 ans après Tchernobyl –, ces valeurs limites sont dépassées dans certaines régions, en particulier pour les champignons sauvages, la viande de gibier (sanglier, chevreuil, cerf), la viande de mouton et les poissons prédateurs d'eau douce (perches, brochets, sandres).

---

<sup>27</sup> Règlement d'exécution (UE) n° 351/2011 de la Commission du 11 avril 2011 modifiant le règlement (UE) n° 297/2011 imposant des conditions particulières à l'importation de denrées alimentaires et d'aliments pour animaux originaires ou en provenance du Japon à la suite de l'accident survenu à la centrale nucléaire de Fukushima ; Journal officiel de l'Union européenne, L 97/20-23, 12 avril 2011.

**Tableau 2:** Normes actuelles pour l'importation de denrées alimentaires en provenance du Japon<sup>27</sup> en becquerels par kilogramme (Bq / kg)

	Aliments pour nourrissons et jeunes enfants	Lait et produits laitiers	Autres denrées alimentaires sauf liquides destinés à la consommation	Liquides destinés à la consommation
Somme des isotopes du strontium, en particulier le strontium 90	75	125	750	125
Somme des isotopes de l'iode, en particulier l'iode 131	100 <sup>(1)</sup> (avant 150) <sup>(2)</sup>	300 <sup>(1)</sup> (avant 500) <sup>(2)</sup>	2 000	300 <sup>(1)</sup> (avant 500) <sup>(2)</sup>
Somme des isotopes du plutonium et de transplutoniens à émission alpha, en particulier le plutonium 239 et l'américium 241	1	1 <sup>(1)</sup> (avant 20) <sup>(2)</sup>	10 <sup>(1)</sup> (avant 80) <sup>(2)</sup>	1 <sup>(1)</sup> (avant 20) <sup>(2)</sup>
Somme de tous les autres nucléides avec une demi-vie supérieure à 10 jours, en particulier le césium 134, le césium 137, à l'exception du carbone 14 (C14) et du tritium (H3)	200 <sup>(1)</sup> (avant 400) <sup>(2)</sup>	200 <sup>(1)</sup> (avant 1 000) <sup>(2)</sup>	500 <sup>(1)</sup> (avant 1250) <sup>(2)</sup>	200 <sup>(1)</sup> (avant 1 000) <sup>(2)</sup>

(1) « Afin d'assurer la cohérence avec les seuils de contamination actuellement en vigueur au Japon, ces valeurs remplacent provisoirement les valeurs fixées dans le règlement (Euratom) n° 3954/87 du Conseil. »<sup>27</sup>

(2) Valeurs limites du règlement Euratom n° 779 de 1990.<sup>25</sup> Celles-ci ont été remplacées par les valeurs limites japonaises avec le règlement d'exécution (UE) n° 351/2011 de la Commission du 11 avril 2011.<sup>27</sup>

**Niveaux maximaux pour les aliments pour animaux en Bq/kg**

Somme du césium 134 et du césium 137	500 « Afin d'assurer la cohérence avec les seuils de contamination actuellement en vigueur au Japon, cette valeur remplace provisoirement la valeur fixée dans le règlement (Euratom) n° 770/90 de la Commission. »
Somme des isotopes de l'iode, notamment l'iode 131	2 000 « Afin d'assurer la cohérence avec les seuils de contamination actuellement en vigueur au Japon, cette valeur remplace provisoirement la valeur fixée dans le règlement (Euratom) n° 770/90 de la Commission. »

† Remarque : Aucun seuil de contamination pour le strontium n'a été fixé au Japon.

### 3.3 Normes actuelles en Ukraine et en Biélorussie (voir Annexe 1, tableaux 1-4)

Après la catastrophe de Tchernobyl, ce n'est pas seulement la région autour de Tchernobyl mais toute l'Europe qui ont été amenées à réfléchir à l'utilisation des aliments contaminés par la radioactivité. Les pays ont réagi très différemment.

En Europe de l'Ouest, la destruction des produits agricoles et la limitation du commerce de denrées alimentaires aussi bien à l'intérieur des États qu'entre les différents pays européens ont donné lieu à une intense réflexion. Les pertes occasionnées devaient être nettement réduites ou complètement évitées lors de la prochaine catastrophe. L'argument officiel était que c'était là la seule façon d'assurer la sécurité de l'approvisionnement. La protection de la population contre les aliments contaminés était une préoccupation secondaire, passant après les pertes occasionnées à l'agriculture et au commerce. Les valeurs limites indiquées entre parenthèses dans le tableau précédent pour les isotopes du césium, le strontium 90, les émetteurs alpha et l'iode 131 sont jusqu'à aujourd'hui en « réserve » pour la prochaine catastrophe et peuvent donc, en cas de catastrophe, être mises immédiatement en vigueur sans mener de nouveaux débats parlementaires. La réaction à la catastrophe de Fukushima montre que les responsables politiques avaient prévu l'éventualité d'un incident en Europe plus qu'outre-mer.

Au lendemain de Tchernobyl, les autorités ukrainiennes et biélorusses ont défini d'autres priorités. L'idée était la suivante : étant donné que les contaminations radioactives difficilement évitables ou totalement inévitables (irradiation directe due aux sols contaminés, inhalation de poussières contaminées) seraient très importantes, toutes les autres contaminations, par exemple par voie alimentaire, devraient être réduites autant que possible.

Dans le cas de l'Ukraine, nous pouvons comprendre comment cette position a pu se développer au fil du temps. Quelques jours après la catastrophe de Tchernobyl, on introduisait une valeur limite de 3 700 becquerels par litre pour l'eau potable (sans référence à un radionucléide particulier) ; un mois plus tard, cette valeur passait à 370 Bq/l (activité bêta totale) ; la valeur limite pour le césium 137 a ensuite été fixée à 20 Bq/l à la fin de l'année 1987 et à 2 Bq/l 10 ans plus tard. Les niveaux maximaux admissibles pour les pommes de terre – un aliment de base essentiel dans la région – sont passés de 3 700 Bq/kg (activité bêta total) en 1986 à 70 Bq/kg pour le césium 137 aujourd'hui. Pour le pain, le niveau maximal est passé de 370 Bq/kg (activité bêta total) à 20 Bq/kg pour le césium 137. Pour les préparations pour nourrissons, la valeur limite actuellement en vigueur est de 40 Bq/kg pour le césium 137 et de 5 Bq/kg pour le strontium 90.

En Biélorussie, les valeurs limites pour l'eau potable sont, depuis le 26 avril 1999, de 10 Bq/l pour le césium 137 et de 0,37 Bq/l pour le strontium 90. Pour le lait, ces valeurs s'élèvent à 100 et 3,7 Bq/l. Les niveaux maximaux admissibles pour les pommes de terre, le pain et les aliments pour nourrissons concernant le césium 137 sont très proches de ceux en vigueur en Ukraine, et les niveaux admissibles pour les aliments pour nourrissons concernant le strontium 90 sont particulièrement bas en Biélorussie : 1,85 Bq/kg.

Après Tchernobyl, l'Ukraine et la Biélorussie ont introduit des normes alimentaires bien plus strictes que les normes européennes prévues aujourd'hui encore en cas de catastrophe nucléaire. C'est particulièrement vrai pour l'eau potable, mais aussi pour le lait, les légumes, les pommes de terre, le pain, les pâtisseries et les aliments pour nourrissons. Les valeurs limites aujourd'hui en vigueur en Ukraine et Biélorussie sont, en moyenne, comprises seulement entre un dixième et un soixantième des valeurs européennes pour le césium 137 et entre un quinzième et un deux centième pour le strontium 90. Pour l'eau potable, elles sont même comprises entre un soixantième et un cinq centième seulement (voir annexe 1, tableaux 4 à 7). Ces normes s'appliquent à des aliments de base consommés tous les jours. Les normes plus strictes appliquées en Ukraine et en Biélorussie n'ont apparemment pas entraîné de pénuries d'approvisionnement. Les denrées alimentaires sont bien contrôlées dans le cadre du commerce officiel. En revanche, le contrôle de leur commercialisation dans les marchés d'alimentation n'a eu qu'une efficacité limitée. Il est de plus inquiétant de constater qu'en raison de la pauvreté, beaucoup de personnes consomment des aliments qu'ils se fournissent par leurs propres

moyens. Il s'agit non seulement de villageois mais aussi d'urbains qui ramassent des champignons et des baies sauvages et font pousser des pommes de terre et du chou dans leurs « datchas » – sans réellement se soucier du niveau de contamination du sol.

En Biélorussie, l'idée s'était imposée chez les responsables politiques qu'il est économiquement plus efficace et moins coûteux de réduire autant que possible la dose collective d'irradiation, et donc ses effets sur la santé, en introduisant des normes alimentaires strictes. L'attitude des pays occidentaux est clairement différente : les niveaux maximaux plus élevés entravent certes moins le commerce mais ils entraînent nécessairement un plus grand nombre de tumeurs et d'autres maladies, avec l'augmentation des coûts de santé et les souffrances humaines qui lui sont associées.

L'une des conséquences absurdes de l'introduction de valeurs limites différentes en Ukraine et en Biélorussie d'un côté et en Allemagne (pour les isotopes du césium, 370 Bq par kilogramme ou par litre pour le lait et les produits laitiers et 600 Bq/kg pour les autres aliments) de l'autre est que de nombreux produits alimentaires n'ayant pas le droit d'être commercialisés en Ukraine et en Biélorussie peuvent être facilement vendus en Allemagne.

Il est peu probable qu'au Japon, les différences en termes d'habitudes alimentaires aient une quelconque influence sur la fixation des valeurs limites. Car les normes ont été fixées de manière générale pour différents types d'aliments. Les calculs de dose ne sont donc pas affectés par les habitudes alimentaires. La gestion des aliments contaminés en Ukraine et en Biélorussie témoigne en tout cas d'une plus grande préoccupation pour l'état de santé de la population que le règlement Euratom de 1987.

## 4. Risques pour la santé liés aux normes alimentaires actuelles

### 4.1 Le Décret allemand relatif à la radioprotection

Dans les calculs suivants, les dispositions actuelles du Décret allemand relatif à la radioprotection<sup>28</sup> sont utilisées afin de faciliter la compréhension et la comparaison. Les décrets relatifs à la radioprotection sont adoptés par le gouvernement fédéral allemand en vertu de la « Loi atomique » (Loi sur l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire et sur la protection contre les dangers de cette utilisation), avec l'accord du Bundesrat (chambre haute) mais sans participation du Bundestag (chambre basse). Ils transposent dans le droit national les recommandations de la Commission internationale de protection radiologiques (CIPR) et de l'Union européenne (UE) et définissent des règles de calcul juridiquement contraignantes pour les doses limites<sup>29</sup>. En 2001, le Décret relatif à la radioprotection a été refondu. Comme il contient les normes actuellement en vigueur, c'est sur lui que s'appuie le présent exposé. Il est pour la même raison judicieux d'en déduire aussi les normes de radioprotection qui pourraient être appliquées en situation normale (en l'absence de catastrophe nucléaire). L'utilisation de cette approche « classique » ne devra cependant pas être interprétée comme une marque d'approbation de la façon de penser et de l'imbricatio de chiffres de l'actuel Décret relatif à la radioprotection.

### 4.2 L'Union européenne

Pour les aliments importés du Japon dans les pays membres de l'Union européenne, les normes indiquées ci-avant dans le tableau 2 sont applicables. Pour les aliments importés de l'Allemagne, de l'Europe ou de tout autre pays, seules les normes indiquées dans la section 3.2. pour le césium radioactif sont applicables : 370 Bq/kg pour le lait et les produits laitiers et 600 Bq/kg pour tous les autres aliments.

#### 4.2.1 Irradiation de la thyroïde par la consommation d'aliments atteignant les niveaux maximaux européens

En supposant une alimentation uniquement à base de denrées atteignant les niveaux maximaux européens admissibles pour l'iode (tableau 2) ainsi que des niveaux moyens de consommation tels que ceux indiqués dans l'annexe VII, tableau 1, du Décret allemand relatif à la radioprotection de 2001, on obtient les doses à la thyroïde suivantes (par an):

pour un nourrisson (jusqu'à un an)	dose à la thyroïde de 760 mSv par an <sup>30</sup>
pour un jeune enfant de 1 à 2 ans	dose à la thyroïde de 1 390 mSv par an <sup>31</sup>
pour un enfant de 2 à 7 ans	dose à la thyroïde de 1 340 mSv par an <sup>32</sup>
pour un enfant de 7 à 12 ans	dose à la thyroïde de 750 mSv par an <sup>33</sup>

<sup>28</sup> Décret d'application des directives Euratom relatives à la radioprotection (*Strahlenschutzverordnung - StrlSchV*) du 20 juillet 2001 (BGBl. I p. 1714), révisé le 22 avril 2002 (BGBl. I p. 1459), amendé par l'art. 3 de la loi du 13 décembre 2007 (BGBl. I p. 2930), puis par l'art. 2 de la loi du 26 août 2008 (BGBl. I p. 1793).

<sup>29</sup> Quantité consommée en kg × concentration de radioactivité en Bq/kg × coefficient de dose selon recommandation de CIPR et définition du ministère fédéral allemand de l'Environnement du 23.07.2001 en Sv/Bq = dose en Sv ; 1 Sv = 1 000 mSv. Dans la langue bureaucratique du Décret allemand relatif à la radioprotection, E-6 correspond par exemple à l'écriture mathématique 10<sup>-6</sup> = 0,000001

<sup>30</sup> (145 kg/an × 100 Bq/kg + 45 kg × 300 Bq/kg + 80,5 kg × 2 000 Bq/kg + 55 kg × 300 Bq/kg) × 3,7E-6 Sv/Bq = 0,76 Sv = 760 mSv/an

<sup>31</sup> (160 kg/an × 300 Bq/kg + 154 kg/an × 2 000 Bq/kg + 100 kg/an × 300 Bq/kg) × 3,6E-6 Sv/Bq = 1,39 Sv/an = 1.390 mSv/an

<sup>32</sup> (160 kg/an × 300 Bq/kg + 280 kg/an × 2 000 Bq/kg + 100 kg/an × 300 Bq/kg) × 2,6E-6 Sv/Bq = 1,34 Sv/an = 1.340 mSv/an

pour un jeune de 12 à 17 ans	dose à la thyroïde de 560 mSv par an <sup>34</sup>
pour un adulte (plus de 17 ans)	dose à la thyroïde de 360 mSv par an <sup>35</sup>

L'article 47 du Décret allemand relatif à la radioprotection de 2001 préconise une dose maximale à la thyroïde de 0,9 mSv par an lorsque les centrales nucléaires fonctionnent normalement. En cas d'incident nucléaire, l'article 49 du même décret prévoit une dose maximale à la thyroïde de 150 mSv, ce qui correspond à une dose efficace de 7,5 mSv.<sup>36</sup> En supposant une consommation d'aliments atteignant les niveaux maximaux actuellement admissibles pour l'iode radioactif, ces doses limites sont très largement dépassées.

L'iode 131 a une demi-vie de 8,06 jours. Une fois que l'incendie des installations nucléaires de Fukushima a été éteint et que les émissions radioactives dans l'environnement ont cessé, il faut donc compter encore 7 demi-vies, soit presque 2 mois, pour que la quantité d'iode 131 soit réduite à moins de 1 % de sa quantité initiale. Compte tenu d'une quantité initiale de 2 000 becquerels, il faut compter encore environ 16 becquerels d'iode 131 après deux mois et attendre environ 11 demi-vies, soit 88 jours ou presque 3 mois, pour que l'activité de cet isotope de l'iode passe en dessous de 1 becquerel. Au moment de la rédaction de ce rapport, les réacteurs défectueux de Fukushima étaient encore actifs, si bien que de nouvelles émissions d'iode 131 n'étaient pas à exclure.

#### 4.2.2 Doses efficaces de rayonnement après avoir consommé des aliments atteignant les niveaux maximaux européens

Pour ce qui est des effets à long terme, il est particulièrement intéressant de se pencher sur les radionucléides à vie longue : le césium 134 avec une demi-vie de 2,06 ans, le césium 137 avec une demi-vie de 30,2 ans, le strontium 90 avec une demi-vie de 28,9 ans et le plutonium 239 avec une demi-vie de 24 400 ans.

Selon les résultats de mesure actuellement disponibles, les aliments japonais contiendraient à peu près autant de césium 137 que de césium 134. Sur cette base, et en prenant en compte à la fois les normes européennes en vigueur et les niveaux moyens de consommation indiqués dans l'annexe VII tableau 1 du Décret allemand relatif à la radioprotection de 2001, on obtient les doses efficaces suivantes (par an):

pour un nourrisson (jusqu'à un an)	dose efficace de 63 mSv par an <sup>37</sup>
pour un jeune enfant de 1 à 2 ans	dose efficace de 83 mSv par an <sup>38</sup>

<sup>33</sup>  $(170 \text{ kg/an} \times 300 \text{ Bq/kg} + 328,5 \text{ kg/an} \times 2\,000 \text{ Bq/kg} + 150 \text{ kg/an} \times 300 \text{ Bq/kg}) \times 1,6\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 0,75 \text{ Sv/an} = 750 \text{ mSv/an}$

<sup>34</sup>  $(170 \text{ kg/an} \times 300 \text{ Bq/kg} + 356 \text{ kg/an} \times 2\,000 \text{ Bq/kg} + 200 \text{ kg/an} \times 300 \text{ Bq/kg}) \times 6,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq} = 0,56 \text{ Sv/an} = 560 \text{ mSv/an}$

<sup>35</sup>  $(130 \text{ kg/an} \times 300 \text{ Bq/kg} + 350,5 \text{ kg/an} \times 2\,000 \text{ Bq/kg} + 350 \text{ kg/an} \times 300 \text{ Bq/kg}) \times 4,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq} = 0,36 \text{ Sv/an} = 360 \text{ mSv/an}$

<sup>36</sup> Conformément à l'annexe VI, partie C 2, du Décret allemand relatif à la radioprotection, la dose à la thyroïde a une pondération de seulement 5 %. Cette faible pondération a été justifiée par le fait que le cancer de la thyroïde se soignerait maintenant très bien.

<sup>37</sup>  $145 \text{ kg d'aliments pour bébés/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (2,1\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 2,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 75 \text{ Bq/kg} \times 2,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 1 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}6 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 100 \text{ Bq/kg} \times 1,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq I-131}] + 100 \text{ kg de lait et d'autres boissons/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (2,1\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 2,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 125 \text{ Bq/kg} \times 2,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 1 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}6 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 300 \text{ Bq/kg} \times 1,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq I-131}] + 80,5 \text{ kg d'autres aliments/an} \times [250 \text{ Bq/kg} \times (2,1\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 2,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 750 \text{ Bq/kg} \times 2,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 10 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}6 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 2\,000 \text{ Bq/kg} \times 1,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq I-131}] = 62,8 \text{ mSv/an}$

<sup>38</sup>  $260 \text{ kg de lait et de boissons/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,2\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 125 \text{ Bq/kg} \times 7,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 1 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 300 \text{ Bq/kg} \times 1,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq I-131}] + 154 \text{ kg d'autres aliments/an} \times [250 \text{ Bq/kg} \times (1,2\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 750 \text{ Bq/kg} \times$

pour un enfant de 2 à 7 ans	dose efficace de 78 mSv par an <sup>39</sup>
pour un enfant de 7 à 12 ans	dose efficace de 60 mSv par an <sup>40</sup>
pour un jeune de 12 à 17 ans	dose efficace de 58 mSv par an <sup>41</sup>
pour un adulte (plus de 17 ans)	dose efficace de 33 mSv par an <sup>42</sup>

Quand les installations nucléaires fonctionnent normalement, en raison des « rejets de substances radioactives dans l'air ou dans l'eau », l'article 47 de l'actuel Décret allemand relatif à la radioprotection préconise une dose d'irradiation maximale de 0,3 mSv par an et par personne. En consommant exclusivement des aliments solides et liquides atteignant les niveaux maximaux actuellement admissibles pour les radionucléides, cette limite de 0,3 mSv serait largement dépassée. Pour un adulte, la seule façon de ne pas dépasser cette limite serait par exemple de consommer moins de 0,9 % d'aliments atteignant les niveaux maximaux admissibles. Pour un nourrisson, il faudrait compter moins de 0,36 % d'aliments ainsi contaminés.

#### 4.2.3 Lésions radio-induites dues à la consommation d'aliments atteignant les niveaux maximaux européens

Sur 100 000 enfants exposés chacun à environ 80 mSv de rayonnements par an (selon les calculs précédents), on peut prévoir – en utilisant les méthodes de calcul des risques de la CIPR – qu'un surcroît d'environ 400 enfants par an mourront plus tard d'un cancer radio-induit.<sup>43</sup> Selon des évaluations indépendantes des données de Hiroshima et Nagasaki<sup>44</sup> et en considérant le fait que les effets des éclairs nucléaires d'Hiroshima et de Nagasaki ne peuvent pas être assimilés à ceux des retombées radioactives associées à des accidents nucléaires, on pourrait cependant prévoir un chiffre dix fois plus élevé, c'est-à-dire un surcroît annuel de quelque 4 000 enfants sur 100 000 enfants ayant reçu une dose individuelle de 80 mSv par an. Les adultes, qu'une telle alimentation exposerait à 33 mSv par an, connaîtraient un surcroît de cancers mortels compris entre 165 et 1 650 par an pour 100 000 personnes.

---

$7,3E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 10 \text{ Bq/kg} \times 4,2E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 2\,000 \text{ Bq/kg} \times 1,8E-7 \text{ Sv/Bq I-131}] = 82,8 \text{ mSv/an}$

<sup>39</sup>  $260 \text{ kg de lait et de boissons/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (9,6E-9 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,3E-8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 125 \text{ Bq/kg} \times 4,7E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 1 \text{ Bq/kg} \times 3,3E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 300 \text{ Bq/kg} \times 1,0E-7 \text{ Sv/Bq I-131}] + 280 \text{ kg d'autres aliments/an} \times [250 \text{ Bq/kg} \times (9,6E-9 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,3E-8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 750 \text{ Bq/kg} \times 4,7E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 10 \text{ Bq/kg} \times 3,3E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 2\,000 \text{ Bq/kg} \times 1,0E-7 \text{ Sv/Bq I-131}] = 78,4 \text{ mSv/an}$

<sup>40</sup>  $320 \text{ kg de lait et de boissons/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,0E-8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,4E-8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 125 \text{ Bq/kg} \times 6,0E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 1 \text{ Bq/kg} \times 2,7E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 300 \text{ Bq/kg} \times 5,2E-8 \text{ Sv/Bq I-131}] + 328,5 \text{ kg d'autres aliments/an} \times [250 \text{ Bq/kg} \times (1,0E-8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,4E-8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 750 \text{ Bq/kg} \times 6,0E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 10 \text{ Bq/kg} \times 2,7E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 2\,000 \text{ Bq/kg} \times 5,2E-8 \text{ Sv/Bq I-131}] = 60,1 \text{ mSv/an}$

<sup>41</sup>  $370 \text{ kg de lait et de boissons/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,3E-8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9E-8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 125 \text{ Bq/kg} \times 8,0E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 1 \text{ Bq/kg} \times 2,4E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 300 \text{ Bq/kg} \times 3,4E-8 \text{ Sv/Bq I-131}] + 356 \text{ kg d'autres aliments/an} \times [250 \text{ Bq/kg} \times (1,3E-8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9E-8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 750 \text{ Bq/kg} \times 8,0E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 10 \text{ Bq/kg} \times 2,4E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 2\,000 \text{ Bq/kg} \times 3,4E-8 \text{ Sv/Bq I-131}] = 58,0 \text{ mSv/an}$

<sup>42</sup>  $480 \text{ kg de lait et de boissons/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,3E-8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9E-8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 125 \text{ Bq/kg} \times 2,8E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 1 \text{ Bq/kg} \times 2,5E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 300 \text{ Bq/kg} \times 2,2E-8 \text{ Sv/Bq I-131}] + 350,5 \text{ kg d'autres aliments/an} \times [250 \text{ Bq/kg} \times (1,3E-8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9E-8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 750 \text{ Bq/kg} \times 2,8E-8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 10 \text{ Bq/kg} \times 2,5E-7 \text{ Sv/Bq Pu-239} + 2\,000 \text{ Bq/kg} \times 2,2E-8 \text{ Sv/Bq I-131}] = 33,0 \text{ mSv/an}$

<sup>43</sup> Estimation des risques selon la CIPR : 5 % par Sv

<sup>44</sup> Nussbaum R.H., Belsey E., Köhnlein W. : Recent Mortality Statistics for Distally Exposed A-Bomb Survivors: The Lifetime Cancer Risk for Exposure under 50 cGy (rad). *Medicina Nuclearis* 1990. 2, p. 151-162. Voir *Strahlentelex* 90-91 du 04.10.1990. Nussbaum R.H., Köhnlein W. : Inconsistencies and Open Questions Regarding Low-Dose Health Effects of Ionizing Radiation, *Environmental Health Perspectives* Vol. 102, n° 8, août 1994, p. 656-667.

Ces chiffres visent seulement à donner un aperçu de l'étendue du débat. La CIPR n'a donné qu'une estimation minimale. Les réflexions de Rudi H. Nussbaum et de Wolfgang Köhnlein<sup>45</sup>, que Nussbaum a présentées pour la première fois en 1987, ont suscité de nombreuses autres évaluations indépendantes des données sur Hiroshima et Nagasaki. Aujourd'hui, les estimations avancées sont jusqu'à 7,6 fois supérieures à celles de la CIPR et prennent également en compte les éclairs nucléaires dus aux bombardements atomiques.<sup>45</sup> Dans la comparaison avec les retombées radioactives associées aux accidents nucléaires, il est également nécessaire de considérer, en plus du rayonnement externe initial, les radiations internes ultérieures dues à l'activité à long terme des radionucléides. Il convient ici de prendre en compte que les émetteurs alpha ont un plus grand impact que le rayonnement lié à l'éclair nucléaire et aux émetteurs bêta, ce qui suggère une différence d'un facteur 10 environ par rapport aux chiffres de la CIPR.

Il faut noter que le calcul de la dose efficace prend uniquement en compte le nombre de décès et non celui – plus élevé – de maladies. Après la catastrophe de Tchernobyl, on a enregistré une forte augmentation des cas d'affaiblissement du système immunitaire, de vieillissement prématuré, de maladies cardiovasculaires chez des personnes jeunes, de maladies chroniques de l'estomac, de la thyroïde et du pancréas (diabète sucré), ainsi que des troubles neuropsychiatriques comme autant d'effets somatiques associés à l'exposition à de faibles doses de rayonnement. Les effets génétiques sont particulièrement inquiétants puisqu'ils ne pourront être constatés que chez les générations à venir. Aucune des estimations basées sur les prescriptions du Décret allemand relatif à la radioprotection ne prend à ce jour en compte tous ces effets sur la santé.

### 4.3 Le Japon

Les premières contaminations alimentaires ont été rapportées par le gouvernement japonais les 19 et 20 mars 2011<sup>46</sup> :

Épinards dans la préfecture d'Ibaraki, ville de Hitachi, à plus de 100 km au sud des réacteurs nucléaires défectueux de Fukushima : 54 000 Bq/kg d'iode 131 et 1931 Bq/kg de césium radioactif.

Épinards dans la préfecture d'Ibaraki, ville de Kitaibaraki, à environ 75 km au sud des réacteurs nucléaires défectueux de Fukushima : 24 000 Bq/kg d'iode 131 et 690 Bq/kg de césium radioactif.

Chrysanthèmes comestibles (légumes verts japonais) à Asahi près de Tokyo, dans la préfecture de Chiba : 4 300 Bq/kg d'iode 131.

---

<sup>45</sup> Köhnlein, W. : Die Aktivitäten und Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP), Berichte des Otto Hug Strahleninstitutes n° 21-22, 2000, p. 5-25 (tableau 2).

<sup>46</sup> Strahlentelex 582-583 du 7 avril 2011, p. 10

### 4.3.1 Irradiation de la thyroïde

L'exemple choisi sert à montrer que même la consommation de petites quantités d'aliments contaminés à l'iode radioactif (iode 131) – dans des proportions telles que celles rencontrées au Japon – peut entraîner une grave contamination de la thyroïde.

Après avoir consommé seulement 100 grammes (0,1 kg) d'épinards contenant 54 000 becquerels d'iode 131 par kilogramme, comme il l'a été mesuré au Japon, la thyroïde absorbera les doses suivantes <sup>27</sup> :

pour un nourrisson (jusqu'à un an)	dose à la thyroïde de 20 mSv <sup>47</sup>
pour un jeune enfant de 1 à 2 ans	dose à la thyroïde de 19,4 mSv <sup>48</sup>
pour un enfant de 2 à 7 ans	dose à la thyroïde de 11,3 mSv <sup>49</sup>
pour un enfant de 7 à 12 ans	dose à la thyroïde de 5,4 mSv <sup>50</sup>
pour un jeune de 12 à 17 ans	dose à la thyroïde de 3,7 mSv <sup>51</sup>
pour un adulte (plus de 17 ans)	dose à la thyroïde de 2,3 mSv <sup>52</sup>

Lorsque les centrales nucléaires fonctionnent normalement, l'article 47 du Décret allemand relatif à la radioprotection de 2001 préconise une dose maximale à la thyroïde de 0,9 mSv par an. Au Japon, cette dose est déjà largement dépassée en ne consommant que 100 g d'épinards. En cas d'incident nucléaire, l'article 49 du même décret prévoit une dose maximale à la thyroïde de 150 mSv qui correspond à une dose efficace de 7,5 mSv.<sup>53</sup>

L'iode 131 a une demi-vie de 8,06 jours. Une fois que l'incendie des installations nucléaires de Fukushima a été éteint et que les émissions radioactives dans l'environnement ont cessé, il faut donc compter encore 7 demi-vies, soit presque 2 mois, pour que la quantité d'iode 131 soit réduite à moins de 1 % de sa quantité initiale. Compte tenu d'une quantité initiale de 54 000 becquerels, il faut compter encore environ 422 becquerels d'iode 131 après presque deux mois et attendre environ 16 demi-vies, soit 129 jours ou 4,3 mois, pour que l'activité de cet isotope de l'iode passe en dessous de 1 becquerel.

### 4.3.2 Doses efficaces de rayonnement après avoir consommé des aliments japonais

À l'heure actuelle, on dispose encore de trop peu de mesures sur les aliments japonais pour pouvoir tirer des conclusions valables pour de grands groupes de personnes. Dans cette section, on a donc estimé la dose efficace pour chaque groupe d'âge en supposant que pendant un an, une personne consomme uniquement des aliments contenant seulement 100 Bq/kg de césium 137 (radionucléide de référence). Il est alors aisé, pour d'autres contaminations, d'évaluer l'ampleur de la pollution radioactive que cela causerait à plus long terme.

<sup>47</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54\,000 \text{ Bq/kg} \times 3,7\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 20 \text{ mSv}$

<sup>48</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54\,000 \text{ Bq/kg} \times 3,6\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 19,4 \text{ mSv}$

<sup>49</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54\,000 \text{ Bq/kg} \times 2,1\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 11,3 \text{ mSv}$

<sup>50</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54\,000 \text{ Bq/kg} \times 1,0\text{E-}6 \text{ Sv/Bq} = 5,4 \text{ mSv}$

<sup>51</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54\,000 \text{ Bq/kg} \times 6,8\text{E-}7 \text{ Sv/Bq} = 3,7 \text{ mSv}$

<sup>52</sup>  $0,1 \text{ kg} \times 54\,000 \text{ Bq/kg} \times 4,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq} = 2,3 \text{ mSv}$

<sup>53</sup> Conformément à l'annexe VI, partie C 2, du Décret allemand relatif à la radioprotection, la dose à la thyroïde a une pondération de seulement 5 %. Cette faible pondération a été justifiée par le fait que le cancer de la thyroïde se soignerait aujourd'hui très bien.

Concernant les effets à long terme, il est particulièrement intéressant de se pencher sur les radionucléides à vie longue tels que:

- le césium 134 avec une demi-vie de 2,06 ans,
- le césium 137 avec une demi-vie de 30,2 ans,
- le strontium 90 avec une demi-vie de 28,5 ans,
- le plutonium 239 avec une demi-vie de 24 110 ans.

Après deux ans de combustion, l'inventaire des radionucléides à vie longue dans les barres de combustible d'un réacteur fait généralement ressortir les proportions suivantes:

Césium 137 : Césium 134 : Strontium 90 : Plutonium 239 = 100:25:75:0,5.

Cependant, pour les retombées de Tchernobyl, on a généralement trouvé deux éléments de césium 137 pour un élément de césium 134. Les résultats de mesure actuellement disponibles sur le Japon révèlent que les proportions de césium 137 et de césium 134 sont à peu près égales dans les retombées de Fukushima. La teneur en strontium 90 et en plutonium 239 est sujette à caution, car il est impossible de disposer si rapidement de mesures satisfaisantes. Les combustibles nucléaires MOX (mélange d'oxydes) de la centrale de Fukushima Daiichi contiennent certes plus de plutonium, mais celui-ci n'est sans doute pas complètement libéré. Lors des autres accidents nucléaires, le strontium a eu tendance à se déposer avec les retombées dans les environs du réacteur ; en s'éloignant des installations nucléaires défectueuses, on le trouve donc généralement à une concentration plus faible.<sup>54</sup> On suppose donc que les proportions au Japon sont globalement les suivantes:

Césium 137 : Césium 134 : Strontium 90 : Plutonium 239 = 100:100:50:0,5.

En supposant des niveaux moyens de consommation tels que ceux indiqués dans l'annexe VII, tableau 1, du Décret allemand relatif à la radioprotection de 2001 et une consommation d'aliments contenant tous 100 becquerels de césium 137 (Cs 137) et de césium 134 (Cs 134), 50 becquerels de strontium 90 (Sr 90) et 0,5 becquerel de plutonium 239 (Pu 239) par kilogramme, on obtient les doses efficaces suivantes:

pour un nourrisson (jusqu'à un an)	dose efficace de 6 mSv par an <sup>55</sup>
pour un jeune enfant de 1 à 2 ans	dose efficace de 2,8 mSv par an <sup>56</sup>
pour un enfant de 2 à 7 ans	dose efficace de 2,6 mSv par an <sup>57</sup>
pour un enfant de 7 à 12 ans	dose efficace de 3,6 mSv par an <sup>58</sup>
pour un jeune de 12 à 17 ans	dose efficace de 5,3 mSv par an <sup>59</sup>
pour un adulte (plus de 17 ans)	dose efficace de 3,9 mSv par an <sup>60</sup>

<sup>54</sup> Strahlentelex 8 du 07.05.1987, p. 1,3; Strahlentelex 19 du 15.10.1987

<sup>55</sup>  $325,5 \text{ kg/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (2,1\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 2,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 2,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}6 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 6 \text{ mSv/an}$

<sup>56</sup>  $414 \text{ kg/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,2\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,6\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 7,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 4,2\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 2,8 \text{ mSv/an}$

<sup>57</sup>  $540 \text{ kg/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (9,6\text{E-}9 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 4,7\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 3,3\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 2,6 \text{ mSv/an}$

<sup>58</sup>  $648,5 \text{ kg/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,4\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 6,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,7\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 3,6 \text{ mSv/an}$

<sup>59</sup>  $726 \text{ kg/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 8,0\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,4\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 5,3 \text{ mSv/an}$

<sup>60</sup>  $830,5 \text{ kg/an} \times [100 \text{ Bq/kg} \times (1,3\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-137} + 1,9\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Cs-134}) + 50 \text{ Bq/kg} \times 2,8\text{E-}8 \text{ Sv/Bq Sr-90} + 0,5 \text{ Bq/kg} \times 2,5\text{E-}7 \text{ Sv/Bq Pu-239}] = 3,9 \text{ mSv/an}$

## 5. Normes applicables dans le cadre du Décret allemand relatif à la radioprotection

Les normes actuellement en vigueur dans l'UE mais aussi au Japon ne garantissent pas une réelle protection contre les effets sur la santé des rayonnements ionisants. Au contraire, elles exposent les populations au risque politiquement calculé de tomber malade ou de mourir des suites d'une irradiation. Les consommateurs se croient en sécurité car les responsables politiques ne les informent pas ouvertement des risques liés aux normes en vigueur. Les autorités évitent de lancer un débat public sur le niveau de protection désiré par les consommateurs et sur celui qu'il est possible d'assurer.

Même les dispositions du Décret allemand relatif à la radioprotection, prévues en cas de fonctionnement normal des installations nucléaires, ne garantissent pas une sécurité absolue. Par rapport aux règlements européens prévus en cas de catastrophe, elles réduisent cependant très sensiblement les risques de nuisance pour la santé. Dans la présente section, le Décret allemand relatif à la radioprotection servira donc à déterminer les niveaux maximaux admissibles en radionucléides dans les denrées alimentaires.

L'article 47 du décret préconise, en cas de fonctionnement normal des installations nucléaires et pour les « rejets de substances radioactives dans l'air ou dans l'eau », une irradiation maximale individuelle de 0,3 mSv par an. Ce seuil de contamination, qui a finalement pris force de loi en 1976, est le fruit de plusieurs années de réflexions et de recherches. Il représentait un compromis entre l'industrie nucléaire et les besoins de la population, et suivait les recommandations de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR, publication n° 9 de 1966).<sup>61</sup> Selon ces dernières, l'exposition de la population à l'ensemble des effets de la civilisation ne devait pas excéder 0,05 sievert par génération, c'est-à-dire pour une durée de trente ans. La CIPR a considéré « que cette valeur [offrait] une marge de manœuvre raisonnable aux programmes nucléaires à venir ». En 1969, la Commission nucléaire allemande s'est alignée sur cette position. La limite de 0,02 sievert par période de 30 ans a été spécialement prévue pour les installations nucléaires. Cette disposition servait à garantir que la technologie nucléaire n'accapare pas toute la dose considérée à l'époque comme admissible d'un point de vue génétique. Cette limite de 0,02 sievert a encore été subdivisée. Une moitié a été réservée aux rejets radioactifs dans l'air, l'autre aux rejets radioactifs dans l'eau. En changeant de base de calcul, on obtient une limite annuelle de 0,3 mSv imposée aux exploitants d'installations nucléaires. Aujourd'hui, le Décret allemand relatif à la radioprotection fournit dans son annexe VII, aussi bien pour les rejets radioactifs dans l'air que dans l'eau, des hypothèses pour évaluer l'exposition aux radiations ; il explique en outre que les différentes voies d'exposition doivent être ignorées ou qu'il faut parfois en considérer des supplémentaires lorsque les particularités locales du site ou les caractéristiques de l'installation le justifient. On peut ainsi envisager un nombre presque illimité de voies d'exposition.

C'est pourquoi nous choisissons ici la limite annuelle de 0,3 mSv comme valeur de référence, car elle correspond à des voies d'exposition liées au plus faible niveau d'exposition autorisé et donc aux effets les plus réduits. Choisir une valeur plus élevée comme référence signifierait d'accepter des effets plus importants. Cela supposerait cependant qu'un débat public soit organisé et qu'une décision démocratique soit prise sur les nuisances et effets qui sont jugés acceptables ; mais rien de cela n'a encore jamais eu lieu.

Le caractère « classique » de la présente évaluation est aussi lié au fait que la référence de 0,3 mSv a été fidèlement conservée pendant des décennies alors qu'au cours de la même période, la dangerosité des rayonnements ionisants a été nettement revue à la hausse. Nous sommes ainsi convaincus que des hypothèses plus réalistes conduiraient à fixer des niveaux maximaux admissibles encore plus bas pour la teneur en radionucléides dans les aliments.

Cette limite de 0,3 mSv par an est déjà dépassée en consommant exclusivement des aliments solides et liquides qui contiennent 100 becquerels par kilogramme de césium 137 (en tant que radionucléide de référence, avec les proportions correspondantes de césium 134, strontium 90

<sup>61</sup> Wolfgang Köhnlein : Die Aktivitäten und Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) in Berichte des Otto Hug Strahleninstitutes Nr. 21-22, Berlin, Bremen 2000, p. 5-25.

et plutonium 239). Si l'on souhaite respecter la limite de 0,3 mSv par an et l'esprit du Décret allemand relatif à la radioprotection, les niveaux admissibles ne devraient pas dépasser les valeurs suivantes:

pour les nourrissons (jusqu'à un an)	5,0 becquerels de césium 137 par kilogramme de nourriture
pour les enfants de 1 à 2 ans	10,7 becquerels de césium 137 par kilogramme de nourriture
pour les enfants de 2 à 7 ans	11,5 becquerels de césium 137 par kilogramme de nourriture
pour les enfants de 7 à 12 ans	8,3 becquerels de césium 137 par kilogramme de nourriture
pour les jeunes de 12 à 17 ans	5,7 becquerels de césium 137 par kilogramme de nourriture
pour les adultes	7,7 becquerels de césium 137 par kilogramme de nourriture

En raison des incertitudes liées aux bases d'évaluation, nous recommandons, pour les enfants et les jeunes, une valeur limite de 4 becquerels par kilogramme de césium 137 (radionucléide de référence) et pour les adultes, une valeur limite de 8 becquerels par kilogramme afin de ne pas dépasser la valeur de référence de 0,3 mSv par an. Conformément aux proportions des isotopes calculées dans la section 4.3.2, voici les valeurs limites correspondantes pour le césium 134, le strontium 90 et le plutonium 239 :

pour les enfants (total)	4 becquerels de césium 137 par kilogramme de nourriture 4 becquerels de césium 134 par kilogramme de nourriture 2 becquerels de strontium 90 par kilogramme de nourriture 0,02 becquerels de plutonium 239 par kilogramme de nourriture
--------------------------	--

Pour un tel niveau de contamination appliqué à 100 000 personnes absorbant chacune une dose de 0,3 mSv par an, on peut établir – en utilisant les méthodes de calcul des risques de la CIPR – qu'il y aura encore une à deux personnes de plus à mourir chaque année d'un cancer lié à cette contamination.<sup>41</sup> Selon des évaluations indépendantes des données sur Hiroshima et Nagasaki<sup>42</sup>, et en prenant en compte le fait que les effets des éclairs nucléaires de Hiroshima et Nagasaki ne peuvent pas être assimilés aux effets liés aux retombées nucléaires consécutives à des catastrophes, ce chiffre pourrait cependant être 10 fois plus élevé, correspondant à un surcroît d'environ 15 décès par an pour 100 000 personnes ayant reçu une dose de 0,3 mSv (voir 4.2.3).<sup>43</sup> À l'échelle de la population allemande, qui compte environ 80 millions de personnes, on envisagerait ici un surcroît de cancers mortels compris entre 1 200 et 12 000 par an.

Pour des niveaux de contamination supérieurs à 0,3 mSv par an, la mortalité par cancer serait donc encore plus importante.

**Note**

Dans le présent avis, l'activité du césium 137 est utilisée comme référence pour déterminer le niveau de contamination radioactive et formuler des recommandations relatives aux normes alimentaires. Pour ses niveaux maximaux admissibles, l'Union européenne utilise quant à elle l'activité totale en césium (celle en césium 137 plus celle en césium 134) (voir tableau 1). Il convient de souligner ici que lorsque l'on utilise pendant plusieurs années une valeur limite basée sur l'activité totale du césium, la part relative du césium 134 (demi-vie de 2,06 ans) diminue peu à peu tandis que celle du césium 137 (demi-vie de 30,2 ans) double. Les valeurs limites basées sur l'activité totale du césium ne prennent pas non plus en compte le fait que les parts relatives du strontium 90 (demi-vie de 28,5 ans) et du plutonium 239 (demi-vie de 24110 ans) doublent également. De ce fait, l'exposition d'un enfant passerait par exemple peu à peu, sur une période de 13 ans, de 0,3 à 0,5 mSv par an. Ceci est contraire au principe de minimisation utilisé en radioprotection.

## 6. Conclusions

### 6.1

Tant en Europe, qu'au Japon et dans d'autres régions du monde, il convient d'introduire des normes relatives à la contamination des denrées alimentaires qui visent avant tout à protéger la santé de la population. Étant donné que la définition d'un niveau maximal d'exposition implique toujours d'accepter un certain nombre de maladies et de décès, la protection de la santé devra toujours prévaloir sur les intérêts commerciaux et économiques.

### 6.2

Suite aux événements de Fukushima, il n'est pas nécessaire pour l'Europe d'introduire des normes alimentaires prévues en cas de catastrophe. Les niveaux maximaux admissibles en Europe doivent être abaissés de manière significative, en adoptant par exemple les limites préconisées par le Décret allemand relatif à la radioprotection en cas de fonctionnement normal des centrales nucléaires. Cela signifie que les nourrissons, les enfants et les jeunes devraient consommer des aliments dont la teneur en césium 137 (radionucléide de référence) n'excède pas 4 becquerels par kilogramme. Pour les adultes, une limite de 8 becquerels de césium 137 par kilogramme de nourriture devrait être appliquée.

### 6.3

Au Japon et en Europe, il devrait y avoir un débat public pour déterminer un nombre de maladies et de décès qui paraît acceptable en lien avec l'introduction de normes relatives à la contamination radioactive des denrées alimentaires. Étant donné qu'aucun seuil de contamination ne garantit une protection absolue, toute décision à ce sujet implique de sacrifier ou d'épargner un certain nombre de vies. Il est avant tout important d'expliquer à la population qu'il n'existe pas de limite parfaitement sûre et que même la plus faible dose de rayonnement nuit à la santé.

### 6.4

D'un point de vue médical et éthique, il est impossible de justifier l'existence de seuils de contamination différents, prévus d'une part pour des conditions normales de fonctionnement des centrales nucléaires et d'autre part en cas de catastrophe. Dans les situations de catastrophe, la population est ainsi exposée en toute légalité à des risques pour la santé dont elle n'est pas responsable, tandis que les exploitants des installations nucléaires défectueuses sont globalement déchargés de leur responsabilité.

### 6.5

En cas de forte contamination à l'iode radioactif de la population, il est conseillé de renoncer complètement à la consommation de lait, de salade, de légumes à feuilles et d'herbes sauvages comestibles.

Cette recommandation vaut éventuellement à plus long terme. Car la société d'exploitation japonaise Tokyo Electric Power Company (Tepco) a déclaré, le 17 avril 2011 et à plusieurs reprises par la suite, que les émissions radioactives provenant des installations de la centrale de Fukushima Daiichi continueraient encore pendant toute l'année. Selon elle, il faut compter encore environ neuf mois pour réduire les fuites radioactives et réaliser un « arrêt à froid » des réacteurs – si rien d'imprévu ne se produit d'ici là. En raison de la saison des pluies japonaise, qui peut permettre aux particules radioactives de se déposer en plus grand nombre dans tout le pays, et du vent qui peut souffler de l'océan Pacifique vers l'intérieur des terres, cette incertitude est particulièrement grande.

### 6.6

La politique de communication actuelle de la société Tepco et du gouvernement japonais confirme malheureusement l'idée que la population n'est pas rapidement et ouvertement informée des dangers auxquels elle est exposée. Il faut saluer le fait que, en plus d'appeler les pouvoirs publics et l'industrie à améliorer leur communication, des groupes de citoyens et des organisations non gouvernementales japonaises se sont organisés pour procéder eux-mêmes à des mesures de rayonnement et fournir les informations nécessaires à la population. La

mauvaise information de la population n'est pas un problème spécifiquement japonais ; il est bien plus lié – dans le monde entier – à l'utilisation de l'énergie nucléaire.

### 6.7

Les scientifiques sont appelés à apporter aux citoyens des informations objectives sur ce sujet complexe que sont les effets sur la santé des rayonnements ionisants, et ils se doivent de les aider à adopter un comportement raisonnable. Il serait tragique d'assister une nouvelle fois au Japon, comme au lendemain de la catastrophe de Tchernobyl, à une désinformation de la population par de hauts représentants de la science (évoquant la « radiophobie » et déclarant qu'il n'y a « aucun danger avec des doses de rayonnement inférieures à 100 mSv »).

### 6.8

Concernant l'Europe, nous aimerions tout particulièrement attirer l'attention sur l'article suivant du Traité de Lisbonne, qui n'est en aucune mesure respecté concernant l'utilisation de l'énergie nucléaire:

« La politique de l'Union dans le domaine de l'environnement vise un niveau de protection élevé, en tenant compte de la diversité des situations dans les différentes régions de l'Union. Elle est fondée sur les principes de **précaution** et d'action préventive, sur le principe de la correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement et sur le principe du **pollueur-payeur**. »<sup>62</sup>

Qui ne connaît pas la vérité n'est qu'un imbécile.  
Mais qui, la connaissant, la nomme mensonge,  
celui-là est un criminel.

*Bertolt Brecht : La Vie de Galilée, 13<sup>ème</sup> acte.  
Brecht a écrit cette pièce de théâtre en 1938/39 alors qu'il était en exil au Danemark.  
Les journaux venaient d'annoncer que des physiciens allemands étaient parvenus  
à la fission de l'atome d'uranium.*

---

<sup>62</sup> Traité de Lisbonne 2007/2009, Titre XX Environnement, Article 191 (2)

## Annexe 1

**Tableau 1:** Niveaux maximaux pour les radionucléides dans les aliments et l'eau potable en Ukraine

Aliments	Valeurs limites en Bq/l ou Bq/kg								
	06/05/1986	30/05/1986	15/12/1987	06/10/1988	22/01/1991	25/06/1997		03/05/2006	
	1)	Activité bêta totale	Césium 137	Césium 137	Césium 137	Césium 137	Strontium 90	Césium 137	Strontium 90
<b>Eau potable</b>	<b>3 700</b>	<b>370</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>Lait</b>	<b>3 700</b>	<b>370</b>	<b>370</b>	<b>370</b>	<b>370</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>20</b>
Lait concentré	-	18 500	1 110	1 110	1 110	300	60	300	60
Lait en poudre	-	3 700	1 850	1 850	1 850	500	100	500	100
Fromage cottage	3 700	370	370	370	370	-	-	100	20
Crème fraîche	18 500	3 700	370	370	370	-	-	100	20
Fromage	74 000	7 400	370	370	370	-	-	200	100
Beurre	74 000	7 400	1 110	1 110	370	-	-	200	40
Huile végétale	-	7 400	370	-	185	-	-	100	30
Margarine	-	7 400	370	-	185	-	-	100	30
Graisses animales	-	-	370	-	185	-	-	100	30
(Produits à base de) viande	-	3 700	1 850	1 850	740	200	20	200	20
Bœuf	-	-	2 960	2 960	740	-	-	200	20
Porc/agneau	-	-	1 850	1 850	740	-	-	200	20
Volaille	-	3 700	1 850	1 850	740	-	-	200	20
Œufs	-	1 850	1 850	1 850	740	6	2	100	30
Poisson	37 000	3 700	1 850	-	740	150	35	150	35
Légumes	-	3 700	740	740	600	40	20	40	20
Linette	37 000	3 700	740	740	600	40	20	40	20
Légumes à racine	-	-	740	740	600	40	20	40	20
<b>Pommes de terre</b>	-	<b>3 700</b>	<b>740</b>	<b>740</b>	<b>600</b>	<b>60</b>	<b>20</b>	<b>60</b>	<b>20</b>
Fruits frais/baies	-	3 700	740	740	600	70	10	70	10
Baies sauvages/ champignons	-	-	-	-	-	500	50	500	50
Baies sauvages/ champignons séchés	-	-	-	-	-	2 500	250	2 500	250
Fruits secs/baies	-	3 700	11 100	1 110	2 900	-	-	280	40
Jus	-	3 700	740	-	-	-	-	70	10
Confiture	-	-	740	-	-	-	-	140	20
Céréales	-	370	370	370	370	-	-	50	20
<b>Pain et pâtisseries</b>	-	<b>370</b>	<b>370</b>	<b>370</b>	<b>370</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>5</b>
Herbes	-	-	-	-	-	600	200	200	100
<b>Aliments pour nourrissons</b>	-	-	-	-	-	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>40</b>	<b>5</b>

1) Becquerels sans indication de radionucléide (remarque de l'auteur)

## Annexe 1

**Tableau 2:** Normes pour le césium 137 et le strontium 90 dans les aliments et l'eau potable (RDU-99) en République de Biélorussie

	Valeurs limites en Bq/l ou Bq/kg	
	du 26.04.1999/2001/2006	
<b>Aliments</b>	Césium 137	Césium 137
Eau potable	10	10
Lait et produits laitiers	100	100
Lait concentré	200	200
Fromage blanc et produits à base de fromage blanc	50	50
Fromage	50	50
Beurre	100	100
Viande et produits à base de viande		
Bœuf, mouton	500	500
Porc, volaille	180	180
Pommes de terre	80	80
Pain et pâtisseries	40	40
Farine, orge, sucre	60	60
Huile végétale	40	40
Graisses animales et margarine	100	100
Légumes et plantes sarclées	100	100
Fruits	40	40
Baies de jardin	70	70
Conserves de légumes/fruits/baies	74	74
Baies sauvages et conserves	185	185
Champignons frais	370	370
Champignons secs	2 500	2 500
Aliments pour nourrissons	37	37
autres aliments	370	370

## Annexe 1

**Tableau 3:** Normes alimentaires définies par le règlement Euratom de 1987

<b>Aliments</b>	Valeurs limites en Bq/l ou Bq/kg			
	Isotopes du strontium, notamment le strontium 90	Isotopes de l'iode, notamment l'iode 131	Émetteurs alpha, notamment le plutonium 239 et l'américium 241	Césium 134 et 137 ainsi que tous les autres radionucléides ayant une demi-vie supérieure à 10 jours
Aliments pour nourrissons	75	150	1	400
Produits laitiers	125	500	20	1000
autres aliments	750	2 000	80	1250
Aliments liquides	125	500	20	1000

## Annexe 1

**Tableau 4:** Comparaison des normes relatives à la teneur en radionucléides des aliments en Bq/l ou Bq/kg

	Ukraine 2006		Biélorussie 2006		Euratom 1987			
	Césium 137	Strontium 90	Césium 137	Strontium 90	Césium 134/7	Strontium 90	Émetteurs alpha plutonium 239, américium 241	Iode 131
<b>Eau potable</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>0,37</b>	<b>1 000</b>	<b>125</b>	<b>20</b>	<b>500</b>
<b>Lait</b>	<b>100</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>3,7</b>	<b>1 000</b>	<b>125</b>	<b>20</b>	<b>500</b>
Lait concentré	300	60	200	-	1 000	125	20	500
Lait en poudre	500	100	100	-	-	-	-	-
Fromage cottage	100	20	50	-	1 000	125	20	500
Crème fraîche	100	20	100	-	1 000	125	20	500
Fromage	200	100	50	-	1 000	125	20	500
Beurre	200	40	100	-	1 000	125	20	500
Huile végétale	100	30	40	-	1 250	750	80	2 000
Margarine	100	30	100	-	1 250	750	80	2 000
Graisses animales	100	30	100	-	1 250	750	80	2 000
Viandes/produits à base de viande	200	20	-	-	-	-	-	-
Bœuf	200	20	500	-	1 250	750	80	2 000
Porc/agneau	200	20	180	-	1 250	750	80	2 000
Volaille	200	20	180	-	1 250	750	80	2 000
Œufs	100	30	-	-	1 250	750	80	2 000
Poisson	150	35	-	-	1 250	750	80	2 000
<b>Légumes</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>1 250</b>	<b>750</b>	<b>80</b>	<b>2 000</b>
Linette	40	20	-	-	1 250	750	80	2 000
Légumes à racine	40	20	100	-	1 250	750	80	2 000
<b>Pommes de terre</b>	<b>60</b>	<b>20</b>	<b>80</b>	<b>3,7</b>	<b>1 250</b>	<b>750</b>	<b>80</b>	<b>2 000</b>
Fruits frais/baies	70	10	40,7	-	1 250	750	80	2 000
Baies sauvages/champignons	500	50	370	-	1 250	750	80	2 000
Baies sauvages/champignons séchés	2 500	250	2 500	-	1 250	750	80	2 000
Fruits secs/baies	280	40	370	-	1 250	750	80	2 000
Confiture	140	20	370	-	1 250	750	80	2 000
Céréales	50	20	370	-	1 250	750	80	2 000
<b>Pain et pâtisseries</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>40</b>	<b>3,7</b>	<b>1 250</b>	<b>750</b>	<b>80</b>	<b>2 000</b>
Herbes	200	100	370	-	1 250	750	80	2 000
Jus	70	10	-	-	1 000	125	20	500
<b>Aliments pour nourrissons</b>	<b>40</b>	<b>5</b>	<b>37</b>	<b>1,85</b>	<b>400</b>	<b>75</b>	<b>1</b>	<b>150</b>

## Annexe 2 : Concepts et unités de mesure

### Concepts

Les **atomes** se composent d'un noyau chargé positivement et d'un nuage d'électrons négatifs. Le noyau est constitué de protons chargés positivement et de neutrons neutres. Tout élément chimique est caractérisé par un certain nombre de charges positives par noyau. C'est cette charge du noyau qui permet de différencier les éléments chimiques.

Un élément chimique peut avoir plusieurs **isotopes**. Les différents isotopes d'un élément chimique diffèrent par le nombre de leurs neutrons. Par exemple, le noyau de l'uranium a 92 protons et entre 143 et 146 neutrons. Cela correspond aux isotopes de l'uranium U-235 et U-238.

Un **nucléide** est un type d'atome caractérisé par son nombre de protons, son nombre de neutrons et un état énergétique. On connaît aujourd'hui environ 275 nucléides stables et 1 400 nucléides instables. Dans la nature, il y a peu de nucléides instables. Tous les autres nucléides instables sont produits artificiellement. Actuellement, ils sont produits principalement par les centrales nucléaires.

La **radioactivité** est une propriété des atomes instables qui se transforment par eux-mêmes, sans intervention extérieure, en émettant un rayonnement caractéristique. Quand les nucléides radioactifs (ou radionucléides) sont présents dans la nature et que des atomes stables naissent de la transformation radioactive d'atomes instables d'origine naturelle, on parle de radioactivité naturelle. En revanche, quand les radionucléides sont produits grâce à une transformation nucléaire artificielle, on parle de radioactivité artificielle. Lors de la transformation radioactive – on parle aussi de désintégration radioactive –, un atome radioactif d'un autre élément est généralement produit. Par exemple, le strontium 90, qui est radioactif, se désintègre, tout en émettant un électron, en radionucléide yttrium 90, lequel se transforme à son tour en zirconium 90 stable en libérant un autre électron.

La **demi-vie** (appelée aussi période radioactive) est la durée que prend la désintégration de la moitié d'une quantité existante d'atomes radioactifs. Elle mesure la probabilité de la désintégration. La demi-vie peut durer une fraction de seconde comme plusieurs milliers d'années. Un gramme d'iode 129 se désintègre par exemple en près de 15,7 millions d'années. Ce n'est qu'au terme de cette période qu'il aura perdu la moitié de son effet de rayonnement. Comme on a pu le mesurer après la catastrophe de Tchernobyl et de nouveau après celle de Fukushima, un gramme d'iode 131 a une demi-vie d'environ 8 jours. Au bout de huit jours, il ne reste que la moitié d'un gramme d'iode 131, et après une nouvelle période de huit jours, il n'en reste qu'un quart de gramme, etc.

En plus de la demi-vie physique ( $T_p$ ), il convient également de considérer la **demi-vie biologique** ( $T_b$ ). Celle-ci renvoie à la durée nécessaire à ce que la quantité d'une substance normale non radioactive diminue de moitié par le métabolisme ou suite à son élimination d'un organe. Quand la substance est radioactive, alors il est important de connaître la **demi-vie effective** ( $T_{eff}$ ), c'est-à-dire la combinaison entre la demi-vie physique et la demi-vie biologique, pour évaluer la contamination radioactive. La demi-vie biologique varie d'un individu à l'autre, selon son état de santé. Elle peut par exemple être plus élevée en cas de troubles rénaux qui entraînent une modification du débit urinaire. La demi-vie effective est calculée selon la formule suivante :  $T_{eff} = T_b \cdot T_p / (T_b + T_p)$

La détermination des demi-vies biologique et effective est soumise à une grande incertitude, car elle ne peut être effectuée qu'à l'aide de tests sur les hommes qui sont, pour des raisons éthiques, irréalisables.

**Rayonnements ionisants** : Le rayonnement émis au cours de la désintégration radioactive des atomes est divisé en rayonnement alpha, bêta et gamma. L'énergie de ce rayonnement peut stimuler d'autres atomes et molécules ou arracher des électrons du nuage d'électrons d'autres

atomes. Des atomes électriquement chargés (ions) sont alors produits. On parle de « rayonnement ionisant ». Les effets néfastes des rayonnements alpha, bêta et gamma sont en grande partie liés à leur capacité à ioniser les atomes.

Les **rayons alpha** sont des particules chargées positivement, émises par un noyau atomique et constituées de deux protons et deux neutrons (comme les noyaux d'hélium). En raison de leur masse importante et de leur charge, ils entrent très souvent en collision avec d'autres atomes et molécules et libèrent toute leur énergie sur un parcours limité. Leur champ d'action dans les tissus biologiques est d'environ un vingtième de millimètre, ce qui correspond à plusieurs cellules.

Les **rayons bêta** sont des particules chargées électriquement qui sont libérées lors de la désintégration de certains noyaux atomiques et qui ont une masse très faible ; ce sont généralement des électrons. Leur champ d'action dans les tissus biologiques est compris entre quelques millimètres et quelques centimètres. Le strontium 90 est un émetteur bêta pur.

Les **rayons gamma** sont une forme de rayonnement électromagnétique. Après l'émission de rayons alpha ou bêta, le noyau atomique est souvent encore dans un état d'excitation à haut niveau d'énergie. Cet excédent d'énergie est libéré en une fraction de seconde sous forme d'un rayonnement électromagnétique. Les rayons gamma peuvent traverser les tissus biologiques et ressemblent aux rayons X. L'iode 131 émet à la fois des rayons bêta et des rayons gamma, tout comme le césium 134 et le césium 137. Ces isotopes sont donc relativement simples à identifier en mesurant leurs énergies gamma caractéristiques.

Le **rayonnement neutronique** est constitué de nucléons non chargés électriquement qui sont principalement émis au cours des réactions nucléaires. On ne s'en protège que difficilement à l'aide de plomb ; il faut plutôt utiliser de grandes quantités d'eau ou de paraffine. Le rayonnement neutronique est particulièrement dangereux pour les travailleurs du secteur nucléaire, lors des transports de combustibles nucléaires ou en cas d'accident.

### Unités

La mesure physique de la radioactivité d'une substance correspond à la fréquence des désintégrations radioactives par unité de temps. Cette **activité** était autrefois exprimée en curie (Ci) mais on utilise aujourd'hui le becquerel (Bq). Il y a une activité de 1 **becquerel (Bq)** quand 1 noyau atomique se désintègre par seconde, qu'il s'agisse d'une émission de rayons alpha ou bêta. 1 curie équivaut à 37 milliards de becquerels (ce chiffre a été établi du fait que pour un gramme de radium, environ 37 milliards d'atomes se désintègrent par seconde et que cette substance a au départ été utilisée comme substance de référence).

Quand un nombre important d'atomes se désintègrent par seconde (nombre élevé de becquerels), cela signifie qu'il y a beaucoup de rayonnements ionisants. Quand au contraire le nombre de désintégrations atomiques par seconde est faible (faible nombre de becquerels), l'émission de rayons ionisants est elle-aussi faible.

Ces unités de mesure sont également utilisées pour exprimer la quantité de substances radioactives émises par une centrale nucléaire. Le nombre de becquerels peut ici porter à confusion ou paraître sans risque. Mais de faibles doses ne signifient pas nécessairement que le danger est moins grand. La dangerosité d'un isotope radioactif est déterminée non seulement par sa radioactivité instantanée, mais aussi en grande partie par sa durée de vie. On peut par exemple le constater en comparant les durées de vie très différentes de l'iode 129 et de l'iode 131, deux isotopes radioactifs. Pour la même activité, on a ici des quantités de matière très différentes:

37 milliards de becquerels (1 curie) d'iode 131 correspondent à 6 millièmes de gramme,  
37 milliards de becquerels (1 curie) d'iode 129 correspondent à 5,6 kilogrammes.

Il n'existe par contre aucune unité pour mesurer clairement **l'effet** du rayonnement radioactif, correspondant aux concepts de « lésion radio-induite », de « contamination radioactive » ou encore de « pollution radioactive ». Les effets sont très variés, en fonction de ce qui est touché

par le rayonnement radioactif (homme, animal, plante, matière inerte ou bien peau, poumons, glandes génitales, gènes, etc.). Certains d'entre eux sont encore totalement inexplorés. Afin d'évaluer (!) quand même les effets et le danger, les spécialistes se sont accordés sur l'utilisation des termes et unités suivants:

La **dose énergétique** s'exprime en rad (*radiation absorbed dose*) ou en **gray** (1 gray = 100 rad) et renvoie à la quantité d'énergie qui est absorbée par le matériau irradié. 1 gray correspond à 1 kilogramme d'une substance donnée qui a absorbé l'énergie de 1 watt-seconde (1 joule). Il s'agit d'une très petite quantité d'énergie. Une dose énergétique de 10 gray, sous forme de rayonnement radioactif, tuerait certainement un être humain, alors que sous forme d'énergie thermique, elle ne peut augmenter la température du corps que de quelques millièmes de degré Celsius.

Mais on s'est rapidement aperçu qu'indiquer l'énergie absorbée par un matériau irradié n'était pas suffisant pour décrire les effets d'un rayonnement, a fortiori ses effets biologiques. Ceux-ci dépendent aussi du type de rayonnement. Comme indiqué ci-avant, il existe quatre grands types de rayonnement. On leur attribue des effets différents. En termes plus scientifiques : on évalue leur efficacité biologique respective à l'aide de différents facteurs (**facteurs de pondération des rayonnements  $W_R$** ) :

Type de rayonnement	Facteur $w_R$
Alpha	20
Bêta	1
Gamma	1
Neutrons	5 à 20, selon la vitesse et l'énergie des neutrons

Cela signifie que l'on évalue que les rayons alpha sont vingt fois plus efficaces que, par exemple, les rayons bêta.

C'est ainsi qu'a été introduite la **dose équivalente**, mesurée en sievert (Sv):

1 gray de rayonnement alpha	=	20 sievert
1 gray de rayonnement bêta	=	1 sievert
1 gray de rayonnement gamma	=	1 sievert
1 gray de rayonnement neutronique	=	5 à 20 sievert

La dose équivalente sert à calculer les **doses à l'organe** causées par un rayonnement extérieur. Ces doses sont calculées en multipliant la dose énergétique moyenne produite par le rayonnement et reçue par l'organe ou le tissu considéré, et le facteur de pondération des rayonnements.

Pour pouvoir convertir les activités, exprimées en becquerels, qui sont absorbées par inhalation ou par ingestion de denrées alimentaires en doses équivalentes pour le rayonnement à l'intérieur du corps, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a établi des listes de **coefficients de dose** pour les différents radionucléides, classés selon le type d'absorption (inhalation ou ingestion) et le groupe d'âge. La dose équivalente (en Sv) est obtenue en multipliant l'activité (en Bq) et ces coefficients (en Sv/Bq). Les gouvernements ont reconnu le caractère obligatoire de ces coefficients de dose établis par la CIPR pour le calcul des contaminations radioactives.

Pourtant, ce ne sont là que des estimations destinées avant tout à faciliter la comparaison entre les différents effets radio-induits. Les facteurs de pondération des rayonnements et les coefficients de dose sont controversés. Car ils dépendent non seulement du type de rayonnement et de l'âge, mais aussi du niveau de la quantité de rayonnement, de sa répartition dans le temps, de l'état de santé des personnes irradiées, des organes et systèmes organiques concernés et de l'éventuelle interaction avec d'autres effets négatifs (effets synergiques). Ils ne s'appliquent pas non plus à d'autres animaux ou plantes.

La **dose efficace** ou **dose équivalente efficace**, exprimée également en **sievert**, correspond quant à elle à la somme de toutes les doses à l'organe multipliées par leurs **facteurs de pondération des tissus** respectifs. « Efficace » signifie ici que les facteurs de pondération des

tissus ne prennent pas en compte les maladies possibles mais uniquement les décès causés ainsi que les effets génétiques jusqu'à la première génération seulement. C'est ainsi que la pondération de la thyroïde n'a été fixée qu'à 5 % par les autorités qui ont avancé que le cancer de la thyroïde n'était plus toujours mortel et qu'il se soignait bien. En revanche, la contamination radioactive des glandes génitales est celle qui a, avec 20 %, la plus forte pondération de tous les organes et systèmes organiques.

Ces données exprimées en sievert ont été définies avec beaucoup de réserves et doivent être considérées comme des valeurs de calcul aidant à évaluer l'exposition des hommes aux rayonnements radioactifs. Elles reposent sur des hypothèses abstraites qui ne permettent pas d'établir des diagnostics individuels pour les personnes irradiées. De plus, les données en sievert ne doivent pas être considérées comme des valeurs physiques objectives. Elles représentent plutôt des résultats intermédiaires relativement utiles pour évaluer, d'un point de vue statistique, les effets d'une irradiation sur la santé, c'est-à-dire le surcroît de cas de leucémie, de cancer du rayonnement, de malformations congénitales, de mortinaissances, etc. au sein d'une population exposée à des radiations.

Ces évaluations font constamment l'objet de manipulations. La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a été fondée par des organisations de lobbying représentant les utilisateurs de rayonnements ionisants dans le domaine médical et l'industrie nucléaire. Mais ses recommandations sont respectées par les pouvoirs publics. La CIPR a souligné à plusieurs reprises que l'on devait autoriser l'exposition des hommes aux radiations pour pouvoir profiter des « avantages économiques et sociaux » de l'industrie nucléaire. Elle a aussi déclaré qu'en respectant les doses recommandées, on ne devrait que rarement s'attendre à constater des effets héréditaires graves et des cas de cancers mortels radio-induits et que ceux-ci ne pourraient en tout cas pas être facilement identifiés en raison de la « variabilité naturelle » de leurs formes non radio-induites. Les effets les plus courants seraient des mutations légères dans la descendance et un état de santé globalement mauvais. Ces effets pourraient être constatés à l'aide d'examens épidémiologiques. Les pouvoirs publics n'ont à aucun moment cherché à documenter correctement ces effets plus subtils sur l'état de santé de leurs populations.

Rosalie Bertell, scientifique canadienne et lauréate du Prix Nobel alternatif, constatait dès 1985 dans son livre « Pas de danger immédiat ? » : « on a donné l'impression à la population que l'exposition aux rayonnements ionisants n'entraînait qu'un faible risque de mourir du cancer et qu'il y avait plus de chances d'y échapper que d'échapper à un accident de voiture. La probabilité qu'apparaissent des maladies cardiaques, du diabète, de l'arthrite ou des allergies graves n'est jamais évoquée, alors que ces maladies entraînent toujours une dégradation durable de l'état de santé. La plupart des gens ne savent absolument pas que les rayonnements ionisants aussi peuvent provoquer des avortements spontanés, des mortinaissances, la mort d'enfants en bas âge, de l'asthme, des allergies graves et un affaiblissement du système immunitaire, ainsi que des leucémies, des tumeurs, des malformations congénitales ou bien un handicap physique ou mental des enfants. La plupart de ces tragédies touchent directement des individus ou une famille, mais seulement indirectement la société. »

C'est encore totalement vrai aujourd'hui, puisque les calculs de doses ne prennent par exemple pas du tout en compte le vieillissement prématuré induit par les rayonnements ionisants. Les décisions sur les risques et les avantages des rayonnements ionisants, c'est-à-dire la comparaison entre les « effets sur la santé » et les « avantages économiques et sociaux », reposent plus sur une analyse des risques et des avantages pour la société représentée par les gouvernements que sur celle du prix payé par les individus et les familles.

## Les auteurs

Le physicien **Sebastian Pflugbeil**, né en 1947, est président de la Société allemande de radioprotection, membre de l'Otto Hug Strahleninstitut de Bonn et du conseil d'administration du Comité européen sur les risques liés aux rayonnements (ECRR). Il participe à différents projets visant à faire la lumière sur les catastrophes de Tchernobyl et de Fukushima et à promouvoir la réinsertion des victimes, en particulier des enfants, dans les zones affectées. En 1990, il a fondé l'association « Enfants de Tchernobyl » à Berlin et a été pendant plusieurs années membre du conseil d'administration de l'Association allemande d'aide à Tchernobyl, basée à Munich. En 1989, Pflugbeil a co-fondé le Nouveau Forum et l'année suivante, il a été quelques mois ministre dans le gouvernement de Hans Modrow avec pour mission de réformer la politique énergétique de la RDA. Entre 1991 et 1995, il a représenté le Nouveau Forum à la Chambre des députés de Berlin.

L'ingénieur et journaliste scientifique **Thomas Dersee**, né en 1947, est membre du conseil d'administration de la Société allemande de radioprotection et éditeur de *Strahlentelex*. En 1986, au lendemain de la catastrophe de Tchernobyl, il a co-fondé le Service indépendant de mesure des rayonnements de Berlin. Depuis sa création en 1987, le Strahlentelex a été placé sous la responsabilité éditoriale de Dersee. Il s'agit d'un service d'information indépendant dont le principal objectif est de réduire l'exposition aux radiations ([www.strahlentelex.de](http://www.strahlentelex.de)). Dersee a également mis en place des formations en médecine environnementale destinées aux médecins et a apporté son soutien à l'Académie pour la santé du travail et la protection de la santé du Conseil berlinois de l'ordre des médecins.