

## Communication à l'Académie des technologies

### **L'incidence sur la santé humaine des différentes sources de production d'énergie électrique: évaluation sur les cinquante dernières années**

#### **Avertissement**

*Ce texte est une communication à l'Académie des technologies. Il a été rédigé par Gérard Grunblatt, membre de l'Académie des technologies, suite aux travaux du groupe de travail sur la perception des risques dans le domaine de l'énergie. Son contenu n'engage que ses auteurs et n'exprime pas nécessairement un point de vue de l'Académie. Toutefois le Conseil académique a jugé que le texte pouvait être publié au titre d'une Communication.*

#### **Introduction**

Il suffit d'avoir subi une panne un peu longue d'électricité pour se rendre compte à quel point l'énergie électrique est devenue indispensable. Le droit à l'électricité est devenu un droit presque aussi important que le droit à l'eau potable.

La production de l'énergie électrique dans un pays développé doit répondre à un certain nombre de critères : indépendance énergétique, sécurité, accès équitable pour tous, faible coût pour l'utilisateur, sûreté et disponibilité des moyens de production, impact minimum sur la santé humaine.

Les sources de production d'énergie électrique sont très variées: les énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel), les installations hydroélectriques, l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables comme l'énergie éolienne et l'énergie photovoltaïque. Tous présentent des risques, dont la perception par les citoyens est très différente selon le type de moyen de production.

Comme indiqué dans le rapport de l'Académie des technologies sur la perception des risques publié en 2016 (1), la perception globale des risques par une population ne reflète pas une réalité « objective » ciblée sur certains effets mais elle intègre de nombreux éléments, liés à l'histoire de cette population, à la situation propre de chacun, à ses valeurs, à la façon dont elle est informée par les médias, en particulier sur l'image des accidents et de leurs impacts, les problèmes de pollution et d'environnement, les inégalités et la corruption, les questions de progrès et de développement durable, les menaces liées aux conflits armés et au terrorisme. La sensibilité pour le grand public est toujours plus importante quand il s'agit d'un événement brutal que pour un événement diffus et continu dans le temps. Par exemple, dans le domaine des transports, les crashes aériens frappent beaucoup plus les imaginations que les accidents routiers, alors que ces derniers sont à l'origine d'un nombre de morts et de blessés beaucoup plus important.

Chaque source d'énergie modifie l'environnement et a des conséquences différentes sur la santé humaine:

- Les risques liés à l'extraction du charbon, comme les coups de grisou ou la silicose, ne créent plus d'inquiétude particulière ; les mines françaises sont fermées depuis longtemps, et la catastrophe de Courrière est sortie des esprits. En revanche, l'incidence des centrales à charbon sur la pollution et l'incidence de la pollution sur la santé, les conséquences graves du réchauffement climatique auxquelles participent fortement les centrales à charbon et autres sources fossiles, et la répercussion de ces modifications profondes de l'environnement sur la santé humaine sont en perçues comme un réel enjeu pour le futur. Cela est d'autant plus vrai que les effets toxiques observés sont continus et cumulatifs. Les risques liés à l'énergie d'origine hydraulique, essentiellement les catastrophes liées à la rupture d'un barrage, n'entraînent pas d'inquiétude particulière pour ceux qui ne vivent pas en aval d'un barrage et, lorsqu'une catastrophe se produit, elle est vécue collectivement comme un phénomène ponctuel c'est-à-dire plutôt comme une catastrophe du type d'un tremblement de terre (catastrophe de Malpasset, qui n'était d'ailleurs pas un barrage hydroélectrique) ;
- Les risques liés à l'énergie nucléaire, libération de radioactivité en cas d'accident et problèmes liés au traitement des déchets radioactifs, sont vécus très différemment car les accidents sont très rares mais spectaculaires, et le danger très difficile à cerner. Un nuage radioactif est vécu comme une agression d'autant plus inquiétante qu'elle est sournoise et difficile à objectiver, avec des effets potentiels nocifs pouvant continuer à se manifester longtemps après l'accident.

Quant aux énergies renouvelables, l'évaluation de leur incidence sur l'environnement ne fait que commencer, et seules les populations proches y sont apparemment sensibles.

Les débats sur les avantages et les inconvénients de chaque source de production d'électricité sont très vifs, le plus souvent passionnels, alimentés par des lobbys favorables ou défavorables à chaque source d'énergie ; ces lobbys diffusent parfois des informations partielles, voire partiales, de nature à alimenter les craintes des citoyens, par ailleurs légitimes, et à influencer sur les choix politiques. Il a donc paru important à l'Académie des Technologies de mettre à la disposition des citoyens des données objectives permettant à chacun de se faire une opinion basée sur les faits, par le recensement et la mesure des effets qui se sont révélés au long des 50 dernières années pour la production d'énergie, et tout spécialement d'électricité. La force d'une telle analyse tient à ce que les chiffres correspondent à une histoire réelle et vécue.

## Méthodologie

Chaque source d'énergie électrique ayant des conséquences différentes sur la santé humaine, il est particulièrement difficile de les comparer. Il faut trouver un indicateur applicable à l'ensemble des sources. Celui qui nous paraît le plus pertinent est le nombre de morts immédiate ou différée par unité d'énergie produite (exprimée en Térawat.h, noté TW/h). Ces morts peuvent être causées par des phénomènes très différents allant de l'accident minier à l'irradiation radioactive, mais une vie humaine perdue est toujours une vie humaine perdue de trop, et l'évaluation du risque en termes de mortalité paraît une donnée objective particulièrement concrète.

Il faut aussi souligner qu'il existe des risques sociaux-économiques induisant des impacts sur la santé, par exemple des suicides à la suite d'un déplacement de la population: pour exploiter des mines, pour construire un barrage et sa retenue d'eau, ou en cas de catastrophe nucléaire. Ces impacts ne sont pas pris en compte dans les études listées ci-après.

Nous nous sommes basés sur 4 rapports de référence, et d'une étude (voir en annexe les fondements du choix de ces rapports): Le rapport ExternE (2) de l'Union Européenne, le rapport de

l'OCDE (3), le rapport de l'UNSCEAR (4) le rapport du CIRC (5), et l'étude de Hansen et Kharecha (6 et 7).

## Résultats

### Rapport Externe

L'Union européenne a lancé en 1991 un projet, qui a duré plus de 15 ans, visant à estimer les coûts environnementaux externes (externalités) des différentes sources d'énergie (charbon & lignite, pétrole et gaz, nucléaire, éolien et hydraulique), dont les répercussions sur la santé. Publiés de 1990 à 2005, les rapports de ce projet comportent plus de 3500 pages.

ExternE est une approche quantifiée dans laquelle chaque source d'énergie est évaluée individuellement, et son empreinte écologique et sociale analysée. Cette approche est caractérisée par le « chemin d'impact » (impact pathway), dans lequel les émissions d'une source sont tracées avec leur dispersion dans l'environnement, et l'effet des polluants dispersés est évalué (Il faut noter que l'impact potentiel du réchauffement climatique résultant de l'émission de gaz à effets de serre sur la santé en Europe n'est pas compris dans ces études.)

De ces rapports, il ressort que, en tenant compte des connaissances des impacts liés à la pollution sur la période d'étude du projet ExternE, par unité d'énergie produite (TWh), le nombre de décès, moyenné, en Europe, par accident et par maladie est repris dans le tableau 1 ci-dessous.

Les chiffres cités dans le tableau 1 sont les chiffres médians cités dans l'étude, les plages d'incertitudes n'étant pas reprises ici. Les chiffres des accidents sont ceux constatés sur les années 1969-2000, et les autres chiffres sont estimés selon des périodes variables selon les différents types de pollution (effet des particules, effet de la radioactivité, etc.). Les maladies graves et non graves sont définies dans la référence 6. Dans les maladies non graves il y a les jours d'activité restreinte, les cas d'utilisation de bronchodilatateurs, la toux et les épisodes de toux chronique.

<b>Effets de la production d'électricité par source primaire d'énergie (morts/TWh)</b>					
	<b>Morts par accidents</b>		<b>Effets dus à la pollution</b>		
	<b>dans le public</b>	<b>chez les professionnels</b>	<b>morts</b>	<b>maladie grave</b>	<b>maladie non grave</b>
<b>lignite</b>	<b>0,02</b>	<b>0,1</b>	<b>32,6</b>	<b>298</b>	<b>17676</b>
<b>charbon</b>	<b>0,02</b>	<b>0,1</b>	<b>24,5</b>	<b>225</b>	<b>13288</b>
<b>gaz</b>	<b>0,02</b>	<b>0,001</b>	<b>2,8</b>	<b>30</b>	<b>703</b>
<b>pétrole</b>	<b>0,03</b>		<b>18,4</b>	<b>161</b>	<b>9551</b>
<b>biomasse</b>			<b>4,63</b>	<b>43</b>	<b>2276</b>
<b>nucléaire</b>	<b>0,003</b>	<b>0,019</b>	<b>0,052</b>	<b>0,22</b>	

Sur la base de ces chiffres moyennés, et en supposant qu'ils n'ont pas beaucoup varié au cours des 10 dernières années, on peut estimer le nombre de décès annuels dans les 28 pays de l'Union Européenne pour 2014. Durant cette année-là, la production totale de l'UE a été de 3.040 TWh (répartis pour 2310 TWh selon le tableau 2 ci-après, l'ensemble des autres énergies - hydraulique, éolien, solaire, géothermie - représentant 730 TWh).

	TWh	Morts par TWh	Morts
charbon	779	24,5	19087
gaz	461	2,8	1292
petrole	70	18,4	1285
biomasse	169	4,63	780
Nucléaire	831	0,074	61

## Rapport OCDE

En 2010, l'OCDE a publié un rapport (3) comparant les effets du nucléaire à ceux des autres sources d'énergie. Dans son étude, l'OCDE publie le tableau des décès par accident et par source d'énergie entre 1969 et 2000.

Selon l'OCDE, lorsqu'on étudie les accidents et risques propres au secteur énergétique, il est primordial d'étudier des filières énergétiques complètes. En effet, s'agissant des combustibles fossiles, les accidents survenant dans les centrales sont très peu importants par rapport à ceux qui se produisent à d'autres étapes. Des analyses qui se contenteraient de porter sur les centrales sous-estimerait grossièrement la situation réelle. En général, on inclut dans une filière énergétique les phases de prospection, d'extraction, de transport du combustible, d'entreposage, de production de chaleur et/ou d'électricité, de transport haute tension, de distribution locale, de traitement et de stockage des déchets, même si toutes les filières énergétiques ne comprennent pas l'intégralité de ces étapes. Les accidents graves sont parmi les aspects les plus préoccupants tant pour le public que lors de la définition des politiques énergétiques. C'est pourquoi, ils monopolisent l'attention, quand bien même la somme des accidents mineurs ayant des conséquences bien moindres est plus importante. Il y a diverses manières de définir ce qu'est un accident « grave » ; le rapport OCDE a choisi de les définir comme étant ceux qui provoquent cinq décès immédiats au minimum. Ce seuil permet également de recueillir des ensembles de données plus fiables puisque les accidents de moindre importance attirent moins l'attention et peuvent quelquefois échapper aux statistiques.

A partir de cette étude, on peut dresser le tableau du nombre d'accidents et du nombre de décès de 1969 à 2000 comme indiqué dans le tableau 3 ci-après.

Il est à noter que l'étude OCDE traite des décès par accident et non de décès par maladies chroniques. Il s'agit de décès réels et non d'estimations; tous les accidents connus ont été répertoriés et les décès dus à ces accidents dénombrés. A noter que les chiffres très importants cités pour l'hydraulique résultent essentiellement de l'accident de la centrale chinoise de Shimantan, Banquiao, survenu en 1975.

	OCDE		non OCDE		MONDE	
	accidents	morts	accidents	morts	accidents	morts
charbon	75	2259	1044	18017	1119	20276
charbon chinois			819	11334		
charbon sans la chine			102	4831		
pétrole	165	3713	232	16505	397	20218
gaz naturel	90	1043	45	1000	135	2043
GPL	59	1905	46	2016	105	3921

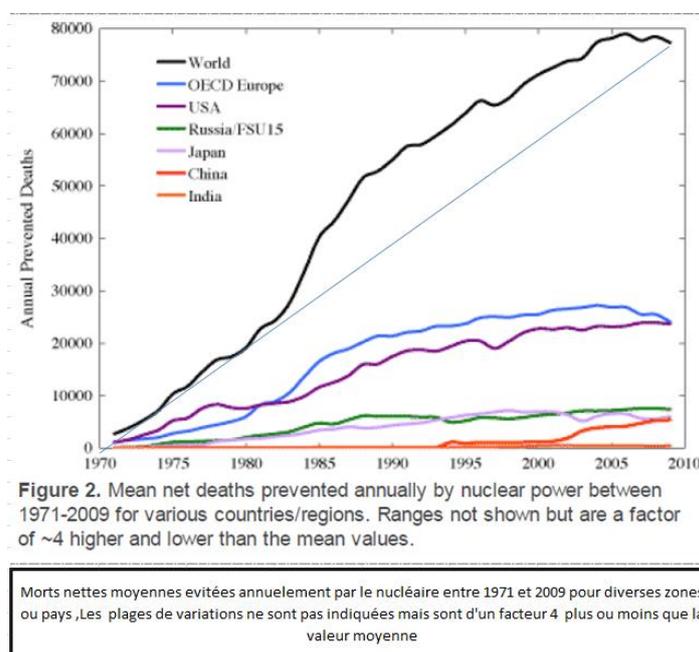
Hydraulique	1	14	10	29924	11	29938
nucléaire	0	0	1	31	1	31

### Etude Hansen et Kharecha

Au-delà des accidents liés aux différentes sources et décrits précédemment, on peut aussi évaluer le nombre des morts évités par la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Ils sont étudiés dans l'étude ci-dessous pour la période 1970 – 2010 et concernent donc l'impact des centrales en service.

En 2013, Hansen et Kharecha ont publiés une étude « Prevented Mortality and Greenhouse Gas Emissions from Historical and Projected Nuclear Power » (mortalité et émission de gaz à effet de serre évités historiquement et dans le futur grâce au nucléaire) (7) puis une suite « Coal and gas are far more harmful than nuclear power » (le charbon et le gaz sont beaucoup plus dangereux que le nucléaire) (8).

De ces études on peut extraire les données regroupées dans la figure ci-dessous, qui montrent que dans les pays européens de l'OCDE le nucléaire a évité 400.000 décès sur la période 1971-2009, par rapport à une hypothèse où l'énergie électrique correspondante aurait été produite à partir de charbon. Le chiffre est similaire pour les Etats-Unis, et pour le monde entier ce chiffre serait d'environ 1.200.000 décès. Ces chiffres sont bien évidemment basés sur des modèles (voir note sur les évaluations médicales en annexe).



### Prise en compte de la catastrophe de Tchernobyl

Etant donné l'inquiétude soulevée par les accidents de Tchernobyl et de Fukushima, et le fait que les deux premières études, étant donné leur dates, ne permettent pas de dénombrer les morts dus à ces deux catastrophes, il paraît important de présenter les données de santé publique disponibles aujourd'hui sur les conséquences de ces 2 accidents.

Pour le nucléaire, il faut noter que les 31 décès figurant dans le tableau 3 ci-dessus se réfèrent au seul accident connu à la date du rapport ayant entraîné des morts, celui de Tchernobyl. Il n'y est fait état que des 31 décès déclarés comme accidents du travail de la centrale au sens strict; ce chiffre ne comprend pas les décès par irradiation dans les équipes d'intervention (les « liquidateurs »), qui ne font pas partie du dénombrement « classique » russe.

Pour corriger cette insuffisance le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC), organisme des Nations Unies, a estimé, dans un rapport de 2006 incluant les liquidateurs et la population (en appliquant la RLSS, voir en annexe la note sur l'impact des dangers des radiations):

- un nombre de 1650 décès dus possiblement aux radiations de Tchernobyl (intervalle d'incertitude entre 700 et 3700) pour la période 1986 – 2005 ;
- Sur 80 ans un nombre de 16.000 décès qui pourraient possiblement être attribués aux retombées radioactives de Tchernobyl, entre 1986 et 2065 ;
- 40 000 cas de cancers supplémentaires sur la même période 1986 – 2065.

Les chiffres présentés ci dessus donnent un ordre de grandeur du nombre possible de cancers liés aux rayonnements, jusqu'en 2065, avec leur fourchette d'incertitude. Ces chiffres de décès par cancer entraînés par l'accident de Tchernobyl (3700 sur 20 an, soit 185 par an) sont bien entendu catastrophiques, mais il faut noter qu'ils restent très inférieurs aux chiffres déduits du rapport ExternE (tableau 2) pour les autres sources d'énergie.

Il faut aussi souligner que les chiffres du CIRC estimés ci-dessus font aujourd'hui débat car les dernières connaissances sur les effets biologiques des radiations conduisent certains à penser que ces chiffres sont très surestimés (voir en annexe les notes sur les évaluations médicales et les impacts du danger des radiations).

### Prise en compte de la catastrophe de Fukushima

Le rapport de l'OCDE est de 2010. Il est donc antérieur à la catastrophe de Fukushima consécutive au séisme et au tsunami qui ont fait 22 000 morts et disparus. De façon à présenter les données à jour en 2017, il est donc nécessaire de faire appel à d'autres publications internationales. Le rapport de 2013 de l'UNSCEAR (Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants) établit que l'accident nucléaire de Fukushima de 2011 n'a fait aucun décès comme conséquence directe de la radioactivité (2 morts emportés par le raz de marée, une chute et un arrêt cardiaque).

Les 10 décès enregistrés postérieurement parmi les travailleurs de la centrale ne sont pas attribuables à une exposition aux rayonnements ionisants (10). Le bilan des études épidémiologiques conduites sur les habitants de la Préfecture de Fukushima conclut qu'il n'y a pas de différence significative entre l'incidence annuelle du cancer de la thyroïde chez les enfants observée dans la Préfecture de Fukushima et celles estimées sur la base d'un dépistage systématique dans des préfectures non touchées par les retombées de l'accident de Fukushima (11).

L'UNSCEAR estime que « pour la population touchée par l'accident, les taux de cancer devraient rester stables ». S'agissant des futures statistiques du cancer le Comité ne s'attend pas « à des changements importants qui pourraient être attribués à une exposition aux rayonnements dus à l'accident ».

## Conclusion

S'il n'est pas question de chercher dans le passé une projection certaine de l'avenir, les études sur le passé sont utiles pour éclairer le présent et l'avenir.

Les trois études présentées font apparaître des constats convergents (ces études comparatives ne signifient bien sûr pas que les effets sur la santé, et en particulier les décès, soient acceptables, quels que soient leurs niveaux):

- Les impacts de la pollution continue sont largement prépondérants par rapport aux accidents ponctuels ;
- Les niveaux sont très différenciés dans un sens décroissant depuis le lignite, le charbon et le pétrole, avec une baisse d'un ordre de grandeur pour le gaz et la biomasse, puis le nucléaire.
- L'énergie nucléaire a évité de nombreux décès par rapport à un scénario où la fourniture des centrales nucléaires aurait été assurée par un panel de sources fossiles ; on peut conjecturer que le développement des énergies renouvelables ira dans le même sens.
- Les données ci-dessus montrent aussi que les effets de santé dans les pays hors OCDE sont malheureusement nettement supérieurs à ceux des pays de l'OCDE.

D'autres données sur l'accidentologie (une large bibliographie des sources mondiale de données des accidents se trouve dans l'étude suisse en référence 12) montrent aussi que les progrès accomplis depuis 30 ans en prévention d'accidents, en sûreté industrielle, et en santé publique ont été et sont encore considérables, dans tous les domaines énergétiques. Hormis les effets climatiques attribués aux émissions de CO<sub>2</sub> et leurs différentes répercussions, l'ensemble des problèmes de sûreté liés à la production énergétique ont bénéficié de progrès constants, et il existe une volonté d'accélérer encore les progrès pour la santé dans l'avenir.

Ce document ne prétend évidemment pas avoir totalement couvert le sujet. Il reste à compléter, en particulier sur l'impact des énergies renouvelables autres que l'hydraulique.

Rappelons aussi qu'étudier et comparer ces risques ne doit pas faire oublier les gains apportés par les premières grandes sources d'énergie, comme le charbon, qui ont permis en leur temps, par un large accès à l'énergie, sous forme de vapeur puis d'électricité, d'améliorer de façon considérable la qualité de vie, la santé et l'espérance de vie de nombreuses populations depuis plus d'un siècle.

Chaque source d'énergie électrique comporte donc ses propres risques. Il paraît important de les évaluer quantitativement et objectivement afin d'aider les autorités à soutenir tous les efforts de recherche et d'innovation qui permettront, pour chacune des sources d'énergie dont l'importance stratégique est très différente d'un pays à l'autre, mais dont les conséquences sur la santé sont mondiales, d'améliorer les performances et de diminuer les risques.

## Références

1. La perception des risques, étude publiée en 2016 par l'Académie, rédigée par Gérald Bronner et Etienne Klein

<http://www.academie-technologies.fr/blog/categories/rapports/posts/la-perception-des-risques>,

2. [http://www.externe.info/externe\\_d7/?q=node/6](http://www.externe.info/externe_d7/?q=node/6)

3. <https://www.oecd-neo.org/ndd/reports/2010/nea6862-evaluation-risques.pdf>

4. [http://www.unscear.org/docs/revV1407898\\_Factsheet\\_F\\_ENG.pdf](http://www.unscear.org/docs/revV1407898_Factsheet_F_ENG.pdf)

5. Estimates of the cancer burden in Europe from radioactive fallout from the Chernobyl accident, Elisabeth Cardis et al <https://www.iarc.fr/fr/media-centre/pr/2006/pr168.html>

6. « Electricity generation and health » de Anil Markandya et Paul Wilkinson [https://www.researchgate.net/publication/5965940\\_Energy\\_and\\_health\\_2\\_Electricity\\_generation\\_and\\_health\\_The\\_Lancet](https://www.researchgate.net/publication/5965940_Energy_and_health_2_Electricity_generation_and_health_The_Lancet)

7. « Prevented mortality and greenhouse gas emissions from historical and projected nuclear power » Environ.Sci.Technol. <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es305119Z>

9. « Coal and gas are far more harmful than nuclear power » <https://climate.nasa.gov/news/903/coal-and-gas-are-far-more-harmful-than-nuclear-power/>

10. Les conséquences sanitaires de l'accident de Fukushima [http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations\\_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/fukushima-2016/Documents/IRSN\\_Fukushima\\_santetravailleurs\\_201603.pdf](http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/fukushima-2016/Documents/IRSN_Fukushima_santetravailleurs_201603.pdf)

11. Bilan des études épidémiologiques conduites sur les habitants de la Préfecture de Fukushima [http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations\\_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/fukushima-2016/Documents/IRSN\\_Fukushima\\_santehabitants\\_201603.pdf](http://www.irsn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-accidents-nucleaires/accident-fukushima-2011/fukushima-2016/Documents/IRSN_Fukushima_santehabitants_201603.pdf)

12. Severe accidents in the Energy Sector, 1<sup>st</sup> Edition Swiss Federal Office of Energy, Hirschberg et al, 1998 [https://www.google.fr/search?q=Hirschberg+et+al+%3A+Severe+accidents+in+the+Energy+Sector+1st+Edition+Swiss+Federal+Office+of+Energy+1998&rlz=1C1CHBD\\_frFR718FR718&oq=Hirschberg+et+al+%3A+Severe+accidents+in+the+Energy+Sector+1st+Edition+Swiss+Federal+Office](https://www.google.fr/search?q=Hirschberg+et+al+%3A+Severe+accidents+in+the+Energy+Sector+1st+Edition+Swiss+Federal+Office+of+Energy+1998&rlz=1C1CHBD_frFR718FR718&oq=Hirschberg+et+al+%3A+Severe+accidents+in+the+Energy+Sector+1st+Edition+Swiss+Federal+Office)

13. Publication 103 de La CIPR, Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique [http://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publications-documentation/collection-ouvrages-IRSN/Documents/CIPR\\_103.pdf](http://www.irsn.fr/FR/Larecherche/publications-documentation/collection-ouvrages-IRSN/Documents/CIPR_103.pdf)

14. La relation dose-effet et l'estimation des effets cancérigènes des faibles doses de rayonnements ionisants [http://www.academie-sciences.fr/archivage\\_site/activite/rapport/rapport070405.pdf](http://www.academie-sciences.fr/archivage_site/activite/rapport/rapport070405.pdf)

## Annexes

### Note sur les fondements du choix des rapports utilisés

Les rapports utilisés ci-dessus sont des rapports qui, après une revue de l'état de la science sur la question traitée, agrègent les résultats de nombreuses études pour établir une expertise collective scientifique en utilisant les résultats de centaines d'études à travers le monde pour dégager un consensus de la communauté scientifique.

En général, ces institutions publiques commandent « des rapports d'expertise », dont la définition est « l'opinion des experts consultés, sur la base des connaissances du moment ». Cela présente l'avantage qu'on peut s'appuyer sur un corpus de bonnes pratiques, partagées au sein des organismes de recherche dans le monde, qui sont pour l'essentiel les suivantes :

- les experts sont choisis sur la base de leurs compétences reconnues (notamment par leurs pairs dans le monde scientifique) et adaptées à la question posée ;
- les experts déclarent leurs conflits d'intérêt, et s'abstiennent quand ces conflits rendent impossible la rédaction d'un rapport crédible ;
- les sources d'information sont identifiées et traçables ; cela renvoie pour l'essentiel à des publications scientifiques évaluées, et réduit donc le recours à la littérature « grise », et élimine les sources purement orales;
- la méthodologie d'analyse doit pouvoir être décrite ;
- le rapport sépare nettement les faits issus des sources des opinions et recommandations des experts ;
- il existe un mécanisme de relecture critique ;
- s'il existe plusieurs opinions divergentes parmi les experts consultés, ces divergences d'opinion sont explicitées;
- le commanditaire de l'expertise est propriétaire du résultat, mais a pour pratique de le rendre public.

On peut actualiser ces rapports par des articles scientifiques postérieurs à ces rapports et issus d'organismes ou de revues soumises à comité de lecture. Enfin, il n'est pas inutile de rappeler que nombre d'études de risques sur la santé sont faites indépendamment les unes des autres, et différemment les unes des autres tant du point de vue méthodologique que du point de vue des pays et périodes étudiés. Leur valeur est liée au respect des bonnes pratiques précédentes ; c'est le cas des études citées dans le présent document.

### Note sur les évaluations médicales

Il faut aussi rappeler que les chiffres présentés dans le présent document ne sont pas tous produits directement par des statistiques, mais contiennent aussi des évaluations des effets, et donc des risques, par des modèles. On est en effet capable, relativement facilement, de faire des statistiques sur des accidents mortels par exemple, dans les pays où des registres de santé existent. Cela peut se faire dans les domaines courants (accidents miniers, accidents de centrales, explosions...). Par contre, dans le domaine des faibles quantités, les statistiques sont plus difficiles à manier, que ce soit dans le domaine des faibles doses de radioactivité ou dans celui des risques extrêmes exceptionnels, et il est nécessaire alors d'utiliser des modèles qui peuvent être sujets à débat. Dans le présent document, les incertitudes liées aux modèles sont prises en compte par des fourchettes, avec une valeur basse et une valeur haute.

### Note sur l'impact des dangers des radiations

Les chiffres estimés par le CIRC font débat car ils tiennent compte d'un modèle appliquant la loi linéaire sans seuil qui, selon certains, surestime considérablement les risques liés aux radiations. Ceci a d'ailleurs conduit le CIPR, dans ses Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique — Publication 103 (13), à déconseiller l'utilisation de modèles basés sur une relation linéaire et sans seuil (RLSS) pour apprécier les dangers des radiations. Les Académies françaises des sciences et de médecine avaient auparavant écrit dans un rapport de 2005 « qu'il n'est pas justifié d'utiliser une relation linéaire sans seuil (RLSS) pour estimer le risque cancérogène des faibles doses » (14).