

Avant-propos

A.1. Nos convictions

La rédaction de cet ouvrage a été guidée par un certain nombre de convictions qui sont l'indépendance, la liberté d'esprit, la compétence, la transparence, la rigueur scientifique, l'absence de conflit d'intérêts et le droit à l'erreur en toute sincérité.

A.1.1. *L'indépendance*

Notre ouvrage se veut être scientifique, et donc, ni pro ni antinucléaire, détaillant nos connaissances scientifiques actuelles avec leurs forces et leurs lacunes. Pour être indépendant et responsable, il devint vite évident qu'il fallait un nombre limité d'auteurs. Ils assumeront l'entière responsabilité de leurs écrits.

A.1.2. *La liberté d'esprit*

Il existe une grande différence entre les organismes de recherche fondamentale comme le CNRS, qui était encore récemment l'employeur de l'un d'entre nous, et les organismes institutionnels, comme le CEA ou l'IRSN, où la hiérarchie y est très forte. Dans le premier cas, la liberté de publication sous la responsabilité du chercheur est totale, dans le second cas, la hiérarchie contrôle les écrits de ses employés, d'où un risque de censure ou d'autocensure.

A.1.3. *La compétence*

Chacun des deux auteurs peut légitimement revendiquer la compétence dans ce domaine. L'un d'eux a obtenu deux thèses (doctorat de spécialité et doctorat d'État)

qui concernaient des recherches en radioécologie marine. Il a réalisé environ cinquante publications scientifiques dans ce domaine, dont une majorité dans des revues scientifiques internationales avec comité de lecture. Il n'a pas abandonné complètement le domaine puisqu'il a effectué une mission d'expert pour le CNRS Sciences de la vie auprès du GRNC (Groupe radioécologie Nord-Cotentin) de 1997 à 2010. Le GRNC a publié de nombreux rapports. Depuis, il a intégré le Comité scientifique, puis le groupe d'experts de l'ANCCLI (Association nationale des comités et commissions locales d'information). Les missions de ce comité scientifique sont, entre autres, de conseiller et d'assister les CLI, les comités locaux et l'ANCCLI dans leurs expertises, d'être une instance de conseil pour les actions et publications des CLI et de l'ANCCLI et d'être l'interlocuteur des comités d'expertise placés auprès des différents organismes français ou étrangers.

L'autre auteur a été ingénieur au Commissariat à l'énergie atomique (CEA) au centre de Saclay. Il a consacré sa carrière à la protection contre les rayonnements ionisants (mesures radioactives, radioprotection des générateurs de rayonnements X et accélérateurs de particules, restauration de sites contaminés). Il a participé à l'enseignement de la radioprotection à l'INSTN (1980-1998) et aux cours internationaux de radioprotection de l'AIEA (1994-1996). En 1996, il a été nommé « expert senior » au CEA sur avis d'une commission scientifique extérieure au CEA.

Il a participé à plusieurs commissions nationales comme la commission Castaing sur le retraitement des combustibles irradiés (1981-1984), Jean Bernard sur les cancers à l'Institut Pasteur (1986-1990), le groupe radioécologie du Nord-Cotentin (GRNC) sur l'impact dosimétrique des rejets radioactifs des usines (1997-2008), le groupe d'expertise pluraliste (GEP) sur les mines d'uranium du Limousin (2006-2013), les commissions du ministère du Travail sur les maladies professionnelles et les risques chimiques, physiques et biologiques (1983-1998). Il est auteur d'une centaine d'articles et co-auteur de plusieurs ouvrages relatifs aux questions nucléaires et de santé au travail.

A.1.4. La transparence

Dans la multitude des ouvrages, publications scientifiques et littérature grise, un choix a dû opérer. Ce choix était dicté par la qualité scientifique. Nos choix ont été hiérarchisés avec, en premier lieu, les écrits en langue française qui sont plus accessibles à la majorité. Ensuite, les travaux publiés dans des revues scientifiques à comité de lecture, c'est-à-dire où les pairs, d'autres scientifiques, évaluent et critiquent le travail avant de décider si sa qualité justifie sa publication. Tout expert étant fail-
lible, cela ne certifie pas une valeur absolue de véracité et de qualité, mais y contribue fortement. Ensuite, toutes les informations des organismes officiels nationaux

et internationaux. Enfin, lorsque cela nous paraissait renforcer une information, des documents dits de « littérature grise », c'est-à-dire beaucoup moins facilement accessibles au public, surtout si cette littérature est ancienne et sous forme de rapports imprimés. Ainsi, tout un chacun pourra retourner vers la majorité des sources qui ont alimenté cet ouvrage.

A.1.5. La rigueur scientifique

La rigueur scientifique repose bien évidemment sur le choix des informations et sur leur restitution. Nous avons lu une grande partie de la littérature publiée sur ce sujet, qu'elle soit pro ou antinucléaire, ainsi que la littérature considérée comme scientifique. Nous nous sommes fait ensuite notre propre opinion. C'est celle qui figure dans cet ouvrage.

A.1.6. Le conflit d'intérêts

Les auteurs n'ont aucun conflit d'intérêts dans le domaine du nucléaire, n'effectuant plus depuis des années aucune recherche dans ce domaine et n'ayant aucune action dans des entreprises œuvrant sur ce créneau.

A.1.7. Le droit à l'erreur en toute sincérité

Sur un sujet aussi vaste, deux auteurs ne peuvent tout maîtriser et ils doivent obligatoirement faire confiance à leurs pairs et aux informations publiées. Ils n'ont pas nécessairement assimilé correctement toutes les informations et ils ont donc pu faire des biais d'interprétation. Toutes ces déviations, si elles existent, ont été faites en toute sincérité et les auteurs s'en excusent par avance auprès du lecteur. Nous nous engageons à les corriger si une seconde version de cet ouvrage était publiée.

A.2. L'opinion publique

Concernant l'opinion publique à l'égard du phénomène nucléaire, elle a évolué au cours du temps. À l'origine, l'engouement du public pour le radium est très fort et les applications les plus farfelues, à notre regard, voire dangereuses pour les consommateurs, se développent, comme l'ajout du radium 226 dans des pâtes dentifrices, des crèmes de beauté ou du chocolat, à côté d'applications plus « utiles » comme les peintures luminescentes. Les applications suivantes seront militaires et se traduiront par les bombardements criminels d'Hiroshima et de Nagasaki. Ceci est associé à l'utilisation du « secret défense » pour la majorité des applications dans le domaine du

nucléaire. Il en résulte une forte méfiance, et même une opposition farouche du public. Les divers accidents survenus et notamment les plus graves comme ceux de Three Mile Island en 1979, de Tchernobyl en 1986 et de Fukushima en 2011, viennent accentuer les oppositions qui surviennent maintenant à l'occasion de toute nouvelle création ou modification d'installation nucléaire (INB).

A.2.1. La perception du risque radioactif par la population

Le public ne fait en général pas la distinction entre danger et risque. De plus, le risque s'estime par une probabilité. Il en résulte une perception fort différente d'un individu à un autre pour le couple danger-risque. Certains dangers au risque potentiel non certain seront perçus comme primordiaux par le public. À l'inverse, des dangers associés à des risques avérés seront considérés comme dérisoires par le public. Dans le premier groupe nous trouvons les OGM, dans le second groupe l'alcool, les accidents de la route, le tabac, etc.

En 2021, la préoccupation montante des Français était celle de la gestion des déchets nucléaires en France : 41 % des Français estiment que les centrales nucléaires sont source de risque élevé et 48 % d'entre eux ont cette même perception face aux déchets nucléaires. Ceci est à rapprocher des 31 % des Français qui estiment que la première cause de risque accidentelle est le risque d'accident nucléaire majeur, comme ceux de Tchernobyl et de Fukushima, et que c'est l'obstacle principal à l'utilisation de l'énergie nucléaire. La seconde place des risques potentiels est occupée par le stockage des déchets radioactifs (21 % des opinions) [IRS 21].

A.2.2. Les Français se fient à la science, pas aux chercheurs

Faites-vous confiance aux scientifiques pour dire la vérité sur les résultats et les conséquences de leurs travaux sur le nucléaire ? L'image des experts scientifiques reste positive pour 50 % des Français. Les principales qualités demandées sont la compétence, l'honnêteté et l'indépendance. Cinq organismes : CNRS, ASN, IRSN, HCTISN et CEA, œuvrant dans le domaine nucléaire, obtenaient une confiance auprès du public supérieure à 70 % en novembre 2020 [IRS 21].

A.2.3. La création d'organismes officiels indépendants

La protection de l'homme et de l'environnement, ainsi que la sûreté nucléaire étaient dans le passé assurées par divers services qui étaient trop liés aux intérêts industriels, comme le CEA. D'autres, comme l'OPRI, avaient eu une attitude critiquable lors de l'accident de Tchernobyl et étaient donc complètement disqualifiés

auprès du public. Pour pallier ces graves inconvénients, le gouvernement français a créé de nouveaux organismes qui dépendaient de l'État, mais étaient indépendants du lobby nucléaire. Parmi ces organismes nous pouvons citer l'IRSN et l'ASN. Les qualités attendues de ces organismes sont compétence, indépendance, rigueur et transparence. Le pari est en grande partie gagné.

À côté des experts institutionnels existent des experts indépendants qui œuvrent souvent pour diverses associations (ANCCLI, ACRO, Global Chance, etc.). Malheureusement, leur travail parfaitement indépendant est grandement négligé, voire dénigré ou méprisé. Ceci est vraisemblablement dû au fait que les experts indépendants sont très souvent bénévoles et que le travail gratuit est sous-évalué.

A.3. L'expert et les biais de l'expertise scientifique

A.3.1. Le choix des experts

La sélection des experts pour effectuer une expertise scientifique varie selon les domaines. Dans certains cas, les experts se cooptent comme cela est le cas pour la CIPR, dans d'autres cas, le choix revient aux responsables politiques comme pour l'UNSCEAR. Toutefois, dans tous les cas, les critères scientifiques ne sont les seuls à intervenir, mais les critères politiques, industriels, etc., peuvent compter.

A.3.2. La compétence de l'expert

Le thème scientifique débattu dans un groupe d'expertise est généralement très vaste et aucun expert pris individuellement ne peut avoir une culture scientifique complète dans ce domaine. Aussi, nécessairement, l'expertise est *collective* et chaque expert doit faire à un moment ou un autre confiance à son collègue.

A.3.3. L'intégrité de l'expert

Les experts scientifiques sont avant tout des hommes avec leurs limites et leurs faiblesses. Avant d'être un expert, un chercheur scientifique a pour mission première (en principe) d'effectuer de la recherche fondamentale ou appliquée. Pour ce faire, il est un salarié d'un organisme public ou privé. De plus, soit pour financer sa recherche ou pour s'enrichir personnellement, il peut accepter d'être financé par divers organismes publics ou privés. Il n'est donc pas rare que des conflits d'intérêts apparaissent entre ces financeurs institutionnels ou occasionnels et sa mission d'expertise. Dans ce dernier cas, sa « bonne foi » et son indépendance sont loin d'être totales.

A.3.4. Le choix des informations scientifiques

Pendant longtemps, la littérature scientifique dans le domaine nucléaire avait pour sources uniques les organismes directement impliqués dans ce domaine qui étaient donc de « parti pris ». C'est surtout après l'accident de Tchernobyl en 1986 que des scientifiques universitaires investissent ce domaine de recherche. Les sujets abordés sont nettement plus diversifiés et les concepts renouvelés. Pour éliminer ces sources d'informations indépendantes, il est alors fréquent dans de nombreux domaines d'évaluation des risques physiques et chimiques de ne retenir que les publications pratiquant les « bonnes pratiques de laboratoire » (BPL). Ces normes avaient été imposées aux laboratoires dépendant des industriels pour limiter les dérives scientifiques. Or, les universitaires, s'ils respectent ces bonnes pratiques dans l'esprit, ne les appliquent pas *sensu stricto*. Ainsi, toutes leurs publications ne sont pas prises en compte. Ceci est particulièrement évident avec les synthèses de l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA, *European Food Security Authority*) [AMI 17].

A.3.5. La censure des publications scientifiques

A.3.5.1. Le contrôle des organismes dans le domaine du nucléaire

La plupart des organismes œuvrant dans le domaine nucléaire ont une direction pyramidale et toutes les publications sont soumises à autorisation auprès de la direction. Il en résulte une possibilité de blocage de toute information « dérangeante ». Peu d'organismes laissent entièrement libre leur personnel pour publier sans contrainte.

A.3.5.2. Le « secret défense » et le « secret industriel »

Dans le domaine nucléaire, beaucoup d'organismes sont militaires ou industriels. Ils peuvent donc censurer aux motifs de « secret défense » ou « secret industriel » des informations qui pourraient les gêner.

En France, la promulgation de la loi « transparence, sûreté nucléaire » (TSN) a considérablement changé les mentalités (du moins une majorité) et a facilité l'obtention d'informations sur l'énergie nucléaire, et notamment la sûreté. Il reste des points d'ombre, voire d'obscurité assez tenace, en particulier dans tout ce qui touche la défense nationale et qui est couvert par le « secret défense ». Nous pouvons espérer dans l'avenir une évolution positive, car beaucoup des informations retenues n'ont aucune valeur militaire et certaines sont des secrets de polichinelle publiés dans des revues journalistiques spécialisées, mais bien sûr invérifiables.

A.3.6. La vérité scientifique

La vérité scientifique est par définition provisoire, puisque de nouvelles avancées scientifiques peuvent remettre en cause nos certitudes actuelles. Dans cet ouvrage, les auteurs ont tenu compte des connaissances les plus récentes.

Dans de nombreux domaines, et surtout ceux où des intérêts économiques sont en cause, nous pouvons observer des interprétations divergentes. Ceci est particulièrement vrai pour les problèmes de santé humaine. Ainsi, la toxicité du tabac a été longtemps niée par des scientifiques souvent liés à l'industrie du tabac. C'est encore le cas dans certains pays pour l'amiante. Comment expliquer cette attitude ? Les connaissances, et cela n'est pas différent pour la toxicologie, s'étaient peu à peu. Il y a donc au début, un temps qui peut malheureusement se prolonger pendant des années, une information isolée révélant un certain phénomène, comme la toxicité du tabac. Mais est-ce que ce résultat unique correspond à une exception ou à un phénomène général ? Souvent, les nouveaux résultats se répartissent entre confirmation et infirmation du premier résultat. Ceci s'explique parce que le phénomène pour se produire doit rencontrer certaines conditions (par exemple les variations interindividuelles de la susceptibilité aux agents cancérogènes, les habitudes alimentaires, etc.).

En science, contrairement à une idée répandue, les résultats sont rarement parfaitement tranchés (blanc/noir, oui/non), mais au contraire, associés à des incertitudes. Ces incertitudes s'expriment par une fourchette dans laquelle la vraie réponse peut se trouver, associée à une certaine probabilité d'être vraie (de 95 à 99 %). Ceci signifie que la réponse n'est pas absolue ; il y a 5 % ou 1 % de cas où la réponse peut être différente. Nos certitudes sont donc uniquement des probabilités.

Comme toute activité humaine, la recherche recèle certains chercheurs qui manquent de rigueur, et sont capables de biaiser l'interprétation de leurs observations, voire d'inventer leurs résultats, souvent en lien avec les intérêts des financeurs de leurs travaux. Aussi limité soit-il, ce type de comportement suffit pour qu'une partie non négligeable de la population n'ait plus confiance dans l'ensemble de la profession. Comme il en est de même de la classe politique, il en résulte pour le public « qu'on nous ment », « qu'on nous cache des choses graves ». La culture internet permet de propager rapidement et à grande échelle tous les types de rumeurs.

Les réponses biologiques présentent en général une très grande variabilité et suivent souvent une loi normale (ou loi de Gauss). Il en est de même pour les réponses des organismes face aux radionucléides, que ce soit pour les phénomènes de bioaccumulation ou d'élimination ou pour les dommages causés par les rayonnements ionisants. Ceci est vrai pour tous les êtres vivants, homme compris. Il en résulte une grande difficulté à dégager aisément les grandes lois et à prédire les réels impacts de ce type d'agression.

A.3.7. Notre conception du rôle de l'expert

Un chercheur doit mettre à la disposition du corps social sous une forme accessible les connaissances scientifiques concernant les bénéfices, les dangers et les risques sanitaires et environnementaux liés aux grands choix de société, comme l'est l'utilisation de l'énergie nucléaire.

Notre conception du rôle de l'expert est qu'il n'a pas à se substituer aux décideurs ou à la société tout entière, mais qu'il a le devoir de permettre au plus grand nombre d'être en mesure d'effectuer des choix éclairés, c'est-à-dire opérés en toute connaissance de cause.

L'expert doit savoir garder une distance avec l'avis généralement préconçu des protagonistes et il doit évaluer le dossier sans *a priori* et en toute sérénité.

A.4. Les objectifs de l'ouvrage

Les objectifs de cet ouvrage sont d'estimer le risque radioactif pour l'homme. Pour ce faire, les auteurs suivront les étapes de la démarche classique présentée ci-avant, si le danger radioactif a été constaté en même temps que la découverte de la radioactivité. En revanche, l'estimation du risque radioactif pour l'homme fait toujours l'objet de vifs débats. Aussi, dans ce volume, les auteurs synthétiseront ensuite les travaux scientifiques, anciens et récents, qui permettent d'estimer la radioactivité de l'anthroposphère et la contamination radioactive de l'homme. Ils recenseront les diverses voies d'exposition aux rayonnements ionisants (externes, internes, alimentaires) et estimeront les doses d'irradiation subies par l'homme dans diverses conditions (naturelles ou accidentelles pour le public et les professionnels). D'un autre côté, les effets néfastes des rayonnements ionisants aux divers niveaux biologiques (moléculaire, cellulaire, tissulaire) et les effets sanitaires au niveau de l'individu seront rapportés. Un focus sera fait sur les maladies professionnelles dues aux rayonnements ionisants. Les relations doses *versus* effets néfastes des rayonnements ionisants seront discutées pour les doses fortes, moyennes et faibles. Les controverses à ce sujet seront explicitées. Les valeurs réglementaires internationales et françaises seront fournies. Au final, une estimation du risque radioactif pour l'homme sera proposée.

A.5. La rédaction du manuscrit

L'avant-propos, l'introduction, les chapitres 2, 4, 5, 8, 11, 12 et la conclusion ont été rédigés par Jean-Claude Amiard et les chapitres 1, 3, 6, 7, 9 et 10 par Jean-Claude Zerbib. Chaque chapitre a été revu, corrigé, amendé, complété et approuvé par l'autre co-auteur.

A.6. Bibliographie

- [AMI 17] AMIARD J.C., *Les risques chimiques environnementaux. Méthodes d'évaluation et impacts sur les organismes*, 2nd edition, Lavoisier, Tec&Doc, Paris, 2017.
- [IRS 21] IRSN, Baromètre IRSN 2021 sur la perception des risques et de la sécurité par les Français, IRSN, 26/05/2021.