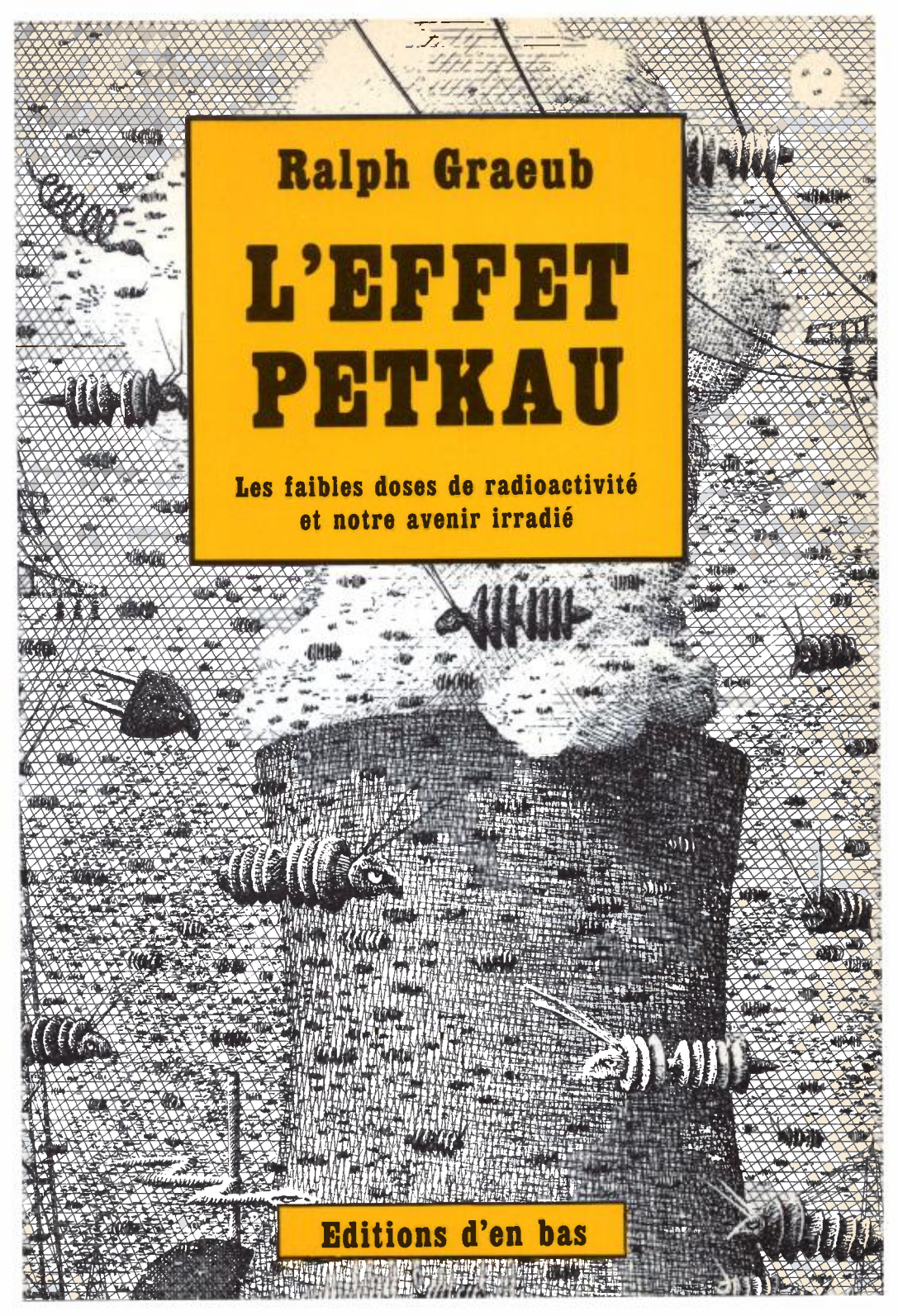




Ralph Graeub

L'EFFET PETKAU

**Les faibles doses de radioactivité
et notre avenir irradié**

Editions d'en bas

Parmi nos publications

Guy Curdy. **Kaiseraugst: le défi** – Vie et mort d'un projet de centrale nucléaire.

Marcel Burri. **Qu'en faire?** – Les déchets radioactifs: une question non résolue. Préface de Monique Bauer-Lagier. Collection "le forum écologique".

Jacques Grinevald, André Gsponer, Lucile Hanouz et Pierre Lehmann. **La quadrature du CERN**. Préface de Robert Jungk.

Urs P. Gasche. **Le Scandale Alusuisse** – La guerre du fluor en Valais.

Thérèse Burnier. **La Démocratie du rouleau compresseur** – La politique des autoroutes en Suisse. Coll. "le forum écologique".

Jean-Claude Hennet. **Ecomobile** – Sortir de l'impasse des transports. (En co-édition avec l'Association suisse des transports-AST.)

Demandez notre catalogue général!

Editions d'en bas
Case postale 304
1017 Lausanne 17 (Suisse).

La collection *le forum écologique* est publiée en collaboration avec le World Wildlife Fund - WWF (Suisse)



Ralph Graeb

L'Effet Petkau

Les faibles doses de radioactivité
et notre avenir irradié

Traduit de l'allemand par Eve Gissinger

Collection "forum écologique"

Editions d'en bas

Titre original:
Der Petkau-Effekt
und unsere strahlende Zukunft
© 1985 Zytglogge Verlag, CH-3073 Gümligen

Couverture: encre originale de Martial Leiter

Ce volume comprend la traduction, actualisée, de la 3e édition en allemand et de deux chapitres nouveaux, sur Tchernobyl et le sida.

Jusqu'à maintenant, et malgré tous leurs efforts, les milieux pronucléaires ou les scientifiques prétendument "neutres" n'ont pas réussi à nier l'effet Petkau dans les systèmes biologiques ni à contredire valablement le contenu de ce livre. Le Dr A. Petkau est actuellement directeur de la division de biophysique médicale de l'*Atomic Energy of Canada Ltd* à Pinawa (Manitoba) au Canada.

Septembre 1988
Ralph Graeub
8135 Langnau am Albis
(Suisse)

Imprimé en Suisse

© 1988 by Editions d'en bas (case postale 304. 1017 Lausanne 17. Suisse)
pour la traduction française.

ISBN 2-8290-0104-4

France: distribution aux librairies par Distique (17, rue Hoche. 92240 Malakoff)

Belgique: diffusion Academia (42, passage de l'Ergot. 1348 Louvain-la-Neuve)

I. Considérations écologiques

A. La préservation de la vie dans les systèmes écologiques

Avec l'autorisation officielle de tous les Etats et sous le regard observateur des experts, l'humanité s'est lentement trouvée dans une position fâcheuse. La surestimation aveugle du progrès matériel et des agréments qui y sont liés a déclenché cette évolution. Mais les causes profondes se trouvent ailleurs: durant les cent dernières années, l'homme a complètement négligé les lois écologiques ou du moins ne les a pas prises au sérieux jusqu'à ces trois dernières décennies.

La biologie classique s'était trop longtemps occupée uniquement d'organismes isolés. En tout cas elle le fit en concordance avec une morale individuelle qui, entre-temps, est devenue sujette à caution et dont l'idée principale tourne autour du bien-être, de la dignité et de la survie de l'individu. On croyait que l'individu seul était "la vie", qu'il fallait à tout prix conserver. Dans les sciences naturelles, cette manière de penser s'exprimait ainsi: on n'étudiait en général que certaines plantes et l'anatomie de certains animaux.

A une époque plus récente, on a cependant découvert que si on voulait conserver "la vie" à plus longue échéance (sous le terme de vie il faut comprendre l'ensemble de la vie sur notre planète), il ne fallait pas placer l'individu au centre, mais qu'il était nécessaire de connaître et de conserver les interactions de tout le monde vivant — *les communautés vitales dans leur environnement inanimé* — c'est-à-dire la vie dans les écosystèmes. Cette nouvelle science s'appelle écologie. Ses débuts balbutiants remontent à l'année 1864.

L'écologie montre que la création, avec la plus grande sagesse, a réuni "la vie" sur terre, c'est-à-dire les plantes, les animaux, et aussi l'être humain dans une même économie naturelle. Dans cette sécurité d'une économie naturelle, "la vie" pourrait encore continuer durant des millions d'années, c'est-à-dire durant un temps indéterminé. Dans l'économie naturelle des systèmes écologiques, il n'y a pas de pollution de plus en plus grande et pas de déchets perdus. Ils serviront davantage et très rapidement au recyclage

d'une vie renouvelée. Considérons donc, comment fonctionne cette économie naturelle! *Dans les normes écologiques, l'être humain y est intégré en tant que simple organisme comme les plantes et les animaux – malgré son esprit, son intelligence, son langage – c'est-à-dire malgré sa position supposée extraordinaire.*

Il existe cinq paliers de systèmes écologiques

On a reconnu que "la vie" se déroule sur cinq niveaux différents qui sont reliés entre eux par un réseau de mécanismes rétroactifs, leur espace vital (192). Ce sont:

- a. *Des cellules individuelles*, comme par exemple des bactéries et des algues. Elles sont viables de manière autonome et représentent le palier le plus primitif de la vie.
- b. *Des organismes multicellulaires*. Chaque animal, chaque plante et chaque être humain est à ranger dans cette catégorie. Ici les cellules ont perdu leur autonomie. Elles se sont spécialisées et dépendent à un degré élevé les unes des autres. A ce stade et pour la première fois, des systèmes nerveux font leur apparition.
- c. *Des populations*. Ce sont des communautés de reproduction d'organismes identiques. L'humanité dans son ensemble représente une telle population, de même que les animaux d'une même espèce, les plantes d'une même variété. Le trait caractéristique de la population est de servir de porteur et de transmetteur du patrimoine génétique.
- d. *Les systèmes écologiques*. Mais même les populations ne sont pas des unités indépendantes. Dans la nature, toutes les populations végétales et animales d'une région vivent dans une large interdépendance les uns des autres et de leur esprit vital. Ces communautés vitales forment des systèmes écologiques. Une forêt, un lac, un fleuve, chaque étang forment des systèmes écologiques, mais chaque cité humaine également avec son espace vital devrait être traitée comme un tel système.
Au niveau des systèmes écologiques, des cycles physiques et chimiques se mettent en action, y compris le courant énergétique. *C'est ainsi qu'un système écologique peut être comparé à un organisme dont chaque composante doit accomplir une tâche.* Chaque intervention impropre de cet organisme peut avoir des suites néfastes.
- e. *La biosphère*. Elle constitue le dernier et cinquième palier. Elle représente l'ensemble de tous les systèmes écologiques de notre planète qui se trouvent de nouveau en relation d'interdépendance entre eux. La

biosphère représente l'organisme principal, dont nous autres êtres humains ne sommes qu'une infime partie.

Trois niveaux de production des systèmes écologiques

Ensuite il existe dans cette économie naturelle des systèmes écologiques, comme dans notre économie dite développée, des producteurs et des consommateurs. Une comparaison des deux systèmes économiques est vraiment décisive pour la compréhension écologique.

- a. *Les producteurs.* Dans la nature, ce sont les plantes. En utilisant l'énergie solaire (par la photosynthèse), elles "produisent" des arbres, de l'herbe, des mauvaises herbes, des fruits, des légumes etc. Elles arrivent à s'autoproduire de façon merveilleuse en puisant dans le sol les matières nutritives, dans l'air et dans l'eau le gaz carbonique. Leurs déchets se transforment en oxygène.
- b. *Les consommateurs.* Les plantes et leurs fruits servent de nourriture à tous les membres des systèmes écologiques, aux consommateurs (animaux et êtres humains), car même les carnivores purs se nourrissent d'une proie qui finalement vit elle aussi de plantes.
- c. *Les agents de décomposition.* Dans l'économie naturelle, il existe en dehors des producteurs et des consommateurs le groupe de ceux qui amorcent la décomposition. Ils mangent ou utilisent les déchets des producteurs et des consommateurs. Les champignons, les bactéries, les vers de terre et de nombreux êtres microscopiques vivant dans l'humus se chargent de la décomposition. Ils transforment les plantes mortes, les feuillages, mais aussi les excréments des consommateurs et les cadavres, à l'aide de l'oxygène, en sels minéraux, en gaz carbonique et en humus. L'oxygène utilisé est dans ce cas un produit de déchets de plantes. C'est ainsi que les déchets servent dans un temps très court aux producteurs, c'est-à-dire aux plantes pour qu'elles recommencent une nouvelle vie. *Le cycle est terminé* (recyclage naturel). De telles communautés, un tel système écologique peut continuer d'exister indéfiniment, car même son apport d'énergie se fait grâce à des porteurs d'énergie renouvelable, c'est-à-dire l'énergie du soleil (sans pollution par des produits nocifs), et de la nourriture.

Dans l'économie naturelle, il n'y a pas de perte. En opposition à cela, l'économie développée qui se superpose aux systèmes écologiques se déroule de façon presque linéaire du producteur au consommateur (puis directement aux dépotoirs) et de ce fait les matières premières

se perdent à jamais. Une telle économie ne peut avoir qu'une durée restreinte.

Oui, une telle économie détruit ses propres bases. De nombreux déchets (produits nocifs de toute sorte) des producteurs et des consommateurs sont lâchés la plupart du temps sans but dans l'économie naturelle et nuisent à l'ensemble complexe de la vie ou la détruisent (par exemple la mort des forêts). Et par l'expansion systématique de l'économie moderne (la croissance économique), la désagrégation de toutes les bases vitales va en s'accéléralant.

Mécanismes de régulation des systèmes écologiques

La nature n'est paisible qu'en apparence. En réalité, il y règne une dure loi: on se dévore ou s'entredévore. C'est à vrai dire le préalable d'un système écologique sain. La sélection naturelle élimine tout ce qui est faible et maladif et par des mutations avantageuses (très rares) – des changements de qualités génétiques – une progression a été rendue possible.

La question "Qui dévore qui?" ne peut pas simplement trouver une réponse par une indication en direction de la chaîne alimentaire (par exemple: l'herbe - la sauterelle - la grenouille - le serpent - le rapace). Une chaîne est beaucoup trop simple pour correspondre à la réalité. Il existe une loi alimentaire complexe. Des mécanismes de régulation compliqués se chargent de l'équilibre dynamique, de sorte que ni les producteurs, ni les consommateurs ni les agents de la décomposition ne puissent aller au-delà de certaines durées. Sinon tout le système écologique s'effondrerait.

Comme nous l'avons déjà mentionné, une fonction importante de contrôle consiste dans le fait que les animaux ne dévorent pas seulement, mais se font aussi dévorer. Les carnivores tiennent la bride aux herbivores. C'est ainsi que les chevreuils se sont multipliés au point de devenir un fléau lorsque l'homme a repoussé leurs ennemis naturels, les renards, les loups, etc. Mais même des carnivores peuvent être tenus à distance par des carnivores. Tous les jeunes animaux sont constamment menacés par des rapaces ou des accidents. De plus, un prédateur qui dévore différentes espèces d'animaux de proie s'attaquera dans la plupart des cas aux espèces les plus nombreuses, de sorte qu'il existe automatiquement des limites à la multiplication. En outre, même le plus puissant carnivore peut être victime de maladies parasitaires, qui se manifestent d'autant plus souvent que le nombre d'une même espèce augmente sur le même terrain.

Sur de longues périodes, "la vie" a une garantie de sécurité et de stabilité dans les systèmes écologiques, mais il y a en même temps une usure des

vies individuelles à la suite de la sélection naturelle. L'unité biologique d'un système écologique peut être comparée à un organisme particulier, dans lequel des cellules isolées meurent sans arrêt et sont remplacées, conduites par des contrôles nerveux et hormonaux compliqués.

Considérés à long terme, des systèmes écologiques sans problèmes ne restent pas stationnaires, mais cela se fait dans le sens d'une amélioration. Dans l'alternance entre la mutation et la sélection, un système écologique apprend, tel que le fait un organisme vivant dans ses cycles, à mieux utiliser l'énergie par des essais et des erreurs. Des organismes ayant une vie brève sont progressivement remplacés par des espèces d'une plus grande longévité. Au cours de l'évolution de notre terre, des communautés vitales de plus en plus complexes se sont formées avec des organismes de plus en plus évolués. Nous devons reconnaître que des créations nouvelles ont pris naissance, qui se soustraient à notre compréhension. C'est ici que se trouvent les grandes lacunes scientifiques.

Les forêts tropicales – un exemple de système écologique

De bons exemples en ce qui concerne de tels systèmes écologiques avec une chaîne alimentaire complète sont les forêts tropicales, comme on les trouve encore de nos jours par exemple dans la jungle d'Afrique Centrale et dans le bassin brésilien de l'Amazone. Ces forêts pluviales représentent des systèmes fermés avec une stabilité interne, où des plantes et des arbres représentent les producteurs, de nombreux animaux les consommateurs, des termites, des vers et bactéries les agents de la décomposition. Ces structures vivent séparées les unes des autres dans diverses couches horizontales entre 1,5 et 35 mètres au-dessus du sol sur lequel n'arrivent presque plus de rayons de soleil. Dans ces forêts impénétrables et embroussaillées, il n'existe pas de saisons. Mourir et devenir se mêlent, l'un passe dans l'autre constamment. Au moins 70 % de tous les éléments nutritifs de ce système écologique ne se trouvent pas dans le sol, mais dans l'espace vital au-dessus du sol.

Mais cette magnificence verte des forêts tropicales fait illusion: leurs sols sont stériles. Celui qui déboise les forêts pluviales gagne de la terre arable pour quelques moissons seulement, après il ne reste qu'une terre déserte stérile.

Il y a trente ans il existait encore seize millions de kilomètres carrés de forêts tropicales. Il n'en reste que huit, mais le déboisement continue impitoyablement. Cette disparition progressive influencera le climat terrestre de façon considérable.

B. Comparaisons : économie naturelle et économie développée

Il y a trois décennies encore, on ne parlait pas de relations écologiques. Nous savons aujourd'hui que les systèmes écologiques resteront relativement indemnes si l'économie développée se superpose à l'économie naturelle en s'adaptant aux systèmes écologiques.

C'est pourquoi trois points importants en sont la condition nécessaire, si l'ordre économique développé artificiel de l'homme doit se maintenir à long terme. Pour cela, il faut absolument changer la façon de penser :

- le principe des cycles;
- la notion d'“émission zéro”;
- les énergies renouvelables;
- les effectifs constants de producteurs et de consommateurs, ainsi que des agents de la décomposition.

Le principe des cycles

Il manque à notre industrie les éléments qui décomposent ses déchets, ainsi que les matières toxiques rejetées lors de la production; en outre, la chaîne alimentaire est interrompue. Nous moissonnons constamment nos champs, qui ne peuvent garder leur fertilité que grâce aux engrais chimiques, alors que nous ne reportons plus nos déchets biologiques sur les champs. L'urbanisation, entre autres, a rendu cela impossible, mais aussi la production constante de matières en partie toxiques et biologiquement non renouvelables. Le manque d'humus, l'érosion, l'envahissement par des parasites, le suramendement, mais également le sol intoxiqué et la nourriture malsaine sont les suites de cette culture du sol défectueuse. La culture biologique indique ici une issue, à condition que nous n'empoisonnions pas sans cesse notre environnement par des matières toxiques. On peut compter parmi ces éléments de façon décisive la radioactivité artificielle dangereuse de l'énergie atomique.

La notion d'“émission zéro”

Ainsi que le montre depuis quelque temps la mort des forêts, nous devrions envisager une économie développée qui parte d'une notion de *no threshold*, c'est-à-dire qu'il faudrait tendre vers des émissions zéro (37). Il est évident que cela ne peut se faire demain, ni même après-demain. Finalement il ne s'agit pas uniquement de problèmes technologiques, mais aussi de problèmes relevant de la politique sociale.

C'est que la nature ne se conforme pas aux valeurs limites d'émissions qui sont établies selon des suppositions d'innocuité et de possibilités technico-économiques. C'est bien de cette façon qu'avec les années une intoxication insidieuse s'est produite dans le sol, les eaux, l'air et les êtres vivants.

La concentration de métaux lourds, les combinaisons biologiquement difficiles à dégrader (tels que le PCB, le DDT, les pesticides) et la radioactivité artificielle dans la biosphère sont des exemples alarmants. Une façon de penser autrement — se basant sur une responsabilité écologique — devrait conduire vers un développement de nouvelles technologies avec des cycles fermés et empêcher que des produits toxiques parviennent dans l'environnement. Nous n'avons pas non plus le droit de tout faire, et de produire tout ce que nous pouvons!

Les énergies renouvelables

Nos sources d'énergie sont en grande partie non renouvelables. Nous vivons du capital de combustibles fossiles, que nous avons jusqu'ici employé sans nous faire de soucis. L'énergie nucléaire en tant que complément ou alternative est de surcroît dangereuse et, du point de vue de l'écologie, insoutenable. Elle pollue de façon constante notre espace vital, et même toute la biosphère. Seule l'énergie solaire, celles du vent et de l'eau et éventuellement la géothermie sont des énergies propres, infinies. C'est finalement sur elles que nous devons compter.

Il ne nous reste pas beaucoup de temps, et comme un revirement immédiat n'est pas possible, la production d'énergie par combustibles fossiles (pétrole, charbon) doit être développée en priorité de façon moins polluante, ce qui pourrait être réalisé rapidement et économiquement acceptable. Il est vrai que l'énergie nucléaire devra prioritairement se réduire, parce que dans ses installations de productions, des diminutions d'émissions importantes ne sont guère possibles.

Les systèmes écologiques tendent d'ailleurs vers un état avec débit énergétique faible. Même l'économie développée devra à l'avenir mieux utiliser l'énergie produite, c'est-à-dire avec moins de perte d'énergie, et tendre vers de meilleurs rendements. Il y a encore de grandes réserves, économiser de l'énergie ne doit pas signifier un moindre confort.

Un rejet de matières toxiques dans l'atmosphère au niveau de celui des années cinquante — tel qu'il est de plus en plus réclamé actuellement (48) — exclut toute augmentation de la radioactivité. L'accumulation de ces produits toxiques dans les systèmes écologiques n'a en fait commencé que dans les années cinquante. Et les produits radioactifs, plus qu'aucun autre

produit toxique, peuvent avoir des effets multiples de synergie, c'est-à-dire des effets accentuant les atteintes!

C'est pourquoi les crédits de recherche pour les techniques nucléaires devraient être supprimés, les projets s'y rapportant arrêtés et l'argent engagé dans la recherche de sources d'énergies renouvelables. Ce n'est que de cette façon que ces dernières pourront être réalisées techniquement et économiquement dans un délai utile.

Des effectifs constants de consommateurs et de producteurs

Au cours de son développement culturel, l'humanité s'est soustraite en grande partie aux mécanismes naturels de régulation (en particulier à la sélection naturelle) des systèmes écologiques. L'homme a évincé tous ses ennemis. Nos armes étaient et sont encore le progrès médical, les sciences et la technique. Mais ce qui est tout aussi décisif, c'est notre fausse éthique individuelle qui sans prendre en considération les exigences de toute la population humaine tend en premier lieu vers le bien-être, la dignité, la survie de l'*individu* (191). Et la question du planning familial y est également liée. Nous savons cependant que l'humanité continue d'augmenter de façon explosive en dehors des pays industrialisés. Selon la conférence de l'ONU en 1985 à Mexico, la population mondiale augmentera de 4,7 milliards en 1984 à 6,3 milliards en l'an 2000. En quinze ans, plus d'un milliard d'êtres humains de plus vivront sur terre. Cela correspond à une population qui sera supérieure en nombre à celle de l'actuelle Europe. Pour lui offrir une existence digne de ce nom, il faudrait créer dans un temps très court des infrastructures, telles que tout un continent les nécessiterait. Mais le temps et les ressources n'y suffisent pas, sans parler des suites politiques et économiques de ce développement.

Il est bien entendu que nous, en tant qu'êtres humains, nous ne voulons plus retourner à l'état primitif de la sélection naturelle, pour arrêter cette croissance. C'est pourquoi une stabilisation de la population devrait être atteinte. Nous y sommes également obligés en face d'un monde végétal et animal impuissant, car nous seuls avons obtenu du créateur le don de précision, de raison, et aussi d'une connaissance qui nous engage.

Mais on doit tendre vers une stabilisation de la population de notre planète avec la plus grande circonspection, car le cas pourrait se présenter où, un jour, nous chercherions du regard de rares enfants, et de plus nous serions pleins de reconnaissance s'ils sont en bonne santé! La pollution chimique et radioactive est aujourd'hui déjà trop avancée. S'y ajoute un autre aspect, que nous devons prendre en considération: autrefois les malades et

les faibles étaient exclus très tôt de la vie à cause d'un combat vital dur, à cause d'épidémies, de famines, etc. Cette cruelle sélection réduisait cependant de façon considérable la transmission de tares génétiques. La société actuelle a la chance, grâce aux moyens médicaux, de garder en vie des malades et des faibles. Cela nous amène à une nouvelle responsabilité, car le danger existe que la race humaine s'affaiblisse au niveau de la santé et aille vers la dégénérescence.

Il est extrêmement important que le combat pour la simple survie qui règne dans la nature soit bien compris. C'est que toute notre vie est sous l'influence de la radioactivité naturelle existant depuis toujours. Mais les atteintes causées par cette irradiation ne pouvaient pas se transmettre autrefois à cause de la sélection naturelle. Et aujourd'hui on ne nie même plus que l'atteinte génétique de la radioactivité commence dès la dose de radiation zéro. Dans ce cas, il importe peu qu'il s'agisse de radioactivité naturelle ou artificielle. C'est pourquoi il est totalement faux d'affirmer que nous avons vécu depuis toujours sans dommages dans un océan de radioactivité. A moins qu'on passe sous silence l'action primitive de la sélection naturelle. Mais comme elle a été largement exclue chez l'homme par la civilisation, la radioactivité naturelle est déjà de trop, de sorte qu'il faudrait empêcher toute augmentation du niveau de radiation existant. Comme nous voulons protéger tous les malades, tous les faibles, tous les handicapés génétiques, nous devons prendre soin de notre plus grand bien, sinon il sera perdu à jamais: l'information génétique. Il est irresponsable de tolérer dans notre espace vital des substances dont on a prouvé la nocivité génétique. En outre, des produits comme ceux de la fission nucléaire pourront, comme nous le verrons plus tard, s'accumuler dans la biosphère et dans les organismes.

Un nouvel aspect de la question est apparu récemment: le Sida. Personne n'est aujourd'hui capable de dire dans quelle mesure ce fléau peut décimer l'humanité. Même sur la possibilité de trouver des vaccins et des médicaments, les avis sont partagés! (223, 224). Il est possible que de faibles doses de radioactivité artificielle (ingérées par la nourriture, l'eau, l'air...) affaiblissent notre défense immunitaire qui, à l'époque du Sida, devrait être renforcée par tous les moyens.

En résumé

L'humanité est intervenue dans la nature avec une totale méconnaissance des situations écologiques, de manière particulièrement irresponsable ces cent dernières années.

Plus un système écologique se diversifie et devient complexe, plus il présente de stabilité à l'égard d'interventions extérieures et donc plus la protection de "la vie" augmente. Mais toute intervention provoquée par l'économie développée (extermination d'espèces animales, interventions dans les cycles physiques et chimiques par un fardeau de produits toxiques de toutes sortes, des opérations génétiques dans le domaine de la flore et de la faune, des essartages de forêts, des corrections de cours d'eau, etc.) peuvent avoir des conséquences imprévisibles.

Malheureusement l'homme a déjà causé des dommages lourds de conséquences à son espace vital et de ce fait à sa propre base vitale. La mort des forêts est vraiment devenue le signe le plus spectaculaire d'une catastrophe écologique menaçante.

La seule issue à cette situation consiste dans une meilleure évaluation écologique de tous les problèmes vitaux. Dans ce sens, l'écologie en tant que science ne peut pas rester neutre, comme d'autres s'en "vantent" encore aujourd'hui! Bien au contraire, on ne peut pas imaginer une écologie sans éthique, sans émotions et sans responsabilité en face de toute vie et de l'avenir. Et celui qui n'éprouve aucune émotion quand se pose la question de l'avenir des affamés et du monde animal et végétal en danger, a déjà perdu une partie de son humanité.

II. Bombes atomiques et énergie nucléaire (effets biologiques)

C. Bases de physique nucléaire

Structure atomique

Avant de discuter des dangers des centrales nucléaires, il nous semble utile de présenter (ou de rappeler) quelques éléments de physique nucléaire. Dans ce qui suit, on procédera d'une façon compréhensible pour tout le monde. Point n'est besoin de connaissances détaillées pour se former sa propre opinion, bien qu'on prétende toujours le contraire.

D'une façon claire, un atome peut être comparé à la structure de notre système solaire. Au milieu se trouve le soleil satellisé par les planètes. Par analogie, mais dans l'infiniment petit, l'atome est formé d'un *noyau* (correspondant au soleil) autour duquel tournent les *électrons* (correspondant aux planètes).

Presque toute la masse de l'atome se trouve concentrée dans le noyau. Ainsi, par exemple, le poids du noyau d'un atome d'hydrogène est environ 200 fois plus élevé que celui d'un électron tournant autour de lui. De surcroît les atomes sont pratiquement "vides". Si on se représente un noyau à peu près de la taille d'une noisette (env. 1 cm^3), l'électron tournerait dans ce cas à une distance de 500 m environ du noyau. Le noyau lui-même a une densité inimaginable. Un centimètre cube de masse atomique pure pèserait 240 millions de tonnes.

Ionisation

Le noyau atomique se compose de *protons* ayant une charge électrique positive et de particules neutres, les *neutrons*. Normalement le nombre de particules positives dans le noyau (les protons) correspond aux électrons négatifs qui tournent, de sorte que l'atome est électriquement neutre. S'il y a plus, ou au contraire moins d'électrons que de protons dans le noyau, un tel atome est alors électriquement chargé, de façon négative, ou positive, c'est-à-dire qu'il est ionisé. On parle alors d'un *ion*.

Radiation ionisante

Des radiations qui ont la capacité de repousser des électrons hors de l'enveloppe d'un atome touché sont appelées *radiations ionisantes*. Par suite de la perte de particules négatives — les électrons — l'atome est alors chargé positivement, il est ionisé. *Un organisme vivant n'a pas besoin d'irradiation ionisante pour se maintenir en vie. Bien au contraire, une telle irradiation a un effet totalement opposé à la vie.* A la suite d'ionisations ainsi provoquées, des composés chimiques subissent une influence préjudiciable, sont décomposés ou détruits. Des substances toxiques peuvent se former dans les cellules du corps, et provoquer des perturbations du métabolisme et des hormones, ou bien engendrer toutes sortes de maladies telles que la leucémie, le cancer, etc. ainsi que des atteintes génétiques.

Les isotopes

Le nombre d'éléments chimiques dépasse la centaine. Le nombre de protons (les particules positives) dans le noyau atomique est déterminé de façon précise pour chacun. Il augmente de l'élément le plus léger, l'hydrogène, qui ne contient qu'un proton dans le noyau, jusqu'à l'un des éléments les plus lourds, l'uranium avec ses 92 protons. Par contre le nombre de neutrons dans le noyau peut varier dans un même élément. On appelle de telles familles atomiques des *isotopes* d'un même élément.

Pour désigner les éléments et leurs isotopes, on inscrit le nombre de masse (il s'agit du nombre de particules dans le noyau) derrière la désignation de l'élément. Ainsi par exemple, l'uranium 238 a 238 particules dans son noyau (92 protons et 146 neutrons), alors que l'autre isotope, l'uranium 235, ne contient que 235 particules dans le noyau (92 protons et 143 neutrons). Les deux sont pourtant de l'uranium.

La radioactivité

Depuis toujours certains atomes, dont les noyaux ne sont pas stables, se décomposent d'eux-mêmes sans influence extérieure. On les appelle *radio-nucléides*. Cette décomposition des noyaux atomiques porte le nom de *radioactivité*. Ainsi il existe à côté du carbone 12 un carbone 14 radioactif (un radionucléide). La décomposition radioactive du noyau instable se fait par l'émission d'un rayonnement (irradiation ionisante). Cette décomposition se produit selon des lois physiques précises, jusqu'à ce qu'il en résulte en fin de compte à nouveau un noyau stable. A cette occasion le caractère propre d'un élément peut se transformer. C'est ainsi que le carbone 14

radioactif se transforme en azote, le tritium ou hydrogène 3 en hélium et le phosphore 32 en soufre. Dans l'organisme vivant, de telles substances radioactives peuvent conduire aux pires troubles biologiques.

On parle de *radioactivité naturelle*, quand elle existe dans la nature, sans l'intervention humaine. Si les radionucléides proviennent de la manipulation humaine (l'énergie atomique), on parle de *radioactivité artificielle*. C'est qu'il est possible de transformer de façon artificielle des noyaux atomiques stables en noyaux radioactifs. Ceci a lieu lors de la fission nucléaire. La découverte de la radioactivité et des rayons ionisants n'a été amorcée que vers la fin du siècle dernier par le physicien allemand W.C. Röntgen (1845-1923). Les rayons X (rayons Röntgen) employés en radiologie médicale, ont reçu son nom. Ils sont produits grâce à des tubes électroniques. Des rayons ionisants analogues sont produits, entre autres, également lors de la désintégration nucléaire des radionucléides. On les désigne par le terme de rayons gamma (rayons γ). Comme pour les rayons X, il s'agit d'ondes électromagnétiques. Le noyau ne dégage pas des particules, mais de l'énergie à l'état pur sous formes d'ondes électromagnétiques. Cette énergie est nettement plus importante dans les rayons gamma que dans les rayons X, et la capacité de pénétration est également d'autant plus grande. Pour des réacteurs atomiques, il faut des murs d'une épaisseur de deux à trois mètres en béton, pour réaliser une bonne protection contre les rayons gamma.

La recherche sur la radioactivité commença en 1896. Deux ans plus tard, Marie et Pierre Curie découvrirent le polonium et le radium dans des pechblendes (minerais) d'uranium. En 1910, Marie Curie réussit pour la première fois à isoler 0,1 g de radium. Cependant il ne lui apparaissait pas encore que la luminescence mystérieuse de cette matière se trouvait en relation avec des rayons extrêmement dangereux. Elle mourut en 1934 de leucémie et fit partie des premières victimes de la radioactivité que l'humanité commençait à manipuler. Le fait que le rayonnement ionisant est extrêmement nuisible à l'homme a longtemps été sous-estimé.

La demi-vie des radionucléides

Chaque élément radioactif nécessite un temps bien précis pour se désintégrer. La mesure de sa vitesse de désintégration est ce qu'on appelle la *demi-vie* qui indique le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux d'un radionucléide bien précis soit désintégrée. Ce temps varie entre des fractions de seconde et des milliards d'années selon les isotopes. Le tableau

qui suit indique la demi-vie de quelques radionucléides émis par des installations nucléaires dans notre espace vital.

Strontium 89	50,5 jours
Strontium 90	28,5 années
Ruthénium 106	368 jours
Iode 129	15,7 millions d'années
Iode 131	8,04 jours
Césium 134	2,06 années
Césium 137	30,1 années
Plutonium 239	24 390 années
Xénon 133	5,29 jours
Krypton 85	10,76 années
Tritium	12,3 années
Carbone radioactif	5736 années

Le tritium (l'hydrogène radioactif) par exemple a une demi-vie de 12,3 années. Au bout de ce temps, il reste d'un kg de tritium encore la moitié, c'est-à-dire 500 g après 12,3 années.

Dans le cas du plutonium 239 — qui est exclusivement produit par la fission atomique — il faut attendre 24 390 années jusqu'à ce qu'il se soit réduit de moitié. L'homme produit ainsi des déchets dont la durée est pratiquement éternelle. Et un millionième de gramme de plutonium provoque déjà un cancer du poumon. Pourtant on en produit des tonnes dans les centrales nucléaires. Et la propagande suisse pour le nucléaire prétendait en 1984, dans des annonces de journaux, que les générations futures nous seront un jour certainement reconnaissantes pour les déchets nucléaires ainsi légués...

Mais des radionucléides de courtes durées peuvent être très dangereux aussi. En particulier les terres rares. Elles représentent 60% des produits de fission radioactifs, et leur chemin dans la chaîne alimentaire jusqu'à la population est bien court. Leur action est d'autant plus intense que toute leur énergie est émise en un temps relativement court.

L'iode 131 doit également être cité ici, qui se concentre dans la glande thyroïde.

Le gaz noble krypton 85 (demi-vie: 10,7 années) est produit en quantité inquiétante, en particulier par les installations de retraitement et se concentre de façon croissante dans l'atmosphère. Ceci pourrait avoir de graves

conséquences sur l'électricité atmosphérique, donc sur les conduites météorologiques (34) et sans doute aussi sur les plantes.

Les différentes sortes de rayons

Lors de la désintégration des atomes, quatre sortes de rayons sont émis:

1. *Les rayons alpha* (rayons α). Ce sont des flux de particules d'une vitesse élevée provenant du noyau en désintégration. Ces particules sont relativement massives (noyaux d'hélium). Ils ne parcourent que quelques centimètres dans l'air et uniquement 0,1 millimètre dans les tissus vivants. Mais par contre, ils sont intensément ionisants. S'ils pénètrent dans le noyau d'une cellule, ils agissent comme un éléphant dans un magasin de porcelaine en démolissant les structures.
2. *Les rayons bêta* (rayons β) sont constitués d'électrons qui proviennent également du noyau atomique (c'est qu'un neutron peut se désintégrer en un proton et en un électron, dans ce cas il y a émission de l'électron). Les rayons bêta peuvent pénétrer de quelques centimètres dans les tissus vivants.
3. *Les rayons gamma* (rayons γ). Comme déjà cité, il ne s'agit ici pas de particules, mais d'ondes électromagnétiques à forte énergie qui, à l'opposé des rayons alpha et bêta, sont capables de pénétrer même dans le béton, le plomb et l'acier. Ils sont émis presque toujours en même temps que les rayons alpha et bêta.
4. *Le rayonnement des neutrons*. Les neutrons sont des particules constitutives du noyau sans charge électrique (1 proton réuni avec 1 électron = 1 neutron). Ils sont émis surtout lors de transformations nucléaires comme par exemple lors d'explosions de bombes atomiques et lors de fission nucléaire dans les centrales. Les neutrons ont une capacité de pénétration incroyablement grande. Même avec du plomb, il est difficile de s'en protéger, par contre on le peut un peu mieux avec de grandes quantités d'eau ou de paraffine.

Pour résumer tout cela: il ne s'agit pas d'apprendre par cœur des notions. Il suffit de comprendre qu'il se produit lors de la fission nucléaire une radioactivité artificielle et une irradiation des plus dangereuses et hostile à la vie (quatre sortes de rayons différents). Et c'est l'énergie atomique, avec de tels radionucléides artificiels, qui est responsable de la pollution grandissante de tout notre espace vital (eau, air, sol, plantes, animaux et humains) car les centrales nucléaires ne sont pas étanches.

La mesure des rayonnements

Après avoir expliqué le caractère des rayonnements radioactifs, nous devons aussi apprendre à connaître les critères pour l'appréciation de leur action physique et biologique.

1. *Activité (curie)*. L'activité ou bien la quantité de rayonnement se mesure en curie. Si 37 milliards d'atomes d'une matière se désintègrent en une seconde, cela correspond à l'activité d'un curie. Ceci est le cas pour un gramme de radium. Parce que l'unité curie est bien trop grande pour des processus naturels, on calcule souvent en fractions de curie. Il s'ensuit les abréviations suivantes:

1 curie	= 1 curie (Ci)
1 millième de curie	= 1 millicurie (mCi)
1 millionième de curie	= 1 microcurie (Ci)
1 milliardième de curie	= 1 nanocurie (nCi)
1 billionième de curie	= 1 picocurie (pCi)

On utilise beaucoup l'unité du curie pour indiquer combien les centrales nucléaires émettent de radioactivité. Mais cette unité est quelque peu ambiguë et tend à minimiser les choses en apparence. Peu de curies ne signifie pas inoffensif. Le danger d'une matière radioactive dépend à vrai dire essentiellement de la nature et de l'énergie de son rayonnement, sa durée (la demi-vie) et de son comportement écologique et biologique.

2. *La dose absolue d'irradiation (rad)*. Par dose de rayonnement, on comprend la quantité d'énergie absorbée sous forme de rayonnement par un kilogramme d'un corps animé ou inanimé. L'unité purement physique pour cette dose d'irradiation (quantité d'énergie) est le *rad* (*radiation absorbed dosis*), $1 \text{ joule/kg} = 100 \text{ rad}$. Un millième de rad est un millirad (mrad).
3. *La dose d'action biologique (rem)*. Il faut prendre en considération l'action biologique variable sur les tissus vivants. Les rayons alpha agissent, tambour battant, sur de courtes distances. Les rayons bêta et gamma pénètrent plus profondément. L'action purement physique ne peut pas forcément être assimilée à l'action biologique. C'est pourquoi on a introduit une autre unité de dose d'irradiation, la dose d'action biologique, c'est-à-dire le *rem* (*radiation equivalent men*). Un millième de rem équivaut à un millirem (mrem).

Le fait que pour une même action physique (la pure absorption d'énergie rad) il puisse y avoir une action biologique différente (dose d'action = rem) se comprend facilement, grâce à la comparaison suivante, selon Manstein (114). Si un tissu vivant a été touché une première fois par un objet pointu, et une deuxième fois par un objet émoussé avec la même force, il en résulte des blessures différentes. La même force physique a par conséquent produit des actions biologiques différentes. Même des variétés différentes de rayons peuvent avoir des actions biologiques de toutes sortes (rem) tout en ayant une dose physique identique (rad). C'est pourquoi on parle d'*effet biologique relatif* (RBW) et on l'exprime aujourd'hui par un *facteur de qualité* (FQ). C'est ainsi qu'on peut transformer sur le papier des rad en rem, en multipliant avec le facteur qualité:

$$\text{rem} = \text{rad} \times \text{FQ}.$$

On a par exemple introduit du FQ de 20 pour les rayons alpha, et un FQ de 10 (84) pour les neutrons. On évalue ces rayons comme étant biologiquement 20 ou 10 fois plus efficaces que les rayons gamma:

1 rad de rayons alpha	= 20 rem (FQ = 20)
1 rad de rayons bêta	= 1 rem (FQ = 1)
1 rad de rayons gamma	= 1 rem (FQ = 1)
1 rad de neutrons	= 10 rem (FQ = 10)

Le mensonge du rem

On remet cependant le rem en question. Point n'est besoin de beaucoup de logique pour reconnaître qu'avec les indications en rem, on feint une exactitude qui n'existe pas du tout. Selon Manstein, ce facteur de qualité repose sur des estimations approximatives et ne peut en aucun cas rendre compte des processus biologiques complexes. Il est impossible d'englober la nature des rayons et leur énergie, mais également les conditions et transformations chimiques qui en résultent dans une seule et unique notion (115). Qu'on réfléchisse ensuite au fait qu'un tissu vivant soi-disant identique (par exemple le poumon, le foie, les glandes) peut englober des fonctions et des sensibilités multiples par unité de poids, du fait des millions de cellules de compositions diverses (115).

Une mesure directe des doses de radionucléides incorporés dans les tissus n'est de surcroît pas possible. Il faut établir des calculs et des mesures

compliqués. S'il se présente de plus une grande diversité des rayonnements absorbés (ce qui est très souvent le cas), et cela concerne en particulier les os et les poumons, les doses calculées deviennent encore moins réalistes. La CIPR (Commission internationale de protection radiologique) écrit à ce sujet (69):

“Dans la pratique de la protection, il existe certaines conditions de rayonnement dans lesquelles la théorie (FQ) ne doit être appliquée qu’avec de grandes réserves...”

Et même l'UNSCEAR (Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants) écrit:

“On n’a jusqu’ici réalisé aucun modèle pour trouver les relations de la répartition temporelle de la dose absorbée d’un radionucléide avec celle de l’irradiation extérieure fractionnée ayant le même effet. (...) Il existe aussi des incertitudes à propos de la microdistribution de l’énergie d’un radionucléide, et elles influencent les valeurs exactes de l’effet biologique relatif...” (205).

Rausch (140) attire l'attention sur le manque d'homogénéité impressionnant de l'absorption des substances radioactives dans les organes. “C’est ainsi qu’on peut observer dans l’os que certains nucléides se trouvent en majorité dans le périoste lors de certaines phases d’accumulation, alors que d’autres se trouvent dans certaines microstructures de l’os compact. Dans le foie, la rate et dans la moelle osseuse, le dépôt de certains radionucléides peut se faire sous forme de ce qu’on appelle des “hot spots”, c’est-à-dire des “points chauds”, alors que de vastes zones de l’organe restent indemnes. Il en va de même pour la répartition du plutonium dans les bronches, les poumons et les ganglions du poumon après inhalation, sauf que des processus de transfert par le déplacement des cellules qui ont emmagasiné la substance, ajoutent encore une composante dynamique à l’irrégularité spatiale de l’accumulation.”

De cette façon, on démontre qu’on ne peut saisir que de manière tout à fait imprécise l’effet biologique d’importantes catégories d’irradiations. Des indications précises seraient pourtant la condition première pour tirer des conclusions au sujet des possibilités de dommage, d’évaluations des risques, l’établissement de valeurs limites, en particulier pour la population. Manstein (115) parle même de “mensonge du rem” et constate:

“Celui qui utilise le terme de rem pour désigner la mesure de la charge pour des organismes, soit ne connaît pas les questions compliquées qui s’y rattachent, soit veut tromper ses auditeurs.”*

La fission artificielle de l’atome

Si on irradie des atomes d’uranium 235 par des neutrons, on constate que le noyau atomique se divise en deux fractions lors de la rencontre avec un neutron. En même temps, deux neutrons se détachent du noyau ainsi fractionné. Si ces deux neutrons de leur côté rencontrent chacun un noyau d’uranium 235, de nouvelles fractions en résultent et en même temps deux neutrons, de sorte qu’il y en a maintenant quatre. De cette façon, la fission de l’atome peut continuer de manière indépendante, c’est-à-dire qu’il s’est créé une réaction en chaîne. En même temps il y a émission d’une importante quantité d’énergie, en particulier de l’énergie calorifique.

Des quantités inimaginables d’atomes peuvent ainsi se désintégrer en des fractions de seconde; c’est cela que l’on vise dans les explosions des bombes atomiques.

Mais le processus de fission peut aussi être contrôlé dans une centrale nucléaire si l’avalanche de neutrons est freinée par des matières absorbant des neutrons, telles que le bore et le cadmium. Ceci rend possible une émission continue d’énergie calorifique que l’on utilise de manière habituelle pour produire de la vapeur et par là de l’électricité.

De nouvelles unités de mesure

Il ne faut pas se laisser induire en erreur par le fait qu’on utilise depuis 1985 de nouvelles unités de mesure qui sont 100 fois plus grandes que les rad et les rem. C’est une conséquence de la reconversion de la mesure de la quantité d’énergie par laquelle on a converti les calories en joules.

C’est ainsi que $100 \text{ rad} = 1 \text{ gray (Gy)}$
 $100 \text{ rem} = 1 \text{ sievert (Sv)}$

* Le lecteur constatera, de plus, que très souvent des rad ou des rem vont se trouver mélangés. Ceci ne doit pas les irriter. En ce qui nous concerne, on peut considérer en général que $1 \text{ rad} = 1 \text{ rem}$. Ensuite on désigne la dose d’énergie purement physique rad par “dose absorbée” alors que la dose d’effet biologique rem est appelée “dose d’équivalence”. C’est pourquoi il peut arriver que les deux désignations soient utilisées ou simplement le mot “dose”.

Au début, la clarté des unités se perd, notamment pour les profanes. *C'est pourquoi nous utiliserons dans ce livre, sciemment et en premier lieu, les unités habituelles de rad et de rem, en soulignant que dans notre cas il n'y a pas lieu de distinguer entre rad et rem.* Les nouvelles unités seront également citées entre parenthèses là où la clarté l'exige.

Mais la mesure de l'activité, le curie, a été transformée en bequerel (Bq). Il y a 1 bequerel lorsqu'il se produit en une seconde une désintégration d'un noyau. C'est ainsi que par exemple 100 pCi (pico-curie) deviennent 3,7 Bq (bequerel). Mais ceci est également secondaire pour nous.

Voici pour des personnes qui sont intéressées quelques tableaux de conversion. Pour se faire une opinion fondée à propos de l'énergie nucléaire, point n'est besoin d'avoir toutes ces connaissances.

Ancienne unité:	$0,01 \frac{\text{joule}}{\text{kg}} = 1 \text{ rad}$	
Nouvelle unité:	$1 \frac{\text{joule}}{\text{kg}} = 100 \text{ rad} = 1 \text{ gray (Gy)}$	
100 rem	= 1,00 Sv	(sievert)
1 rem	= 10,00 m Sv	(millisievert)
100 mrem (millirem)	= 1,00 mSv	(millisievert)
10 mrem (millirem)	= 0,10 mSv	(millisievert)
1 mrem (millirem)	= 0,01 mSv	(millisievert)
100 rad	= 1,00 Gy	(gray)
1 rad	= 10,00 mGy	(milligray)
100 mrad (millirad)	= 1,00 mGy	(milligray)
10 mrad (millirad)	= 0,10 mGy	(milligray)
1 mrad (millirad)	= 0,01 mGy	(milligray)

D. La charge naturelle d'irradiation

Tout notre environnement, et nous autres êtres humains, nous vivons depuis toujours dans un océan de radioactivité naturelle. Personne ne peut se soustraire à ces radiations. Et pendant trois décennies, les promoteurs du nucléaire ont voulu en minimiser le danger. On n'avait par exemple pas constaté de dommages parmi les populations du Kerala (Inde) bien que là-

bas la dose d'irradiation naturelle annuelle soit de 1300 mrem, à comparer à 130 mrem par an en Suisse centrale, etc. (61). De cette façon, on a eu l'impression que toute cette zone entre 130 mrem et 1300 mrem par an (de 1,3 à 13 mSv) était inoffensive. Mais la nature nous fait subir des irradiations de l'extérieur *et* de l'intérieur que l'on peut considérer comme nocives (68 et 69).

L'irradiation extérieure

Elle a deux sources: l'une provenant de l'univers, c'est-à-dire du soleil ou de mondes lointains (rayons cosmiques), l'autre provient du sol. Celle qui pénètre de l'atmosphère (surtout des rayons gamma, c'est-à-dire l'irradiation pure) est affaiblie par l'atmosphère, de sorte que sa force dépend de la hauteur au-dessus du niveau de mer. On compte avec un doublement de la dose tous les 1000 m d'altitude environ.

L'irradiation du sol, par contre, prend sa source dans les roches et les minéraux radioactifs. Les substances responsables sont avant tout des éléments actifs tels le potassium 40, l'uranium 238, le thorium 232 et le radium 226 provenant d'époques géologiques reculées et d'éventuels éléments de décomposition de ces éléments. La charge d'irradiation peut varier selon la composition du sol. Des valeurs élevées apparaissent par exemple dans certaines régions du Brésil, sur l'île de Niue et en Inde (Madras, Kerala). Des sols granitiques conduisent également à une charge d'irradiation plus importante.

L'irradiation interne

Elle résulte d'un *nombre très limité* de substances radioactives naturelles. Elles pénètrent par la respiration et par la peau, mais aussi par la chaîne alimentaire dans notre corps. Non seulement les radionucléides du sol en sont capables, mais aussi l'hydrogène radioactif tritium et le carbone radioactif C 14 par exemple, qui se forment dans les couches extérieures de l'air par transformation sous l'influence des rayons cosmiques. L'irradiation naturelle interne est constituée essentiellement de rayons gamma, avec de plus faibles quantités de rayons alpha et bêta.

Irradiation totale

La CIPR a confirmé dès 1966 ce que les promoteurs du nucléaire ont à l'époque passé sous silence, à savoir que les radiations naturelles sont nocives (61, 68):

“En ce qui concerne les atteintes par suite d’irradiation naturelle, il existe pour la majorité de la population mondiale un risque de l’ordre 6 (1 à 10 morts/million et par rad). Dans quelques rares régions avec une charge élevée de rayonnement naturel, le risque est de l’ordre 5 (10 à 100 morts/million et par rad).”

Cela signifie que, dans des régions d’irradiation élevée, le risque est dix fois plus important que pour la population mondiale moyenne. Et en 1977 (no 26), la CIPR constate même (69):

“On considère ainsi que des différences régionales d’irradiation naturelle impliquent aussi les différences correspondantes dans les dommages...”

Il en ressort l’image suivante de l’ordre de grandeur de l’irradiation naturelle moyenne, de la dose d’équivalence, de tout le corps d’un habitant de la Suisse selon les indications de la CFSR (Commission fédérale de surveillance de la radioactivité) pour 1983 (101):

Irradiation extérieure	
Irradiation par le sol	65 mrem/par an (0,65 mSv)
Irradiation cosmique	32 mrem/par an (0,32 mSv)
Irradiation interne	30 mrem/par an (0,30 mSv)
Total moyen	127 mrem/par an (1,27 mSv)
Charge par le radon (en particulier dans les maisons)	125 mrem/par an (1,25 mSv)
Total	252 mrem/par an (2,52 mSv)

E. La radioactivité artificielle

Des centrales nucléaires plus particulièrement

Au centre des dangers de l’industrie qui exploite la fission atomique, on trouve l’irradiation de haute énergie et les radionucléides artificiels. Ces deux conséquences inévitables surchargeront notre biosphère si on géné-

ralise la technique nucléaire (8), c'est-à-dire qu'elles provoqueront une pollution grandissante. Ces sources de dangers accompagnent toute l'industrie nucléaire depuis les mines d'uranium en passant par la fabrication du combustible, la centrale nucléaire, l'usine de retraitement et le dépôt intermédiaire de déchets nucléaires — car il n'existe pas encore de dépôt final. A ceci s'ajoutent les transports de matériel radioactif. Il faut prendre en considération tout le cycle du combustible, ou encore toute la chaîne du combustible.

Aujourd'hui, on devrait examiner chaque nouvelle technique — même si au départ elle présente des avantages économiques — quant à ses effets possibles dans la distance et le temps, en particulier à long terme; et ceci avant son utilisation. Nous devrions intégrer les expériences passées, pour ne pas répéter les mêmes fautes ou des fautes analogues au passé, des fautes qui seraient irréparables (par exemple des atteintes génétiques dues à l'industrie nucléaire).

Les promoteurs du nucléaire essayent toujours de faire des centrales nucléaires un problème partiel, auquel on ramène toute discussion sur les dangers d'irradiation. On a cependant introduit pour la population des environs des centrales nucléaires la notion de "groupe de population critique", parce qu'elle est normalement menacée et exposée davantage aux irradiations. Mais toute la chaîne du combustible (il n'existe pas encore de vrai cycle à proprement parler) a des effets à distance, qui peuvent interférer et s'additionner. Il est par conséquent tout à fait possible que d'autres groupes de population reçoivent également une charge irradiante plus importante (surtout lors d'accidents nucléaires).

La bombe atomique et la centrale nucléaire

Alors que lors d'une explosion d'une bombe atomique tous les produits de la fission sont immédiatement libérés et polluent l'environnement, une centrale nucléaire émet constamment ou par à-coups des quantités contrôlées de radioactivité dans notre espace vital. *Une telle centrale n'est jamais étanche.* Dans la centrale nucléaire se produisent en principe les mêmes réactions de fission que lors de l'explosion d'une bombe atomique. Les "enthousiastes du nucléaire" n'aiment pas entendre cela. Il est vrai que dans les centrales nucléaires les produits de fission restent en grande partie dans les barres de combustible et dans les installations de filtrage, mais ils créent le problème insoluble des déchets nucléaires. De surcroît, les usines de retraitement sont moins étanches que les centrales nucléaires, car de nombreux éléments retenus dans les barres de combustible ne sont

libérés que là, comme par exemple le krypton 85 qui l'est à 100 %, mais également le tritium, le carbone 14 et l'iode 129. Les barres de combustible usagées sont transportées dans les usines de retraitement et sont retraitées pour en extraire du plutonium, par exemple.

Des centrales nucléaires non étanches, pollution de l'environnement

Une centrale nucléaire n'est pas comme une lampe de poche qui, lorsqu'elle est éteinte, ne donne plus de lumière. Une centrale nucléaire émet au contraire d'innombrables minuscules petites lampes de poche auto-rayonnantes (des radionucléides artificiels, irradiants). On ne peut plus éteindre ces petites lampes de poche. Leur irradiation ne diminue qu'en fonction des demi-vies selon les données physiques. L'homme ne peut plus intervenir.

Ces myriades de petites lampes de poche invisibles sont rejetées par une cheminée à l'aspect propre puis diluées dans d'énormes masses d'air (110 000 jusqu'à 250 000 m³ par heure). Ces cheminées sont d'horribles pollueuses de l'environnement. L'émission se fait aussi par les eaux usées de l'usine et, ainsi que cela s'est déjà passé, souvent de façon incontrôlée (non mesurée) par la machinerie et par les systèmes d'aération.

Dans une centrale nucléaire, de nombreux matériaux de construction sont rendus radioactifs. Il faut l'attribuer à une forte irradiation par des neutrons. Il s'agit avant tout de produits de corrosion qui pénètrent dans l'eau du circuit primaire de refroidissement, tels que :

cobalt 60	demi-vie	5 ans	zinc 65	demi-vie	245 jours
manganèse 54	demi-vie	314 jours	chrome 51	demi-vie	28 jours
fer 59	demi-vie	45 jours			

A la suite de fuites dans des pompes, des soupapes et en particulier lors de travaux de réparation, une certaine partie parvient dans les eaux usées, malgré toutes les installations de filtrage.

Et finalement, il se forme des substances gazeuses radioactives par irradiation de neutrons. Cela concerne des impuretés se trouvant dans l'eau de refroidissement, impuretés qui se sont formées par désintégration de l'eau de refroidissement primaire, par infiltration d'air, etc. Ce sont principalement des radio-isotopes d'azote, d'oxygène, de carbone (issu du gaz carbonique), d'argon et d'hydrogène (tritium). Le carbone 14 radioactif, lourd de conséquences, qui se forme ainsi, n'a de toute façon été "découvert" qu'en 1972! (Avant cela, on l'avait tout simplement "oublié") (137).

Pourtant on avait toujours déclaré joyeusement que tout était connu et sûr.

Ce mélange varié des plus dangereux radionucléides émis en petites doses est répandu n'importe comment dans l'environnement et échappe ainsi à tout contrôle. Il n'existe pas de protection contre ces rayons. Les substances artificielles mortelles peuvent parvenir dans l'alimentation. Nous n'entendons rien, nous ne voyons rien et nous ne sentons rien. C'est ainsi que se forment les sources internes de radioactivité artificielle. Les substances gazeuses chargent en outre nos voies respiratoires et nos tissus pulmonaires.

Le danger possible devant nos maisons

La cause essentielle de la formation d'émission "liquide" et gazeuse et de déchets, ce sont les inévitables endroits de fuites (de minuscules fissures et lézardes) dans les gaines des barres de combustible. Des produits de la fission s'échappent d'elles dans le circuit primaire de refroidissement et en partie par son installation d'aération dans l'air (et ceci malgré tous les filtres et tous les dispositifs de rétention). Un réacteur de 500 MW (mégawatts) peut contenir 30 000 barres de combustible! Avec la durée grandissante de fonctionnement, la part de fuites des barres de combustible augmente, c'est bien pour cette raison qu'elles doivent être échangées périodiquement. C'est pourquoi la centrale nucléaire doit être arrêtée.

Après un an de durée de fonctionnement (d'une centrale de 1000 MW), il existe dans les barres de combustible un inventaire radioactif de produits de fission tels qu'environ 1000 bombes atomiques de Hiroshima pourraient les produire. Ce danger se trouve devant nos portes. Et le danger de ces déchets dépasse notre capacité d'imagination.

Mécanismes de concentration dans des êtres vivants

A ce sujet, un exemple peut montrer à quel point le danger d'une intoxication radioactive de la nourriture peut être incalculable: chez un ouvrier des usines de Hanford aux Etats-Unis, on a constaté une contamination inexplicable de zinc 65. On a découvert que cet homme avait mangé des huîtres provenant d'un banc d'huîtres du Pacifique. Bien que ce banc ait été à une distance de 400 km de la centrale nucléaire, le zinc 65 charié par les eaux usées de la centrale s'était enrichi d'un facteur de 200 000 (138). Il est possible que dans la biomasse il y ait une concentration multipliée par des milliers: jusqu'à 10 000 fois dans les poissons d'eau douce et

jusqu'à 200 000 fois dans le plancton. Le tableau ci-dessous indique quelques facteurs de concentration tels qu'ils ont été constatés pour des produits de fission et de corrosion issus de centrales nucléaires (146):

	Sédiments	Phyto- planctons	Plantes aquatiques	Poissons
Strontium 90	10 – 500	10 – 1000	10 – 10 000	1 – 200
Césium 137	100 – 14 000	30 – 25 000	10 – 5 000	400 – 10 000
Cobalt 60	4000 – 29 000	–	200 – 24 000	400 – 4 000
Fer 59	–	jusqu'à	jusqu'à	1000 – 10 000
entre autres		200 000	100 000	

A cela s'ajoute que de tels processus peuvent être réversibles, de sorte qu'il ne faut pas simplement compter avec une élimination des radionucléides hors des eaux. Le transport de matières en suspension joue dans ce cas un rôle très important.

C'est ainsi que peuvent se produire des mécanismes de concentration inattendus dans la nature, dans les chaînes alimentaires, dans des organes et dans des systèmes d'organes. Ceci peut mener à des surcharges spécifiques d'organes et à des risques spécifiques qui n'ont de loin pas été explorés à fond (41).

En pénétrant par l'air, l'eau et la nourriture dans des organes sensibles, dans la moelle épinière, dans des glandes endocrines, mais également dans des cellules reproductrices, dans l'embryon, etc., ces produits de fission artificielle peuvent y provoquer des doses dix à cent fois plus élevées (des sources internes de rayons), que s'ils agissaient de l'extérieur en étant répartis sur le sol.

Des légumes cultivés dans les environs de centrales nucléaires peuvent être transportés plus loin, de sorte que le consommateur éloigné de la centrale est davantage exposé au danger d'irradiation que le riverain même qui se nourrit autrement.

Le danger de la contamination est également évident pour les fruits de la terre qui sont arrosés dans les entreprises agricoles par des eaux de surface ou dont on a engraisé le sol avec des boues d'épuration, et on peut aussi admettre comme inévitable la contamination du lait par l'iode, le strontium, le césium, etc.

Ces mécanismes démontrent que beaucoup de choses sont inconnues, et que l'émission de substances radioactives par les centrales nucléaires n'est nullement un problème purement physique de dilution dans l'environnement. Il faut songer au fait que notre approvisionnement en eau potable

sera dans l'avenir de plus en plus tributaire des eaux superficielles dans lesquelles s'écoulent les eaux usées des centrales nucléaires!

Il s'agit d'un problème qu'on ne pourra de toute façon jamais dominer. Dans les chaînes alimentaires, les radionucléides issus de notre technique trouvent de façon complexe le chemin d'une créature vers l'autre, d'une génération vers l'autre. Parfois sous forme très concentrée, parfois subtilement dispersés. Et ils provoquent toujours de nouveaux dommages. Personne ne peut prédire quand et où ces produits de déchets radioactifs apparaîtront dans nos assiettes, dans l'eau ou dans l'air. Bien plus, tous n'auront pas tout à fait disparu même après des années, des décennies, des siècles et des millions d'années, selon les propriétés des uns et des autres.

F. Des généralités pour se protéger des rayons

Les instances de protection contre les rayons ionisants

Celui qui veut discuter d'énergie atomique ou veut se forger une opinion fondée doit se procurer une vue d'ensemble sur les effets possibles dans le domaine sanitaire et biologique des irradiations et de la radioactivité. Ceci pourrait également avoir une certaine importance en ce qui concerne le tragique phénomène de la mort des forêts.

On ne peut obtenir une réelle explication de l'énergie atomique que si l'on regarde derrière les coulisses des lois de la protection contre les irradiations. Les dossiers de la biologie du rayonnement, nécessaires au calcul à long terme des risques, se trouvent à vrai dire en grande partie encore incomplets. De nombreuses considérations qui suivent reposent sur des publications des organes suivants:

CIPR = Commission internationale de protection radiologique

UNSCEAR = Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des rayonnements ionisants

BEIR = Sous-comité de l'Académie américaine des Sciences.

La plupart de ces rapports confirment notre ignorance et n'écartent pas nos craintes fondées. Les instances citées ne peuvent être contestées ni par

l'industrie nucléaire, ni par les administrations pronucléaires. Les lois de protection contre les rayonnements ionisants de tous les Etats se basent sur les recommandations de ces trois instances, en particulier sur celles de la CIPR.

Les principales atteintes dues aux radiations

Lors d'effets biologiques de radiations, on distingue :

des atteintes somatiques, ce sont les maux qui atteignent l'homme irradié lui-même;

des atteintes génétiques, ce sont les dommages héréditaires qui peuvent apparaître ou avoir de l'effet dans des générations futures.

Et les nuisances biologiques commencent dès la dose zéro, en augmentant. Ceci a été dit ainsi par l'UNSCEAR (195):

“L'étude des rapports entre dose et effet au niveau de la cellule ou en dessous n'offre aucun indice d'un seuil de tolérance, et doit conduire à la conclusion que des nuisances biologiques après irradiation se produisent quelle que soit la faiblesse de la dose.”

L'UNSCEAR explique ensuite que différents facteurs peuvent rendre compte de la présence d'une atteinte directe ou ultérieure après une irradiation primaire. Font partie par exemple de ces facteurs la sensibilité individuelle des hommes face aux irradiations. Les lois de protection contre les radiations ionisantes ne tiennent pas suffisamment compte de cette sensibilité, de sorte que la personne dotée de cette sensibilité est de prime abord sacrifiée. Il existe également dans les environs des centrales nucléaires des malades, des femmes enceintes et des enfants en bas âge. Ils sont particulièrement sensibles aux radiations. Mais ces êtres humains vivant dans les environs des centrales nucléaires ne sont pas encore particulièrement protégés par les lois de protection contre les radiations ionisantes. Même la CIPR exprime cela de façon claire en... 1984 (93):

“Il y a toute une série de facteurs qu'il faut explorer. (...) On devrait tenir compte des femmes enceintes et des malades chroniques. On devrait en savoir plus à propos du métabolisme des radionucléides (comportement biologique) dans l'embryon et dans le fœtus, et de leur sensibilité aux rayons.”

Parmi les effets les plus importants des irradiations il y a l'influence sur la croissance des cellules et sur les cellules elles-mêmes (le noyau cellulaire, le liquide cellulaire, la membrane cellulaire). Chaque organisme se compose de milliards de cellules variées, et la croissance de substance biologique consiste dans le fait que les cellules tissulaires se multiplient par division. Mais il existe dans un corps complètement formé des tissus qui se renouvellent sans cesse plus ou moins rapidement, de vieilles cellules se nécrosant et de nouvelles se formant (par exemple les globules sanguins, le sperme, la peau, les muqueuses).

L'irradiation ionisante agit sur la structure et la chimie des cellules. Des ions se forment, et des molécules peuvent se diviser, de ce fait il se forme des *radicaux*. Ce sont des fractions de molécules qui sont chimiquement très agressives et forment de nouvelles combinaisons que la cellule ressent comme étrangères et qui peuvent agir comme des poisons.

Déjà très tôt, on a reconnu que l'irradiation n'endommage pas toutes les cellules avec la même force, mais plus particulièrement celles qui se multiplient rapidement. Ceci entre aussi en ligne de compte pour les cellules cancéreuses, c'est pourquoi la médecine utilise des rayons ionisants pour les détruire. Mais dans ces traitements, il faut toujours prendre en compte un risque de dommage, parce que le tissu sain subit aussi l'irradiation. Pourtant on ne devrait pas, par fausse peur des rayons, éviter ou refuser le cas échéant des contrôles ou des traitements radiologiques. Il est vrai que le médecin moderne est devenu dans ces cas beaucoup plus prudent.

G. Atteintes génétiques

Des atteintes dominantes et récessives

Des atteintes génétiques se produisent par des changements (mutations) de chromosomes contenus dans les noyaux cellulaires. La structure de base des chromosomes est l'acide désoxyribonucléique filiforme (ADN) qui au cours des différentes phases de la multiplication et de la différenciation des cellules accomplit une évaluation compliquée de forme et de fonction, mais qui reste extrêmement précise. La potentialité de développement spécifique d'un individu à l'intérieur de l'espèce est conditionnée par l'ensemble de ses gènes. Le porteur de cette information génétique est l'ADN.

L'ovule et le sperme transmettent chacun 23 chromosomes. Ainsi l'ovule fécondé contient 46 chromosomes. A la suite d'une organisation moléculaire particulière de l'ADN, chacun des 46 chromosomes est exactement doublé avant la division cellulaire. Au cours de la division cellulaire, une série complète de 46 chromosomes est ensuite transportée dans les deux cellules affiliées qui se sont ainsi constituées. Une reproduction identique de l'ADN et une distribution aqueuse des chromosomes sont des conditions indispensables au développement normal d'un organisme.

Mais chaque changement de structure dans les chromosomes d'une cellule germinale provoqué par irradiation entraîne une modification de l'information génétique vers les descendants, c'est-à-dire une *mutation génétique*. Si par contre une cellule normale du corps est touchée, les descendants ne le seront pas, mais la personne exposée aux rayons durant sa vie. D'une telle mutation dite somatique peut naître un cancer par exemple.

Mais il est vrai pourtant que certains dommages d'irradiation dans la cellule germinale peuvent être réparés (52). De cette façon, l'information génétique des êtres vivants est protégée de l'irradiation naturelle. La possibilité de remise en état peut également être freinée par certaines substances (la caféine par exemple) (52). La sensibilité très différente des populations aux irradiations devrait être liée à leur capacité, différente aussi de se rétablir face aux atteintes de ces irradiations.

Mendel a décrit dès 1875 deux modes de transmission, l'hérédité dominante et l'hérédité récessive (cachée).

- Une mutation dominante a pour effet que chez *tous* les porteurs de tel gène, le signe distinctif apparaît, éventuellement sous une forme modifiée, voire pathologique.
- Une mutation récessive est en quelque sorte plus sournoise. Elle peut se transmettre sans qu'on s'en aperçoive pendant des générations, jusqu'au moment où un ovule et un spermatozoïde marqués de la même mutation récessive se rencontrent et qu'alors le signe distinctif réapparaît. Le porteur d'une mutation récessive ne ressent pas obligatoirement ses atteintes génétiques cachées. Il est possible qu'une population soit fortement imprégnée d'atteintes génétiques, sans qu'on le constate. C'est ainsi qu'une image tout à fait normale peut être maintenue. Mais les possibilités de rencontre entre porteurs d'atteintes à caractère récessif peuvent connaître un point critique et les atteintes réapparaître massivement dans la population. On parle alors de catastrophe génétique (208). C'est ainsi que des générations à venir pourront être atteintes encore

dans des centaines et des milliers d'années par des mutations récessives occasionnées aujourd'hui (57, 65, 198, 204).

Entre des mutations récessives et dominantes, il y a des paliers intermédiaires, mais en règle générale, toutes les mutations sont nocives et provoquent un amoindrissement de la vitalité et de la fécondité.

Dans les atteintes génétiques, des difformités frappantes (par exemple des handicaps) et certaines maladies rares comme l'hémophilie ou le nanisme ne sont pas les plus importantes. Ces maladies héréditaires ne forment que la pointe de l'iceberg (13). Plus grave est le fait que presque toutes les maladies peuvent avoir une composante génétique et ne pas pouvoir être éradiquées, comme par exemple: des allergies, l'épilepsie, l'arthrite, les calculs renaux, les maladies du foie, la débilité, les maladies des yeux, la faiblesse musculaire, l'ostéomalacie, la dégénérescence du cerveau, l'artériosclérose, les maladies cardiaques, la perte de vitalité, etc. etc.

Il est vrai que la médecine actuelle peut soulager certains symptômes par des médicaments; mais elle ne peut pas empêcher la transmission de la maladie proprement dite, car dans des conditions naturelles, la sélection interviendrait, mais pas dans la société développée. La probabilité de la reproduction d'êtres humains à maladies héréditaires n'est pas moins importante que celle des hommes sains. C'est ainsi qu'on arrive à une accumulation constante d'atteintes génétiques. *L'espèce humaine deviendra probablement de plus en plus malade. C'est pourquoi il est irresponsable de produire des produits toxiques dont on a la preuve qu'ils sont nocifs, comme la radioactivité artificielle à laquelle personne ne peut se soustraire. Nous devons essayer par tous les moyens de la tenir complètement éloignée de notre environnement et des cycles biologiques.* Une technique comme la fission de l'atome ne devrait plus être appliquée. Nous n'avons plus le droit de faire *tout* ce que nous sommes capables de faire.

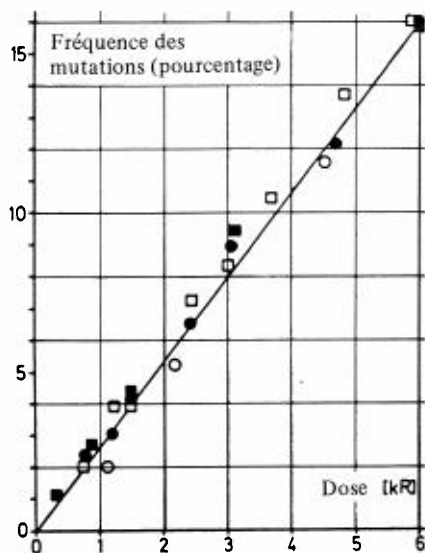
Au lieu de cela, on joue sur les valeurs limites de doses dans les lois relatives à la protection des irradiations, on jongle avec des valeurs numériques et on crée une impression de sécurité et de prise en charge.

L'extraordinaire danger de la radioactivité étant reconnu, il est absolument irresponsable d'arroser la planète de quantités inimaginables de produits de fission à nuisances génétiques ("mutagènes") sortant des centrales nucléaires. Il est relativement facile de montrer la radioactivité de nombreuses substances (mais de loin pas de toutes, comme par exemple le tritium) et les doses apparemment admises (les calculs types, etc.) peuvent donner une fausse impression de sécurité! *Dans ce qui suit, nous voulons montrer quelles connaissances suffisantes nous manquent.*

Depuis toujours, il existe des mutations. Les causes n'en sont pas toutes connues. On les appelle les mutations spontanées. En font également partie les quotes-parts de mutations dues à la radioactivité naturelle. Nous devons nous habituer à l'idée qu'elle provoque déjà des atteintes génétiques et d'autres dommages à la santé (par exemple le cancer). Mais jusqu'aujourd'hui, on n'a pu faire que de vagues estimations à propos de l'effet sur l'hérédité et sur la santé de l'irradiation naturelle. Les avis des scientifiques divergent beaucoup. Le BEIR III 1980 estime que 1 à 6 % des mutations spontanées sont à attribuer à la radioactivité naturelle (23). Et Archer croit que 40 à 50 % du coefficient spontané de cancers lui est due (2). Il existe aussi des études américaines sérieuses affirmant que dans des régions à plus forte irradiation naturelle, il se produit plus de difformités dans la population humaine que dans les régions à irradiation environnante moyenne (55).

Mais l'irradiation artificielle, elle aussi, certaines substances chimiques et des médicaments peuvent provoquer des mutations. Malheureusement on n'a fait que très peu de recherches sur des effets à long terme de nombreuses substances chimiques qui jouent un rôle dans notre vie. L'humanité ne prend guère soin de son patrimoine héréditaire! Et dire que l'on connaît bien mieux la radioactivité que tous les autres produits toxiques a quelque chose de trompeur: on laisse entendre qu'on contrôle la radioactivité! Or il n'en est rien. A moins de contrôler chaque jour notre nourriture avec un compteur Geiger ou des analyses, nous n'avons aucun moyen de savoir si nous avons subi une irradiation. Les émissions de radioactivité artificielle des centrales nucléaires sont elles-mêmes incontrôlées.

Aujourd'hui, toutes les instances autorisées pour la protection des irradiations n'admettent pas de dose de tolérance à propos d'atteintes génétiques. Et avec la dose grandissante d'irradiation, le quotient de mutation (mutation génétique) augmente de façon linéaire à partir de la dose zéro (voir illustration) (208).



Le chiffre des mutations pointillées induites (ici le facteur létal chez le drosophile) est proportionnel à la dose de radiations (extrait de Timofeef-Ressovsky et al. 1972, d'après différents auteurs).

Les doses maximales admises

Bien que H.J. Müller ait découvert en 1927 déjà que le rayonnement ionisant entraîne des mutations et a ainsi un effet nocif sur l'hérédité, ce n'est qu'avec l'ère atomique qu'on a fixé des valeurs limites pour la population mondiale. Il est vrai que jusque-là seuls certains groupes avaient été sous l'effet de rayonnements. Il s'agissait avant tout de médecins et de malades (rayons de Roentgen ou rayons X). Puis par les essais de bombes atomiques (depuis 1945) et l'introduction de l'énergie atomique, la radioactivité artificielle a pollué toute l'humanité.

C'est pourquoi l'Académie américaine des Sciences n'a eu qu'en 1956 l'idée d'utiliser pour la population mondiale la radioactivité naturelle comme base pour établir des doses limites maximales permises. En moyenne, on partit de 5 rad (50 mGy) en 30 ans ou 170 mrad (1,7 mGy) par an. On croyait, à cette époque-là, pouvoir pour ainsi dire doubler sans dommage l'irradiation naturelle (21, 52). On admettait à vrai dire comme insignifiant l'effet d'atteinte génétique de radiations faibles, et on croyait à des doses de tolérance beaucoup plus élevées lors de risque de cancer.

La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) — tous les Etats alignent leurs prescriptions en matière de protection radiologique selon ses recommandations — établit dans ce sens pour la première fois en 1958:

une dose maximale admissible pour la population mondiale, à savoir ces 5 rem en 30 ans ou 170 mrem par an (1 rem = 1000 mrem). N'y était et n'y sont toujours pas pris en compte ni le risque d'irradiation médicale, ni le risque d'irradiation naturelle (24).

Et au premier plan se trouvaient uniquement des considérations génétiques. On ne croyait pas à un risque de cancer lors d'irradiation aussi faible (dose de tolérance). On s'appuyait sur des statistiques américaines qui montraient qu'en moyenne les enfants sont engendrés par des parents âgés de trente ans. De là, les trente ans et non pas un risque durant toute une vie. Manstein pensait à ce sujet: "On sent littéralement la menace dans cette appréciation présomptueuse — malheur à celui qui sort du rang et engendre ses enfants plus tard, on ne pourra plus tenir compte de lui, en ce qui concerne la radioactivité artificielle" (114).

La CIPR remarqua du reste à propos de cette valeur limite (69):

"La commission est d'avis que cette valeur crée une marge raisonnable pour les programmes de l'énergie atomique dans un avenir immédiat. Il faudrait souligner que cette valeur ne représente à la rigueur pas un véritable équilibre entre nuisances et avantages à cause des incertitudes dans l'évaluation des atteintes possibles et des avantages probables" (CIPR 9).

Les valeurs limites des doses n'ont par conséquent pas été établies dans le but de protéger en premier lieu les populations, mais pour créer une marge raisonnable à l'expansion de l'énergie atomique! En même temps, on déterminera aussi une dose limite pour des personnes professionnellement soumises à des risques d'irradiation de 5 rem par an pendant 30 ans (50 mSv par an): là également uniquement sur trente ans pour des raisons génétiques).

Il est aujourd'hui extrêmement important de se souvenir que ces doses n'ont jusqu'à ce jour pas été baissées, bien que l'irradiation se soit avérée comme étant de 100 jusqu'à 1000 fois plus dangereuse qu'il avait été admis à ce moment-là. Le progrès humain et technique ne doit pas être

développé dorénavant au détriment de notre santé et des générations futures, et pas non plus au détriment de nos systèmes écologiques.

Avant tout le risque d'irradiation naturelle ne doit pas servir d'alibi. Il est déjà trop élevé pour une civilisation de notre type. *L'information génétique de l'humanité doit être considérée comme son bien suprême, et chaque intervention artificielle de l'énergie nucléaire – par exemple par des analyses de coût utilisé, par des analyses de risques – devrait être stigmatisée comme le crime le plus horrible.*

Même le sous-comité de l'Académie américaine des Sciences qui traite des atteintes génétiques constate à ce sujet dans son compte-rendu BEIR-III de 1980 (22):

“(…) Le sous-comité est convaincu que chaque augmentation du taux de mutation nuit aux générations futures.”

Déjà sur ce seul point de vue, l'énergie atomique à laquelle nous sommes soumis, devrait être interdite, car le compte-rendu du BEIR de 1972 explique (8):

“Avec le développement de l'énergie nucléaire, il est inévitable que la biosphère soit exposée à un risque radioactif toujours plus grand.”

En clair: on devra donc compter avec des mutations plus importantes, c'est-à-dire avec plus d'atteintes génétiques.

On n'est pas plus avancé qu'il y a 30 ans

Malgré des connaissances révolutionnaires dans le domaine des atteintes génétiques (qu'on songe aux recherches sur le code génétique), la biologie médicale des radiations n'a pas de meilleurs résultats quantitatifs qu'il y a 30 ans (c'est-à-dire en 1952). Ce qui avait déjà été constaté dans le compte-rendu du BEIR de 1972 (9) est répété par la même commission en 1980 (20):

“Bien que le comité utilise une nouvelle méthode d'investigation des risques pour la première génération, les évaluations des effets génétiques sont à peine différents de ceux du compte-rendu de 1972.”

Si par conséquent il s'agit de donner des indications exactes, concrètes, la biologie médicale des radiations reste aussi désarmée dans le domaine

génétique qu'il y a 30 ans! C'est tragique, car entre temps, des milliers de travaux scientifiques ont été publiés et des centaines de milliers de cobayes animaux ont été sacrifiés. Il n'est pas étonnant que le célèbre biologiste du rayonnement ionisant, Alexandre Hollaender, désigne le développement de la biologie des rayons ionisants comme "le champ des batailles perdues" (46).

Nos connaissances sont gravement lacunaires. Le compte-rendu du BEIR de 1972 le dit sans ménagement (10):

"Une information presque totalement manquante à propos des taux de mutations chez l'homme (...)

"Il est impossible de prouver que la dose de doublement (des effets) ne se trouve pas dans le domaine de l'irradiation de background (l'atteinte par irradiation naturelle), c'est-à-dire à 3 rem." (14)

Bien entendu, on admet que cette augmentation de la dose se trouve quelque part entre 50 et 250 mrem (il s'agit de la dose qui doublerait le taux de mutation naturel ou spontané). On s'appuie dans ce cas sur des extrapolations incertaines sur l'homme de résultats d'essais opérés sur des souris (25).

Mais même si nous connaissions cette dose de doublement, c'est-à-dire l'augmentation du taux de mutation par unité de dose, nous ne serions pas plus avancés. Le rapport du BEIR 1972 constate en effet (10):

"Notre incapacité est accablante puisqu'il est difficile de quantifier l'augmentation du taux de mutation et les atteintes à la santé de l'homme."

On ne sait pratiquement rien. Et nos connaissances actuelles se basent en grande partie sur des expériences faites sur des animaux, en particulier sur des souris et des mouches (drosophile). Mais on a reconnu qu'on ne pouvait pas reporter avec certitude les résultats génétiques d'une espèce animale à l'autre, et encore moins de l'animal à l'être humain (10). Le rapport du BEIR de 1972 s'exprime ainsi à ce propos:

"En nous basant fortement sur les expériences avec des souris, on peut ne pas percevoir des effets importants qui n'apparaissent pas facilement chez les souris." (13)

Et à un autre endroit: "Nous ne pouvons pas demander à une mouche drosophile si elle a mal à la tête." (12) Cela entre également en ligne de compte pour les souris!

Sur des mouches drosophiles, on a constaté que les mutations bénignes se produisent aux moins dix fois plus souvent que les mutations graves, mortelles, spontanées (11). Autrefois, on pensait que les mutations bénignes ne dépassaient les graves que par un facteur de 2 à 3 (11). Mais ce sont justement celles-là les plus sournoises, puisqu'elles ont une influence moindre sur la fécondité et la vitalité et peuvent être transmises d'autant plus facilement sur des générations futures (12).

C'est pourquoi le rapport du BEIR 1972 rend attentif à la grande importance de ces mutations bénignes qui *ne se manifestent pas forcément* au cours de l'expérimentation sur l'animal (12):

"Peut-être les pendants humains de ces mutations bénignes (même si elles provoquent de surcroît un léger abaissement de l'espérance de vie) sont responsables d'une plus grande réceptivité pour la maladie et portent atteinte à la force corporelle et mentale ou provoquent des malformations d'un organe."

Les promoteurs de l'énergie nucléaire affirment volontiers que l'on sur-estime les dangers des radiations, et ils renvoient aux souris qui ont été irradiées par de fortes doses et qui pendant 40 générations n'ont pas montré d'atteintes visibles (10). Mais Green (15) émet la critique que l'on aurait pu ne pas remarquer ces mutations bénignes (on ne peut pas demander à une souris si elle a des maux de tête, si sa capacité mentale est un peu affaiblie), ou que l'expérimentation se serait faite dans un champ trop réduit. Il est également clair que si de telles populations de souris de laboratoire avaient été exposées à la dure sélection naturelle à l'air libre, certains amoindrissements instinctifs auraient pu par exemple se répercuter à ce moment-là.

Le rapport du BEIR 1972 dit ceci à propos des expérimentations sur des souris (14):

"Mais la possibilité existe qu'on ne remarque pas une simple mutation chez les souris, qui peut cependant provoquer une grande souffrance chez l'homme." (14)

Tout cela est caché au public.

La prof. Hedi Fritz-Niggli (directrice de l'Institut de biologie radiologique de l'Université de Zurich) — qui prend position pour l'énergie nucléaire — s'exprime ainsi à propos de l'induction de mutation (53):

“Les évaluations des risques selon l'UNSCEAR 1977, CIPR 26, 27 et BEIR III 1980 reposent sur des constatations d'expérimentations animales (en majeure partie sur des souris). Comme l'hérédité d'êtres supérieurs ne devrait pas réagir aux irradiations de façon spécifique à l'espèce, le transfert d'expérimentations sur de petits rongeurs sur l'homme est tout à fait justifié.”

Et le commentaire du groupe d'experts fédéraux “Effet des doses” du mois de juin 1981 à propos du rapport du BEIR 1980 (sous la présidence de la prof. Hedi Fritz-Niggli) résume “les effets de faibles doses de rayonnement sur la population” au sujet des atteintes génétiques comme suit (48):

“Comme évaluation des risques génétiques, le BEIR III (1980) estime que le nombre de perturbations génétiques provoquées est de 5 à 75 par million d'êtres nés vivants exposés à 1 rem; pareillement pour une exposition continue de 1 rem à chaque génération, ces perturbations seront de 60 à 1100. Le taux “naturel” d'anomalies génétiquement conditionnées s'élèverait de 0,05 jusqu'à 1,03 % (1 rem = 10 mSv).

Le rapport du BEIR 1972 pense cependant avec inquiétude que les maladies génétiques bien étudiées ne pourraient représenter que la pointe de l'iceberg et se demande (13):

“Qu'en est-il des autres maladies humaines? Elles sont jusqu'à un certain degré également sous détermination génétique (...) Une préoccupation du sous-comité est l'existence possible d'une catégorie d'atteintes par irradiation qui a échappé aux évaluations. Il se pourrait qu'à cause du fait que l'évaluation est essentiellement étagée sur des données expérimentales faites sur des souris, des effets importants aient pu échapper, parce qu'ils sont difficilement vérifiables sur cet objet, ou parce que la souris n'est de toute façon pas un bon modèle d'expérimentation pour l'étude de l'être humain.”

Et la CIPR admet encore en 1966 de façon très honnête (65):

“Comme l’atteinte génétique ne se manifestera qu’après de nombreuses générations, il serait juste que la conscience commune s’occupe essentiellement des atteintes à long terme. De ce point de vue, on devrait prendre en ligne de compte l’atteinte totale apparaissant à un moment indéterminé.”

De façon tout aussi honnête, l’UNSCEAR retient encore en 1966 (198):

“Dans la plupart des atteintes génétiques, on ne peut même pas se livrer à des conjonctures sur la manière dont l’atteinte se répercutera dans des générations futures chez l’individu et dans la société.”

Et même le rapport le plus récent de l’UNSCEAR (1982) reconnaît que:

“Le problème des taux spontanés de mutations, comme celui des mutations récessives dues à l’induction radiologique, reste posé. Il est actuellement difficile de lui donner une réponse valable.”

A lire toutes les citations publiées dans ce chapitre par les trois plus hautes instances scientifiques dans le domaine de la protection contre les radiations et de la biologie radiologique, on peut remarquer toute l’impuissance de la biologie radiologique en face des atteintes génétiques à long terme qui peuvent résulter de la fission nucléaire. En d’autres termes: les valeurs des doses établies aujourd’hui n’offrent aucune protection sûre aux générations futures. Des radionucléides rejetés par des centrales nucléaires même situées dans des régions inhabitées parviennent finalement dans notre espace vital. Le sol, les mers, l’atmosphère et l’ensemble du monde vivant sont de ce fait à coup sûr atteints de plus en plus fortement par la radioactivité. Comment, dans de telles conditions, peut-on encore justifier les centrales nucléaires et les usines de retraitement et leur donner l’étiquette de favorables à l’environnement?

Mais tout cela ne semble pas présenter de problèmes pour la prof. Hedi Fritz-Niggli. Elle a par exemple calculé que Tchernobyl causera uniquement de 2 à 22 anomalies provoquées par mutation dans les 100 prochaines années en Suisse (217)! Selon le Dr P. Weish, savant et auteur

bien connu, par contre (Institut pour les Sciences écologiques et la protection de la nature de l'Académie autrichienne des Sciences), la catastrophe de Tchernobyl a apporté à une dimension continentale des risques imprévisibles d'atteintes génétiques pour les générations futures (216)!

H. Les atteintes à la santé (atteintes somatiques)

Les atteintes somatiques se manifestent déjà chez l'irradié, à l'opposé des atteintes génétiques qui touchent seulement les descendants. On distingue pratiquement l'effet de doses élevées et moyennes (des atteintes aiguës, se manifestant immédiatement après l'irradiation, comme par exemple la rougeur de la peau) et celui de faibles doses (aux atteintes tardives). Des atteintes tardives se manifestent cependant aussi après une maladie aiguë, due aux rayons qu'on a subis. De plus, il faudra également craindre les suites possibles d'atteintes, subies par les membranes cellulaires, qui agissent déjà fortement à de très petites doses — on en a pris conscience depuis la découverte de ce qu'on appelle l'effet Petkau en 1972.

Les effets de doses de radiations élevées et moyennes (atteintes aiguës)

La mort à brève échéance pourra être atroce telle qu'elle se présenterait en cas d'accidents et de catastrophes dans des centrales nucléaires. Lors d'une panne des systèmes de refroidissement d'urgence, une telle mort pourrait se produire par milliers, lors d'une guerre nucléaire par millions.

De telles atteintes, à la suite d'irradiation de tout le corps, par des doses élevées et moyennes, des hommes les ont vécues pour la première fois en 1945 après l'explosion des bombes atomiques à Hiroshima et Nagasaki. A côté de brûlures et blessures, des phénomènes divers du *syndrome aigu radiologique* se manifestèrent chez les victimes, selon leur position et leur sensibilité radiologique.

Les symptômes individuels qui se manifestent lors de cette atteinte après des heures et des jours se retrouvaient aussi dans quelques autres maladies. Les hommes souffraient de maux de tête, d'étourdissements, de nausées, de fièvre, de diarrhées, devinrent apathiques et moururent après peu de jours. Mais même des gens apparemment indemnes tombèrent subitement malades après une ou deux semaines: hématémèse, des ecchymoses sur

tout le corps, de l'hématurie, un peu plus tard des chutes de cheveux et du sang dans les selles; des infections fiévreuses se manifestèrent à la suite du manque de leucocytes. Un état maladif durant toute leur vie était en général le lot des survivants. Des accidents nucléaires ultérieurs offrirent l'occasion de confirmer l'image du syndrome radiologique aigu.

Lors d'une irradiation unique de tout le corps, les réactions sont à peu près comme suit: de 0 à 25 rem, on ne peut prouver aucun effet; de 25 à 60 rem, 10 % réagissent par des nausées et vomissements; à 180 rem, les premiers cas mortels se manifestent, et 25 % des irradiés souffrent de maladies spécifiques, à 300 rem, il résulte 20 % de cas mortels, et même 90 % de 420 à 700 rem. Lors de doses au-delà de 1000 rem, une survie semble impossible. La mort survient déjà après quelques heures. Cependant il est à remarquer qu'au sujet de ces données, il n'existe aucune unité exacte (131).

Les effets de faibles doses de radiations (également atteintes tardives)

L'inquiétant effet de la radioactivité s'était déjà fait remarquer au siècle dernier (1878) lors de l'exploitation d'une roche à forte teneur en uranium dans les mines mal aérées de Schneeberg en Saxe. 75 % des ouvriers moururent du cancer du poumon. On sait aujourd'hui qu'à côté de la poussière contenant de l'uranium et du thorium, le gaz noble radon qui se concentre dans l'air des mines en était également responsable. Et les pionniers des rayons X, encore ignorants, mettaient leurs mains dans le faisceau de rayons X pour mesurer leur intensité. Mais bientôt les premières atteintes radiologiques se montrèrent sur leur peau, et en 1902, on décrivit le premier cancer de la peau, provoqué par des rayons X. Quelques autres dates caractéristiques:

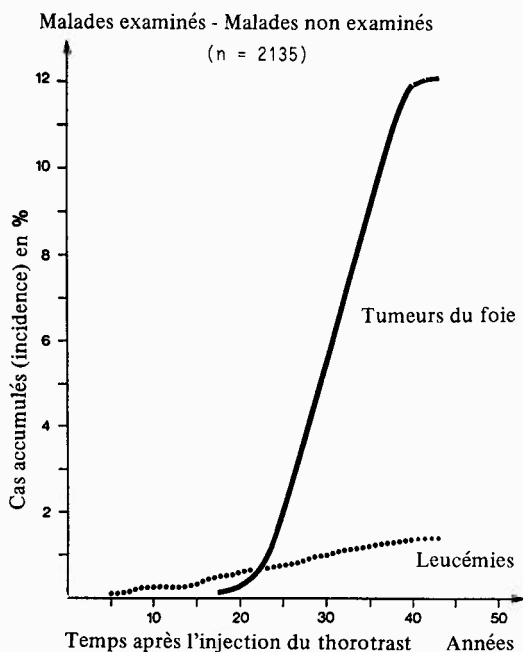
1911 Premier traité sur le cancer radiologique (rayons X) – temps d'évolution: neuf ans – par O. Hesse (33)

1911 Premier compte-rendu sur la leucémie chez des radiologues et des infirmières radiologistes (33).

1928 On utilise du thorotrast contenant du thorium en tant que moyen de contraste dans le diagnostic des rayons X. Bien plus tard, on reconnut que ces malades eurent la leucémie et le cancer. D'après une étude de l'Institut de recherches sur le cancer de Heidelberg – situation de 1982 (40) – les cas de cancer du foie étaient dix fois plus élevés que les cas de leucémie (cf. tableau). La plus courte période de

latence* pour la leucémie se trouvait autour de cinq ans, pour le cancer du foie autour de 16 ans.

Etude allemande du thorotrast



1929 Des femmes peignant des cadrans de montres et qui appliquaient des couleurs lumineuses contenant du radium souffraient de cancer des os (33).

1930 Preuve par expérimentation de la leucémie due aux rayons.

1956 Premiers travaux par A. Stewart sur le cancer dans l'enfance après des radios de diagnostic sur la mère enceinte (33).

1957 A ce moment-là, on reconnut seulement que le cancer se manifestait même après tant d'années parmi les survivants de la bombe ato-

* Période de latence: après l'irradiation, l'évolution peut aller jusqu'à 40 ans ou plus jusqu'à ce que se manifeste une maladie par irradiation. On appelle ce temps période de latence. C'est pourquoi on parle aussi des atteintes tardives de la radioactivité.

mique de 1945 au Japon. *Avant cela, il n'y avait eu que des leucémies et on était sûr que c'était la plus spectaculaire maladie radiologique et qu'on pouvait négliger le cancer.*

1960 Selon K.Z. Morgan (ancien président du CIPR), tous les scientifiques croyaient pratiquement jusqu'en 1960 qu'il existait une dose de tolérance, c'est-à-dire une dose limite inoffensive. Aussi longtemps que cette dose de tolérance ne serait pas dépassée, on n'aurait pas à craindre d'atteintes de santé. "Mais depuis 1960, il y a une masse écrasante de données qui indiquent qu'il n'existe pas de dose de tolérance pour la formation de cancer due aux rayons."(120)

En 1966, la CIPR constate encore, tout en minimisant les risques, que (66):

"Des doses dans un ordre de grandeur de quelque 100 rad peuvent provoquer un cancer dans certains organes. Il n'existe pas de preuves (et il est fort possible qu'il n'en existera jamais) qu'un tel effet lors de faibles doses agira sur d'autres organes que la moelle épinière de l'adulte" (100 rad = 1 Gy).

Les maladies provoquées par irradiation peuvent se manifester après des années et des décennies à la suite d'une lésion due à des radiations. La même chose vaut pour une faible dose de radiation à effet plus court ou de longue durée. Une irradiation faible ne provoque pas de maladie radiologique spécifique (le syndrome ionisant), mais une multitude de maladies bien connues par ailleurs se manifeste de façon accrue dans les statistiques. Tous les irradiés ne tombent pas malades, mais uniquement une partie d'entre eux. On pourrait comparer à la roulette russe, où personne ne sait si ce n'est pas justement lui qui est atteint!

Une multitude de maux peut être provoquée par une faible irradiation:

- la leucémie
- des cancers de toutes sortes
- une fécondité amoindrie
- des changements de chromosomes du sang
- des atteintes mentales et corporelles chez le fœtus (des atteintes dans le développement)
- des tares héréditaires

On parle encore de:

- perturbations dans l'équilibre hormonal et enzymatique
- manque de résistance en face de maladies infectieuses, cardiaques et circulatoires
- vieillissement prématuré

Il faut souligner que l'irradiation augmente un grand nombre de risques de maladies (214).

C'est le risque de cancer et de leucémie qui, des maladies citées plus haut, est aujourd'hui le mieux étudié. Mais, même sur ces atteintes, on est encore très loin de pouvoir faire de sérieuses évaluations. Nous en reparlerons de façon plus précise. On croit que le cancer peut être le résultat d'une *mutation somatique dans le noyau cellulaire* d'une cellule du corps. Chacune de ces cellules peut se transformer en une cellule cancéreuse potentielle. Le mécanisme exact est encore inconnu aujourd'hui. "Comme chaque interaction, riche en énergie, provoque avec une certaine vraisemblance un tel changement, on n'admettra pas de valeur seuil (une dose inoffensive), pour des raisons théoriques. Ceci signifie que par analogie avec les atteintes génétiques, une part des cas spontanés (naturels) de cancer et de leucémie sont à attribuer à la radioactivité naturelle et que chaque dose supplémentaire provoquée par l'énergie nucléaire et la médecine nucléaire augmente le taux de cancer et de leucémie" (208).

Que les faibles doses de radiations engendrent des cancers a été prouvé en 1970 de façon plus précise sur des organismes fœtaux très sensibles aux rayons. Si par exemple des enfants ont été radiographiés dans le sein de la mère, ils sont exposés jusqu'à l'âge de dix ans à un risque de cancer plus élevé (selon Stewart & Neale, 1970) (208).

Nombre de radiographies de 0,2 à 0,46 rad par radiographie (2 mGy jusqu'à 4,6 mGy):	Augmentation du taux de cancer en %
0	0
1	20
2	28
3	70
4	100

On a pris connaissance en 1982 d'une étude de longue durée qui prouve que des filles irradiées dans le sein de la mère sont exposées à un risque

de cancer du sein de 5,5 fois plus grand lorsqu'elles auront atteint l'âge (moyen) de trente ans (62).

Tokunaga et d'autres rendent compte de cas supplémentaires de cancers du sein chez des femmes japonaises qui avaient été irradiées avant l'âge de dix ans par l'impact de la bombe atomique (188).

I. La protection contre les radiations n'en est pas une

Des instances sous influence

Depuis les années 70, il est de plus en plus clair que les instances de la CIPR et de l'UNSCEAR doivent par tous les moyens ouvrir la voie à l'énergie nucléaire, bien que les risques d'irradiation aient augmenté massivement. Cela n'a rien d'étonnant.

Dans la commission de l'ONU — UNSCEAR, les membres sont nommés par les gouvernements des Etats concernés. Cela signifie en règle générale que seuls des savants pronucléaires peuvent y siéger.

Dans la CIPR, le mode d'élection permet de choisir quels scientifiques en font partie. Même Karl Z. Morgan, ancien président de la CIPR, met cela en cause (215). Et il ressort de façon précise de la publication de la CIPR de 1977 (no 26) que la commission est financée uniquement par des associations pronucléaires, comme :

- l'Organisation mondiale de la santé (OMS)
- l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)
- l'Organisation des Nations Unies (ONU)
- la Société internationale de radiologie (SIR)
- la Société internationale pour la protection radiologique (IRPA)
- l'Agence pour l'énergie nucléaire (AEN)
- la Communauté économique européenne (CEE)
- diverses sources nationales qui ne sont pas citées nommément au Canada, au Japon et au Royaume-Uni.

La commission confirme involontairement sa dépendance financière (87):

“La commission remercie les organismes pour le temps qui est mis à la disposition de leurs membres et pour l'aide financière sans laquelle il ne serait pas possible d'exécuter le travail.”

L'Académie américaine des Sciences édite également des rapports. Un rapport célèbre fut celui de 1972, qui donnait d'une façon compréhensible, une bonne vue d'ensemble, objective de l'état des connaissances à cette époque. Il joua même le rôle d'initiateur comme nous allons le voir un peu plus loin (par exemple dans les calculs des risques). En 1979, on publia le rapport BEIR-III, également étonnamment ouvert. Trop ouvert, on s'en aperçoit par la suite: il fut retiré de la circulation peu de temps après. A sa place parut en 1980 un rapport BEIR-III revu avec des données minimisées. Nous reviendrons plus tard sur ce modèle de manipulation d'importantes informations scientifiques.

Gofman et Tamplin: premières évaluations de risques

L'événement le plus important des années 1969/1970, ce sont les publications et les déclarations des chercheurs John W. Gofman et Arthur R. Tamplin de l'Université de Berkeley en Californie, qui ont réalisé indépendamment de la CIPR des calculs de risques (58, 59, 60). L'Office fédéral radiologique américain autorisait pour l'utilisation pacifique de l'énergie une dose supplémentaire de 170 mrem par année (1,7 mSv). D'après Gofman et Tamplin, à cette dose pendant 30 ans, il faudrait compter rien qu'aux Etats-Unis, de 16 000 à 30 000 cas mortels par an supplémentaires dus au cancer et à la leucémie.

Ils exigèrent à l'époque la baisse de la dose à un dixième, c'est-à-dire à 17 mrem par an (0,17 mSv).

On a tout bonnement une impression de grotesque quand on sait que Gofman et Tamplin ont exécuté leurs travaux sur commande et avec l'aide de la Commission américaine de l'énergie atomique (USAEC). Le travail, commencé dès 1963, devait examiner les dangers d'émissions radioactives pour la biosphère et l'être humain. Heureusement ils eurent le courage de ne pas simplement donner une expertise utilitaire comme cela aurait certainement convenu à la commission USAEC. Bien plus, ils ne craignirent pas de publier honnêtement leurs résultats. La commission USAEC, pronucléaire, montra ensuite son vrai visage et procéda selon la pratique classique appliquée à tous les scientifiques, experts, prix Nobel, mais aussi à tous les marginaux s'opposant à l'énergie nucléaire: Gofmann et Tamplin furent dénigrés et ridiculisés. On les menaça de licenciement, leur matériel fut censuré, modifié. On leur retira des collaborateurs, on réduisit leur traitement et on leur refusa des augmentations de salaires. Pourtant l'USAEC ne réussit pas à réfuter les chercheurs. De façon symptomatique,

l'USAEC évita la discussion publique que les deux chercheurs lui avaient proposée (182).

La biologie radiologique se trouve aujourd'hui encore à l'état embryonnaire. Du point de vue de la protection contre les radiations, son développement actuel peut être désigné comme un drame pur. Quelle que soit la raison, on nie que le danger des radiations et de la radioactivité soit de plus en plus mis en évidence depuis leur découverte. Jusqu'au début des années 70, les instances compétentes en matière de protection radiologique de la CIPR, de l'UNSCEAR et du BEIR rendaient compte de façon ouverte et objective des recherches en biologie radiologique. Mais il ne faut pas se laisser induire en erreur par cette attitude relativement ouverte: les autorités de tous les pays (en y incluant leurs instances de conseils scientifiques pour la protection radiologique, pour la sécurité des centrales nucléaires, etc.) et l'économie nucléaire ont, depuis le début de l'ère atomique, toujours crié sur tous les toits que l'usage de l'énergie nucléaire était inoffensif et sans risque pour la nature. On remarquera que cette attitude a changé, lorsque dans la littérature scientifique (CIPR, UNSCEAR, BEIR, etc.), il n'a plus été possible de taire le danger d'irradiations sous-estimé jusqu'ici et qui se révélait plus élevé dans des ordres de grandeur de 10, 100 même 1000 fois.

Cette attitude des autorités – dont l'économie nucléaire profite aujourd'hui encore – était d'abord la suite de la Guerre froide. Les Etats de l'Ouest et de l'Est, soucieux de leur sécurité, ne voulaient pas se laisser entraver dans l'extension de leur arsenal d'armes atomiques et leurs essais (explosions de bombes atomiques). C'est ainsi que la population n'a été informée que de façon insuffisante et impropre sur le danger des radiations et des émissions radioactives. Le professeur Sternglass le montre dans son livre *Secret Fallout* (177) en se basant sur des documents publiés ultérieurement. En principe, lors d'explosions de bombes atomiques, les mêmes radionucléides dangereux ne sont libérés que dans la fission nucléaire des centrales nucléaires. C'est pourquoi on voulut maintenir l'idée d'une dose de tolérance inoffensive.

De tout cela, on peut déduire à quel point la dépendance professionnelle de scientifiques peut influencer leurs déclarations et quelles décisions erronées les politiciens peuvent prendre lorsqu'ils se fient unilatéralement à des experts professionnellement dépendants.

C'est ainsi que l'Association suisse pour l'énergie nucléaire écrivait sur toute une page de la *Neue Zürcher Zeitung* du 26 août 1970 qu'avec les recommandations établies par la CIPR, il n'y aurait "aucun effet portant

atteinte à la santé et à l'hérédité". Ou bien, dans le même journal, on rabaisa en 1972 les dangers des radiations des doses maximales admises par ces mots: "On ne peut évidemment pas tolérer un seul cas de maladie ou de mort provoqué par irradiation." (126)

A l'opposé, la CIPR avait déjà retenu ce qui suit en 1966:

"Ce qui précède rend évident que ce rapport n'apporte pas de solution simple au problème concret de l'établissement de critères pour la protection contre les radiations. Bien que les recommandations quantitatives pour un contrôle de l'industrie nucléaire et aussi pour la protection de la population en cas de danger soient nécessaires, les données sur lesquelles reposent ces recommandations sont imprécises." (67)

Et ces données n'étaient pas seulement imprécises, mais inexistantes — et encore — pour des éléments décisifs. Toujours est-il que, à ce moment-là, les scientifiques ont été assez honnêtes pour parler de dilemme. Visiblement ils ont été forcés, contre leur hésitation, d'aplanir la voie à l'énergie nucléaire. Plus tard, il n'y aura plus de telles manifestations. L'Etat avait mieux pris en main les commissions — en particulier la CIPR et l'UNSCEAR.

C'est ainsi qu'on a déjà brutalement fait observer dans la publication de la CIPR de 1969 qu'on pouvait calculer combien les victimes étaient "tolérables" par la population. La réflexion admettant le risque dans la protection contre les radiations était née (à l'encontre de toute morale). On y dit ceci:

"En ce qui concerne les tumeurs et les effets génétiques, on admet en général qu'il n'existe pas de dose de tolérance. Des recommandations à propos d'irradiations admissibles maximales doivent être établies de telle façon que la vraisemblance d'une atteinte de la population soit diminuée vers des limites raisonnables." (73)

Ceci, la population l'ignorait jusqu'à Tchernobyl, on l'avait passé sous silence, en répétant le slogan: "Jamais encore un homme n'a été tué par une centrale nucléaire."

Des mises en garde européennes de la première heure

Gofman et Tamplin ont été à l'époque un signal pour l'auteur de ce livre. Il était déjà devenu avant cela un opposant conséquent au nucléaire, après

que l'étude des publications de la CIPR et de l'UNSCEAR eut montré que les lois régissant la protection contre les radiations reposaient sur des bases insuffisantes, malgré des affirmations contraires de la part des autorités et des scientifiques soutenant l'énergie nucléaire.

En Allemagne, en Autriche et en Suisse il y a eu à cette époque également des opposants célèbres au nucléaire. On aimerait simplement citer ici : Bechert, Bruker, Heitler, Herbst, Manstein, Niklaus, Par, Scheer, Schwab, Schweigert, Thierrung, Weish, Zimmermann. Il faut mentionner le professeur G. Schwab, qui, il y a trente ans déjà, a essayé de secouer l'opinion publique par son livre *La danse avec le Diable* (157) et fonda l'Union mondiale pour la protection de la vie. Sans l'ordinateur du Club de Rome, il a démontré, en grand penseur, les dommages faits à la nature, les a analysés et prouvés. Les défenseurs des intérêts nucléaires se sont jetés sur lui et on a essayé de forcer le gêneur à retirer son livre de la vente.

Malheureusement il n'y avait pas encore à ce moment-là un livre parlant des dangers de l'énergie atomique se basant surtout sur la littérature de biologie radiologique de la CIPR et de l'UNSCEAR. Puisqu'il n'a pas été possible à l'auteur à cette époque-là de rendre l'opinion publique attentive aux dangers et aux intrigues au moyen d'articles de journaux ou de lettres de lecteurs, de telles publications étant en grande partie refusées par les médias, il fit paraître en 1972 son livre *Die sanften Mörder* qui fut traduit en plusieurs langues (mais pas en français) (61).

Les promoteurs du nucléaire réagirent rapidement. Bientôt parurent des articles de journaux et une brochure tirée à part. L'auteur en était H. Brunner, physicien diplômé, secrétaire du Syndicat suisse des experts pour la protection radiologique (36). H. Brunner écrivait :

“Gofman et Tamplin font des calculs de Perrette. Ils prétendent, comme Graeb, qu'il est recevable et possible d'estimer à 170 mrem par an la dose reçue par la population suite à l'utilisation de l'énergie nucléaire et déduisent que ceci aurait comme suite pour la population des Etats-Unis jusqu'à 32 000 cas mortels supplémentaires de cancer et de leucémie par an. Ils demandent par conséquent une réduction de la dose à un dixième. D'où Gofman tire-t-il la justification morale de se contenter d'un dixième, c'est-à-dire de 3200 morts, s'il croit réellement à son calcul?” (35)

Mais voilà qu'à fin 1972 parut le rapport BEIR-I de l'Académie américaine des Sciences qui confirmait en principe l'étude de Gofman et

Tamplin. Le rapport exigeait directement que ces calculs des risques de cancer servent à l'avenir, avec les risques génétiques, de base à la législation de la protection contre les radiations pour la population en général (19). De même, on évaluait les cas de mortalité supplémentaires de cancer et de leucémie jusqu'à 15 000 en bonne concordance avec Gofman et Tamplin (19). De ce fait, ces derniers ont été réhabilités, leurs détracteurs déjugés. Peu de temps après, Gofman et Tamplin exigèrent la réduction des 170 mrem (1,7 mSv) à zéro, alors que l'Académie des Sciences recommandait la réduction à quelques mrem (7).

La "Bible" des lois de la protection contre les radiations

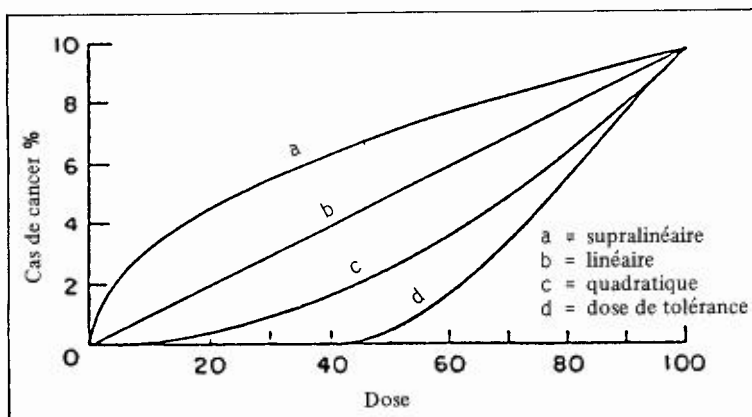
Les organismes internationaux pour la protection radiologique tels la CIPR, l'UNSCEAR et le BEIR fondent leurs connaissances des atteintes somatiques (par exemple les risques de cancer et de leucémie) surtout sur les recherches faites auprès des victimes qui avaient survécu en 1945 aux bombardements de Nagasaki et de Hiroshima et qui vivaient encore en 1950. C'est ainsi qu'on observe depuis octobre 1950 environ 80 000 Japonais victimes des irradiations et qu'on interprète les causes de leur mort. Chaque personne avait été exposée à une certaine dose de rayonnement que l'on évaluait par la position au moment de l'explosion de la bombe (ce qu'on appelle l'étude TD65). Il s'agit dans ce cas de doses élevées de brèves durées (explosion).

Selon la dose à laquelle les survivants avaient été exposés, des atteintes à retardement se sont développées au cours des années (leucémie et cancer). Comme on ne peut pas distinguer un cancer provoqué par irradiation d'un cancer ordinaire (spontané, naturel), il faut se servir de méthodes statistiques. C'est ainsi qu'on compare le nombre de cas de cancer qui se manifeste dans une population (des groupes d'hommes et d'animaux) exposés à une dose de rayonnement bien précise et connue aux cas de cancer se manifestant dans une population non irradiée. Ce groupe de contrôle devrait autant que possible être sociométriquement identique avec le groupe irradié. Lors de hautes doses, un plus grand nombre de cas de cancer dans le groupe irradié peut être constaté de façon nette. Lors de faibles doses cependant, cette augmentation peut être très minime, alors on ne peut plus la prouver statistiquement à la suite de fluctuations naturelles. Pour pouvoir cependant se faire une idée exacte à ce sujet, on est forcé de déterminer par calcul à partir de l'effet observé à de hautes doses l'effet provoquant le cancer pour de faibles doses (selon l'avis de la doctrine dominante). On tire par conséquent des conclusions à partir des

résultats que l'on connaît pour de hautes doses sur les effets de faibles doses. On peut le représenter de façon claire avec ce qu'on appelle des courbes d'effet de dose. Plus la dose est élevée, plus il faut s'attendre à une augmentation des cas de cancer.

Les courbes des effets de dose

(Courbes des effets de dose selon E.J. Sternglass)



De telles courbes résultent de calculs mathématiques compliqués qui ne nous intéressent pas ici. Sur le dessin ci-dessus, on peut voir quelques formes spécifiques qui, d'une façon simplifiée, illustrent les suites des différentes translations (= extrapolations) des doses élevées aux doses faibles. Elles montrent à quel point notre ignorance radiobiologique est grande, mais aussi à quel point nos craintes sont fondées.

Sur l'axe vertical, on indique les cas supplémentaires de cancer provoqués par irradiation (de 0 à 10%) que déclenche la dose irradiante indiquée sur l'axe horizontal (de 0 à 100).

Dans les *exemples* ci-dessus *pris arbitrairement* (des courbes a à d), on admet, d'après des recherches pratiques, que pour une dose de 100, il se produit 10% de plus de cas de cancer (cf. le point d'intersection des quatre courbes à droite dans l'image, la dose 100 se trouvant verticalement vers le bas, les 10% horizontalement vers la gauche). Si maintenant on voulait savoir quel est le comportement de faibles doses (pour lesquelles des essais ne fournissent sans doute pas de résultats statistiquement sûrs), on peut

prolonger avec différentes courbes vers le point zéro. Quatre possibilités sont reproduites. Chaque courbe fournit d'autres résultats correspondants:

- b. *La courbe rectiligne b* passe par le point zéro et donne avec la dose 20 encore 2% de cas de cancer (point d'intersection des verticales reportées à 20 avec la courbe b). *Une telle courbe linéaire ou translation linéaire a toujours été utilisée pour les atteintes génétiques. Plus tard, cette relation linéaire a également été reprise pour les risques de cancer* (BEIR I 1972).
- c. Cette courbe dite quadratique C correspond à la vieille hypothèse (une supposition scientifique), qui prend en compte une dose de tolérance ou encore un effet négligé lors de très faibles doses (par exemple pour des cas de cancer et de leucémie).
- d. Correspond à une courbe avec une dose de tolérance réelle, telle qu'on l'observe par exemple pour la mort immédiate lors de doses élevées irradiant le corps entier.
- a. Cette courbe "supralinéaire" (en dessus de la linéaire) se courbant vers le haut, nous allons la commenter plus tard en traitant de l'Effet Petkau.

Courbe linéaire, une assurance sécuritaire dans la protection radiologique

Si à présent, nous suivons verticalement la dose 20 vers le haut, les courbes d, c et b, nous obtenons à la courbe d: zéro cas de cancer; à la courbe c: à peu près 0,2 % de cas de cancer et à b 2 % de cas de cancer. Selon la courbe avec laquelle on détermine les faibles doses, on obtient par conséquent un effet plus ou moins grand des irradiations. Si nous ne prenons pas en compte la courbe a (nous le ferons plus tard), il résulte de la courbe b le plus grand risque, c'est-à-dire le report linéaire. C'est pourquoi on la désigne comme sécuritaire et qu'elle semblait convenir aux exigences de responsabilité de la protection contre les irradiations. Même le célèbre rapport BEIR-I de 1972 s'appuyait sur elle. *Et d'après K.Z. Morgan, le risque de cancer se différencie par exemple entre les courbes b et c à 1 rem d'un facteur 100!* (120)

Pour des atteintes génétiques, on avait depuis toujours admis cette relation linéaire entre dose et effet (courbe b). Ceci s'était encore confirmé par des expériences sur des animaux. Pour les maladies cancéreuses, on croyait par contre jusqu'en 1960 à la dose de tolérance, telle que la courbe linéaire c le traduit. Dès lors, on calculait le risque selon la courbe linéaire b. On croyait calculer large, car les autres courbes (c et d) indiquent des risques

faibles. Et dans la protection radiologique, il faudrait plutôt admettre un risque trop élevé, pour ne pas sous-estimer les dangers.

Les victimes japonaises des bombes atomiques

En dehors des victimes japonaises des bombes atomiques qui survivent, il n'existe presque pas de courbes d'effets de doses d'un autre groupe de test. Cependant on pourrait imaginer que, par exemple, la radiologie ou la médecine nucléaire pourrait fournir des données précieuses (les médecins, le personnel soignant, les malades). Mais visiblement ces groupes sont trop petits, la zone de la dose trop étroite et les valeurs de la dose trop incertaines, pour établir de telles courbes. En tout cas, c'est l'étude japonaise qui est considérée — avant comme après — comme étant la meilleure source. Elle est pour ainsi dire la “Bible” de la protection contre les radiations (67). Pourtant, elle présente de grandes insuffisances:

- a. La dose attribuée aux victimes est inexacte. L'UNSCEAR écrit à ce sujet (194):

“Malgré des recherches minutieuses, les doses ne peuvent être évaluées que sur la base de l'éloignement du centre de l'explosion. C'est pourquoi les doses ne sont pas fiables, et cette incertitude agit sur l'effet de la dose.”

- b. La sensibilité des tissus des Japonais irradiés ne peut pas valoir pour toute la population mondiale. Et l'UNSCEAR d'écrire (197):

“La population survivante du Japon est le résultat d'une rude sélection par l'effet mortel de l'irradiation, de sorte que les survivants ne doivent pas être représentatifs pour une sensibilité normale aux rayons en ce qui concerne le cancer.”

Et la CIPR d'ajouter (76):

“Même la population japonaise n'était pas tout à fait “normale”. Il manquait les hommes adultes sains qui étaient en service de guerre.”

- c. La CIPR et l'UNSCEAR remarquent en outre:

“De plus, les Japonais n'ont pas tous été irradiés de façon régulière, car certains se trouvaient dans des maisons, derrière des murs, etc.” (196).

“Un à deux tiers des survivants qui ont subi des doses de 650 rad étaient plus ou moins protégés” (72).

- d. Ce qui est inquiétant, c'est que cette étude auprès des survivants n'a été commencée qu'en 1950, c'est-à-dire cinq ans après l'explosion (179). Les plus faibles étaient déjà morts à la suite de l'“effet de catastrophe”.* Et même s'ils avaient survécu, ils auraient pu mourir prématurément de la suite des irradiations subies. Dans les actuelles statistiques des cancers, ces victimes possibles ne sont pas intégrées.

Nous voyons ici également toute une série d'incertitudes graves sur lesquelles reposent les lois de la protection radiologique.

Le risque d'irradiation augmente de plus en plus

Il apparaît que les craintes que nous devons avoir vont en augmentant. Il est vrai que les instances compétentes dans le domaine de la protection contre les radiations de la CIPR, de l'UNSCEAR et du BEIR éditent périodiquement des rapports sur l'état des connaissances à propos des dangers de l'irradiation et de la radioactivité — à la suite de nouvelles connaissances —, mais le tableau qui suit montre à quel point la science se trompe constamment.

Des données sur le risque d'irradiation somatique de l'adulte moyen:

- ¹ Mortalité = Des décès futurs par leucémie et d'autres cancers provoqués par rayonnements, par million de personnes qui ont été soumises une seule fois à une dose du corps entier de 1 rem (10 mSv).
- ² Morbidité = A l'opposé de la mortalité (morts par leucémie et autres cancers), on fait le compte de tous les malades cancéreux (qu'ils meurent ou soient guéris).
- ³ 1958 = La CIPR ne croyait pas encore au risque de leucémie ou de cancer pour des faibles doses de rayons et les valeurs limites des doses pour la population furent avant tout établies pour des raisons génétiques.

* *L'effet de catastrophe*: lors de catastrophes importantes, il manque souvent au début l'eau, la nourriture, les médicaments, un toit. Il règne des conditions contraires à l'hygiène, etc. Le personnel de santé et les plus faibles socialement meurent par conséquent en nombre nettement plus important.

Mortalité¹ (des morts par leucémie et autres cancers)

a	CIPR	1958	0	(voir le chiffre 3 en haut)
b	CIPR	1966	20	uniquement des leucémies
c	CIPR	1966	40	leucémies 20 + autres cancers 20 (+ 20 cas de cancer de la thyroïde non mortels)
d	BEIR-I	1972	50 – 165	leucémies + autres cancers
e	CIPR	1977	100 – 125	leucémies + autres cancers
f	UNSCEAR	1977	75 – 175	leucémies + autres cancers
g	UNSCEAR	1982	100	leucémies + autres cancers
h	BEIR-III	1980	10 – 501	leucémies + autres cancers
i	ICRP	1987	206 – 502	leucémies + autres cancers
j	RERF	1987	1300	leucémies + autres cancers

Morbidité² (cas de leucémie et d'autres cancers)

k	BEIR-III	1980	260 – 880	chez des hommes
k	BEIR-III	1980	550 – 1620	chez des femmes

a. BEIR 1972, pp. 42, 60

b. CIPR no 9, chiffre 95, pp. 16-17

c. CIPR no 8, p. 56, tab. 15

d. BEIR 1972, pp. 167-168, 91

e. CIPR no 27, chiffres 38-39, pp. 13-14, chiffre 33, p. 12/no 26 chiffre 60, p. 12

f. UNSCEAR 1977, p. 414, chiffre 318

g. UNSCEAR 1982, p. 11

h. BEIR-III 1980, p. 145

i. BEIR-III 1980, p. 246

j. RERF: Selon le rapport "Radiations Effects Research Foundation 9-87" d'août 1987, les nouvelles données, fondées sur la dosimétrie révisée de Hiroshima et Nagasaki, donnent pour le modèle purement linéaire une valeur de risque de 1300 (228).

k. BEIR-III 1980, p. 246

Le tableau montre que l'irradiation est à évaluer comme étant plus de mille fois plus dangereuse qu'on ne l'admettait en 1958. Pourtant la CIPR n'a pas abaissé les doses maximales admissibles pour le personnel soumis professionnellement aux rayonnements, pour des individus particuliers et pour la population en général.

La CIPR et l'UNSCEAR prenaient, lors de leurs calculs des risques, uniquement les morts en compte. Mais d'après les connaissances actuelles, les cancers de la thyroïde et du sein, les cancers les plus fréquents chez les femmes, devraient compter dans la morbidité, c'est-à-dire ils devraient être indiqués comme cas de cancer. Dans ce cas, tous les malades cancéreux, en y incluant les morts par cancer et ceux ayant guéris, seraient pris en compte (28). Car le cancer de la thyroïde et le cancer du sein peuvent souvent être guéris (28) et les femmes sont particulièrement menacées par l'irradiation (cancer du sein). Selon le BEIR-III 1980 (cf. le tableau), l'incidence du cancer touche 550 à 1620 femmes, alors qu'elle est chez les hommes de 260 à 800 (tout cela lors d'une irradiation unique avec 1 rad par million de femmes ou d'hommes). Ce sont les femmes qui auraient toutes les raisons de s'opposer à l'énergie nucléaire !

Il est grossier de dénombrer uniquement les cas mortels de leucémie et de cancer, comme le font la CIPR et l'UNSCEAR. De cette façon, on dissimule qu'une femme guérie d'une ablation du sein ou un patient délivré d'un cancer de la thyroïde sont, par exemple, également des victimes du risque d'irradiation. On ignore froidement les souffrances de ces personnes qui sont soumises leur vie durant à une surveillance médicale. En minimisant sans humanité les dangers des irradiations, on veut préserver le futur de l'énergie nucléaire. Le rapport officiel BEIR-III de 1980 écrit à ce sujet :

“Beaucoup de membres du comité croient que la morbidité due à l'irradiation donne une image plus complète du coût social que la mortalité” (cas mortels) (26).

On admet du reste que les cas de cancers dus aux rayonnements (morbidité) sont environ deux fois plus élevés que les cas mortels de cancer par irradiation (18, 88).

On remarque aussi dans le tableau qu'apparaissent avec les années de plus nombreuses et de plus grandes incertitudes dans les indications des chiffres. Dans le rapport du BEIR-III de 1980, par exemple, l'écart dans l'incertitude comporte de 10 à 501 cas mortels de leucémie et de cancer ! Cela tient à ce que l'on ne connaît pas encore le risque réel de cancer lors de doses élevées. Le temps d'observation des Japonais est trop court dans ce cas. Ce n'est que lorsque ce groupe de personnes aura disparu — ce qui peut encore durer des décennies — ou bien lorsque les cas de cancer par

irradiation auront diminué un jour, qu'on arrivera à une possibilité de calcul claire (le risque dit relatif et absolu devenant identique) (29).

Dans le rapport BEIR-III 1980, on retient de plus (27):

“Il existe des preuves que le risque élevé de cancer des os et de leucémie n'est pas éternel, mais deviendra négligeable après 25 ou 30 ans. Pour tous les autres cancers par irradiation (...) le temps de latence comporte dix ans ou plus, et il n'existe pas de point de repère jusqu'à présent qui indique que le risque élevé de cancer diminuera. On n'a à vrai dire pas encore mené d'étude jusqu'au point où tout le groupe humain a disparu. Chaque risque de cancer à vie de personnes irradiées présente de ce fait d'importantes incertitudes.”

Et pour l'instant, les cas de cancers augmentent encore fortement chez les Japonais et personne ne sait si cela va durer et pour combien de temps, ou si après tout, ils vont diminuer un jour (3, 50, 199).

Des intrigues, la science manipulée (BEIR-III 1980)

Les scientifiques ne sont pas d'accord entre eux pour savoir d'après quelle courbe d'effet de dose il faut évaluer les estimations de risque de faibles doses d'irradiation. C'est là que se trouve une autre raison de la grande incertitude des indications chiffrées. Il est surtout inquiétant que ce débat semble être moins un débat scientifique qu'une polémique à enjeu économique et militaire. Du moins c'est ce que laisse entendre J. Rotblat. Il écrit dans le *Bulletin of the Atomic Scientists* de juin-juillet 1981 (145):

“Des évaluations de risque des faibles doses d'irradiation peuvent varier de deux ordres de grandeur selon que l'on applique la théorie de l'un ou de l'autre ou encore selon les données observées. Malheureusement, ce n'est pas simplement d'un intérêt académique. Le choix d'un modèle en vue d'un calcul de risque peut amener d'énormes différences dans le coût. De puissants intérêts extérieurs s'y ajoutent. (...) L'histoire du rapport du BEIR-III offre à ce sujet la meilleure illustration.”

Le BEIR est un comité consultatif du Conseil national de la recherche de l'Académie américaine des Sciences. Son premier rapport I/1972 passait pour l'œuvre de référence pour la protection de la population contre les radiations. Le constant débat à propos de l'énergie nucléaire et la nécessité de mettre constamment à jour les derniers résultats de recherches sur les

faibles irradiations obligèrent l'Académie à commander auprès du comité du BEIR un nouveau rapport. Ceci se passait en 1976. Sous la présidence de E.P. Radford, professeur d'épidémiologie de l'environnement à l'Université de Pittsburgh et également président du sous-comité du BEIR pour des atteintes somatiques, le comité avait terminé ses travaux fin 1978. Selon Radford, il n'y eut plus d'autre séance du comité. Le rapport BEIR-III fut publié et distribué en mai 1979.

Puis advint quelque chose d'extraordinaire. L'Académie retira le rapport bien que 17 des 22 membres du comité l'eussent approuvé! De plus, les cinq membres opposés — sous la direction de H. Rossi — avaient déjà eu l'occasion d'expliquer leur attitude. L'Académie désigna un "groupe-croupion" de sept membres du comité pour faire une révision du chapitre concernant les risques de cancer. Avec un retard d'un an, l'édition définitive du BEIR-III parut en 1980. Le changement essentiel consistait dans ce qu'on avait admis, qu'à la place d'un effet linéaire de dose il y aurait une courbe quadratique qui, concernant les faibles doses, prend une autre direction, visiblement dans la direction souhaitée car cette courbe comporte un risque de cancer nettement plus faible. Elle se trouve entre la courbe c et b (cf. tableau précédent). Rossi défendit même le modèle quadratique, la courbe a, avec un risque encore plus faible! Dans le BEIR-III de 1980, Radford autant que Rossi purent exposer leur point de vue (31). Parmi les manipulations entreprises, on minimisa par conséquent les dangers d'irradiation, et la courbe linéaire employée dans le BEIR-I de 1972 fut rejetée. Le risque de cas mortels de cancer par irradiation — de 10 à 501 comme indiqué dans le tableau précédent — se répartit ainsi:

Cas mortels

167 à 501 courbe linéaire b (Radford)

77 à 226 courbe linéaire-quadratique (se trouve entre les courbes b et c)
risque officiel selon le comité-croupion

10 à 28 courbe quadratique c selon Rossi

Dans sa prise de position dans le rapport BEIR-III 1980, Radford déclare entre autres:

- "La nouvelle version du rapport dédaigne toutes les études des risques de cancer chez l'homme, à l'exception des données japonaises. Elle réduit les évaluations de risques au point qu'elles correspondent à peu près

à celles du BEIR-I de 1972. En plus, elle ne prend pas en considération le plus important (décrire dès maintenant le risque de cancer comme morbidité), et elle feint d'ignorer ces nombreuses données: le risque de cancer augmente, les doses qui présentent des effets sont en constante baisse et les différentes espèces de cancer humain induit par irradiation ont augmenté. La nouvelle version du rapport (...) n'a pas pris en considération ces points importants et ne correspond pas par conséquent à la nouvelle position de la science en ce qui concerne les évaluations des risques, ce qui aurait dû être le véritable devoir du comité du BEIR-III." (31)

Radford illustre le risque de cancer dans le BEIR-III 1980 entre autres comme suit (30):

Risque de cancer à vie (cas de cancer = incidence) de 1 million d'hommes et de femmes

	Hommes	Femmes
sans irradiation	283 000	285 000
risque supplémentaire en cas d'irradiation continue de 1 rad/ par an durant toute la vie	16 000 – 31 000	37 000 – 185 000
risque supplémentaire en cas d'irradiation unique de 1 rad/ par an	260 – 880	550 – 1620

C'est ainsi que la protection contre les radiations devient le jouet de toutes sortes de groupes d'intérêt qui s'occupent peu ou seulement de façon hypocrite de la survie de l'humanité. C'est effrayant, car, selon les connaissances actuelles, il ne devrait plus y avoir d'hésitation entre l'économie et le risque. L'application des rayons et de la radioactivité devrait être réduite uniquement et de façon stricte aux seuls domaines médicaux. Des technologies utilisant comme base la fission de l'atome ne devraient déjà plus être permises actuellement. Pour preuve l'étendue du manque de connaissances radiobiologiques à l'heure actuelle, il faut considérer l'ampleur des variations des chiffres indiqués plus haut. Ou bien un autre exemple: en 1958, on croyait que des doses de 1 rad par an ne signifiaient *pas un* risque de cancer! On ne savait pas non plus à cette époque-là que les femmes

étaient beaucoup plus sensibles aux rayonnements (cancer du sein) que les hommes.

Sécurité nucléaire ?

Radford mentionne à propos des indications du BEIR-III qu'il n'est pas tout à fait certain de pouvoir prouver dans tous les cas de cancer l'origine des rayonnements, malgré ces expositions élevées peu réalistes. Un effet de rayonnement et de radioactivité pourrait avoir un effet de mort en masse, la propagande nucléaire continuerait à affirmer que personne n'a été tué par irradiation !

Qu'on permette cette remarque puisque H.P. Hänni, physicien diplômé et spécialiste des questions de sécurité nucléaire à la centrale de Beznau (Suisse) écrit dans la *Basler Zeitung* du 13 mai 1981 ce qui suit (63): "Les nombreuses recherches montrent qu'une dose annuelle de rayons de 2 rem ou 2000 mrem (ce qui correspond à 60 rem en 30 ans) ne déclenche pas d'atteintes vérifiables. Elle n'est pas inoffensive, mais l'effet est tellement faible qu'on ne constate pas d'atteintes vérifiables. D'autres influences sont dominantes." Une irradiation sur un million de personnes de 60 rem (0,6 Sv) en 30 ans aurait cependant, selon les données officielles, un effet de mort en masse ! Comment pouvait-on en 1981 prendre à la légère de telle façon une dose accumulée de 60 rem ? Est-ce qu'on explique ainsi ce que le citoyen doit comprendre sous le terme de "sécurité nucléaire" ?

Médication forcée de la population par la radioactivité artificielle

A l'aide des calculs de risques cités plus haut, on peut bien montrer à quel point les autorités protègent et propagent l'énergie nucléaire de façon gravement négligente. On doit vraiment se demander jusqu'où peut aller l'influence de l'industrie nucléaire. Par comparaison, même l'industrie gigantesque de la chimie semble être un nain sans importance. Un rappel: début 1984, certains médicaments antirhumatismaux comme le Butazolidine et le Tanderil suscitèrent un grand émoi dans le public. Par des indiscretions, une étude interne de Ciba-Geigy avait été publiée, selon laquelle ces médicaments provoqueraient en l'espace de 30 ans environ 1182 cas mortels. Ceci pour 200 millions de malades (127). Certains critiques allèrent même jusqu'à calculer 11 000 morts pour 180 millions de malades traités (127). Si l'on fait le calcul inverse, il y aurait pour 1 million de malades 6 à 61 cas mortels. Avec un tel pourcentage de cas mortels pour des médicaments qui sont utilisés uniquement de façon ponctuelle, acceptés librement et bien ciblés et dont les bien-portants sont épargnés, l'Office

fédéral allemand de la santé décida que des médicaments contenant les agents phénylbutazon et oxiphenbutazon ne devaient plus être prescrits qu'en cas de maladie de Bechterew (il s'agit d'une inflammation chronique des articulations, en particulier de la colonne vertébrale) ou lors de crise de goutte, et ceci uniquement pour une thérapie de sept jours! (5, 127). En 1985, Ciba-Geigy a arrêté la vente de Tanderil pour tous les traitements internes et ceci au niveau mondial (130). Comparons avec les produits de la fission nucléaire. Les substances radioactives produites de façon artificielle agissent avant tout par l'intérieur sur les êtres vivants.

Il faudrait comparer le risque de cancer *à vie* à la suite d'une irradiation *unique* par 100 mrem (1 mSv) par an. (A cette dose, des individus d'une population peuvent même être irradiés à plusieurs reprises sur une période plus longue, selon la CIPR 1984). D'après le rapport linéaire du BEIR-III 1980 (Radford), il faudrait compter avec 26 à 88 cas de cancer par million d'hommes et 55 à 162 cas par million de femmes, les atteintes génétiques possibles ou d'autres conséquences radiologiques n'étant pas prises en considération. Les directives suisses R-11 "admettent" encore 20 mrem maximum par an comme valeur limite des émissions pour la population des environs d'une centrale nucléaire (103). *Avec un tel effet possible, la radioactivité en tant que médicament ne devrait même pas arriver dans le commerce, comparée au médicament antirhumatismal, et encore moins administrée en permanence à une population! Pour faire triompher l'énergie nucléaire, pourtant, des risques si élevés sont permis légalement. Sans compter que l'enfant dans le sein de sa mère peut être beaucoup plus sensible que l'adulte. Et pour le personnel à haut risque professionnel, on admet légalement encore des doses de radiations plus élevées que les 100 mrem/par an (1 mSv) pris en considération ici.*

La pulvérisation forcée dans notre environnement et sur toute la population (ce ne sont pas simplement des malades qui ont besoin d'aide) de substances radioactives artificielles est irresponsable. Que nous ayons naturellement des radionucléides dangereux dans notre corps (avec lesquels la vie reste cependant en équilibre) ne veut pas dire qu'on peut sans autre en ajouter d'autres. Au contraire. Après qu'on a reconnu le danger de l'irradiation, toute augmentation devrait être évitée. Personne ne sait à quel moment ces substances radioactives artificielles parviennent dans l'air que nous respirons, quand elles apparaissent dans l'eau ou dans notre assiette. Elles peuvent être transmises d'un être vivant à l'autre, d'une génération à l'autre et provoquer encore d'autres dommages. Il ne faut pas non plus se laisser leurrer par des doses apparemment basses. Il s'agit pour la plupart

du temps de produits toxiques qui s'accumulent dans les organes de notre corps. La radioactivité naturelle ne doit plus servir d'alibi.

D'ailleurs a-t-on le droit de fixer pour une population entière des limites de doses ou bien "des doses maximales"? *L'atteinte biologique commence à zéro*. La CIPR elle-même écrit (73):

"En ce qui concerne les tumeurs et les atteintes génétiques, on admet de façon générale qu'il n'y a pas de doses de tolérance (...) Les effets dépendent quantitativement de la probabilité de l'atteinte par unité de dose de rayon (rem) et de la dose totale, en passant dans tout le domaine de la dose radiologique de zéro en augmentant."

L'artifice ALARA

Un artifice de la CIPR — pour protéger l'énergie nucléaire — consiste à fixer ou à garder des valeurs limites de doses élevées tout en prétendant appliquer le principe dit ALARA (*As Low as Reasonably Achievable*), c'est-à-dire qu'on doit tenir les doses radiologiques "*aussi basses que possible mais permettant d'exécuter les tâches*". En même temps, elle ajoute:

"... Il faut tenir compte des considérations économiques et sociales... (81)

Et le terme "éthique" doit se trouver dans la notion "sociale" (79). Qu'il ne peut pas être question d'éthique est prouvé par la contradiction recommandée par la CIPR, lorsqu'elle parle expressément d'analyses coût/profit:

"La fixation de niveaux de rayonnement en vue d'une activité devrait être établie par des analyses de coût/profit." (82)

Cela n'a pas empêché la CIPR d'établir une dose limite bien trop élevée de 170 mrem/an (1,7 mSv) (en 30 ans) pour la population mondiale et d'ajouter que cette valeur ne pouvait pas représenter un réel équilibre entre dommage et profit. Où est alors la responsabilité morale?

Calculs inhumains

Dans toute sa contradiction, la CIPR donne également un exemple d'une évaluation de risque exprimée en valeur monétaire:

“La commission discute à propos de l'application des évaluations de risques pour évaluer les cas effectifs de maladie qui pourraient se produire par une exposition aux radiations d'individus ou de populations (...) Une méthode pour corriger l'utilité d'évaluations de risques consiste à exprimer les mesures de dommages en valeur monétaire.” (83)

Différents auteurs ont déjà procédé à de tels calculs et évaluent le coût *pro man-rem* (par être humain et rem) de 10 à 250 dollars... (83)

Celui que cela intéresse peut faire le petit exemple de calcul suivant, qui permet à l'Académie américaine des Sciences de “transformer” la souffrance humaine en dollars (16): le coût annuel de maladie par personne a été évalué aux Etats-Unis globalement à 400 dollars de frais de médecin, se basant sur 80 milliards de dollars de frais de médecin en 1970 (pour une population de 200 millions). Lederberg (16) admet que pour les 170 mrem/année (1,7 mSv), c'est-à-dire 5 rem (50 mSv) en 30 ans permis pour une population, le taux de maladie aux Etats-Unis pourrait augmenter de 0,5 à 5 %. En 30 ans (une génération), la maladie occasionnerait par personne un coût de 12 000 dollars (30 x 400 dollars). 1 rem (10 mSv) occasionnerait par conséquent par génération de 12 à 120 dollars (0,1 à 1 % de 12 000 dollars) de dépenses supplémentaires pour les maladies. Comme critère, on se sert des frais de médecin et des pertes de journées de travail.

Mais le nombre de victimes par irradiation ne doit pas être réduit selon la rationalité technique et économique par des analyses coût/profit. La santé et la souffrance humaines ont une autre valeur qu'une valeur économique et ne peuvent jamais être réduites au même dénominateur des valeurs économiques. En convertissant les valeurs humaines supérieures (morales) en argent, on les détruit et le danger de mort augmente.

De tels calculs sont particulièrement condamnables si l'on pense aux atteintes génétiques qui vont inmanquablement se présenter. Car à ce moment-là, ceux qui auront le profit ne seront plus les mêmes que ceux qui doivent supporter les dommages, et ce seront les générations futures. Même les plus sanguinaires des souverains de l'histoire mondiale n'ont pu avoir cette occasion effrayante; ils pouvaient “uniquement” faire souffrir ou tuer leurs contemporains, mais non pas introduire sciemment dans les générations futures l'infirmité, la maladie et la souffrance, sans oublier les destructions possibles dans le domaine écologique.

Le crime parfait, un projet légal?

Dans la protection radiologique, on développe des méthodes de plus en plus astucieuses pour déterminer des doses limites les plus élevées possibles, pour conserver ainsi la base de l'existence de l'énergie nucléaire. Lors de la journée d'information de l'Association suisse pour l'énergie atomique du 23 mars 1973, le prof. W. Jacobi, directeur de l'Institut pour la protection contre les radiations à Neuherberg (Munich) et membre de la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), émit une notion toute nouvelle (96). Il est significatif que la Commission suisse pour la surveillance de la radioactivité ait ensuite immédiatement repris ce concept sans critique (100).

W. Jacobi défendit le concept de "risque radiologique admissible au maximum" de la population entière (sans la consulter!), en partant de l'idée qu'un risque radiologique artificiel n'existe que lorsqu'on le reconnaît... Le risque devrait être maintenu assez bas (étant ainsi acceptable et sensé) pour qu'il ne puisse pas être vérifié statistiquement dans la fréquence des cas de cancer déjà présents naturellement (cas spontanés) de toute la population! Pour la RFA, il lui semblait acceptable, selon ses calculs (de 2350 cas mortels de cancer par million d'habitants), qu'il y ait dix cas mortels par irradiation par an et par million de citoyens. Il en résulte pour 60 millions d'habitants de la RFA un maximum de 600 cas mortels par irradiation par an — qu'il n'est point nécessaire de citer et qu'on ne pourrait pas déceler.

Comment une chose pareille est-elle conciliable avec des méthodes légales? De cette façon, les victimes sont "déshumanisées" pour devenir des chiffres statistiques, comme si elles n'avaient jamais vécu. Et toute la souffrance devrait être portée par les victimes et leurs familles sans aucun dédommagement. Celui qui a occasionné le mal est couvert. Une telle protection radiologique mérite-t-elle encore son nom?

Le prof. Jakobi ajouta qu'on se trouvait du bon côté avec les 600 cas mortels, puisque la fréquence naturelle des cas de cancer augmentait de toute façon. Selon le biologiste Dieter Teufel (186), la conséquence logique en serait que chaque meurtre deviendrait acceptable et permis par l'Etat dans la mesure où il serait accompli de façon assez raffinée et que le nombre de meurtres ainsi perpétrés ne puisse pas être prouvé statistiquement. "La référence se trouvant à la base de ce modèle qui admet que le risque radiologique supplémentaire est d'autant plus "acceptable" que davantage de personnes meurent par suite de cancer — les causes étant cependant différentes — est de toute façon absurde, comme l'argument

que la mort d'une ou plusieurs personnes provoquée par une mesure devienne de ce fait "acceptable", puisqu'en fin de compte, tous les hommes doivent mourir." (186)

Un tel calcul du point de vue unilatéral de l'énergie nucléaire est de toute manière inutilisable, puisqu'il n'englobe pas toutes les autres atteintes (en dehors du cancer) dans sa réflexion. Mais les vies (plus ou moins) humaines ne comptent visiblement pas quand il s'agit de faire passer l'énergie atomique, surtout si on ne peut pas prouver qu'il y a des morts et des malades. C'est pourquoi le prof. Gofman désigna l'application des lois pour la protection contre les radiations comme une "autorisation de meurtre".

Le prix Nobel Karl Lorenz s'exprimait ainsi à propos de la situation intenable dans la protection contre les radiations: "A quoi bon un expert en sécurité de réacteur sans réacteur? Nous connaissons ce cas curieux, les plus impétueux partisans de l'énergie nucléaire sont ceux qui en réalité devraient nous en protéger." (109) Et un ancien président de l'Association américaine pour la protection radiologique affirmait dans un discours: "Avec chaque centrale nucléaire, l'influence de notre association professionnelle augmente (...) *Let us put our mouth where our money is.* (Je chante les louanges de celui qui me nourrit)".

Un fait regrettable: le personnel exposé aux radiations (5 rem/par an sont trop élevés)

Et que devient la responsabilité *sociale* quand la CIPR maintient depuis 1958 la dose limite pour le personnel exposé professionnellement aux radiations, bien que le risque de cancer ait augmenté depuis de plusieurs ordres de grandeur? Si un travailleur contracte un cancer, il n'aura pas de dédommagement s'il n'a pas dépassé les valeurs limites de dose admises. Aucune assurance n'admettra sa maladie comme une maladie professionnelle, elle ne paiera pas (144). Les responsables sont protégés. Alors que dans chaque accident de la route ou du travail on recherche le fautif et que la victime ou sa famille est dédommagée. Si on appliquait le principe ALARA à la circulation automobile, une vitesse maximale de plusieurs centaines de kilomètres à l'heure serait légalement admise, avec la simple recommandation de rouler aussi lentement et raisonnablement que possible!

Depuis 1978, certains experts exigent une réduction de la dose pour le personnel exposé aux radiations de par leur profession d'un facteur 2 à 20 — sans résultat (120, 144). En cas de réduction de plus d'un facteur 2,

l'industrie nucléaire se trouverait dans une situation extrêmement difficile parce que les réparations dans les centrales nucléaires et dans les centrales de retraitement ne seraient pas seulement plus chères, mais pourraient être rendues impossibles (120, 144). Déjà maintenant, selon une information du Sénat américain, il a fallu recruter des centaines de soudeurs pour diminuer le danger pour chacun, et pourtant beaucoup d'entre eux ont reçu la dose maximale radioactive. D'autres ont même eu par inadvertance une dose plus élevée que permis (183).

K.J. Rotblat (ancien président du British Institute of Radiology et de la British Hospital Physicists' Association) a constaté dans le *Bulletin of the Atomic Scientists* à propos des doses limites excessives (144):

“Si les valeurs limites sont déterminées par ce qu’une certaine industrie peut supporter, nous pouvons simplement nous dispenser d’entreprendre des évaluations de risque avec les données actuelles. L’économie peut à ce moment-là déterminer les valeurs de radiations permises. Celles-ci varieraient alors de pays en pays et d’industrie en industrie. Si un jour nous nous détachons des critères scientifiques, la situation deviendra intenable (...) Même la CIPR constate qu’une exposition aux radiations s’étendant sur un temps plus long lors d’une moyenne annuelle de plus de 0,5 rem (5 mSv) signifie un danger plus élevé qu’il n’est acceptable pour un travail sûr.” Les 5 rem (50 mSv) aujourd’hui encore admis sont par conséquent dix fois plus élevés.

K. Dégradation de la santé par les retombées radioactives

Généralités

Nos connaissances actuelles des risques radiologiques chez l’homme se basent sur des doses plus élevées appliquées en un temps limité (les victimes japonaises des bombes et les malades traités par rayons X). Pour les faibles doses de longue durée comme on les rencontre lors d’irradiation naturelle, des retombées des bombes atomiques ou des émissions de centrales nucléaires, on n’avait pas encore de données correspondantes. On se contentait d’appliquer les théories linéaires des doses élevées aux faibles doses, et on croyait être de cette façon du bon côté. On admettait égale-

ment qu'à la suite du faible risque, on ne pouvait prouver aucune atteinte grâce aux méthodes statistiques. Ceci indiquait un manque de responsabilité. Ces lacunes dans les connaissances étaient et sont particulièrement grandes en ce qui concerne les faibles quantités de radionucléides accumulées dans le corps, qui émettent sans cesse de faibles doses radiologiques.

Lors d'essais de bombes atomiques, de tels produits de fission se répandent sur toute la terre. De l'atmosphère, ils parviennent par la pluie dans le sol et dans les eaux et ainsi forcément par la nourriture dans tous les êtres vivants. Mais non seulement la quantité de produits ainsi formés et leur durée moyenne sont décisives en ce qui concerne leur danger, elle réside aussi dans le processus de sélection chez les plantes, les animaux et les hommes, la capacité de résorption de l'élément chimique dans les organismes s'y rapportant, ainsi que le temps et le lieu d'accumulation dans des cellules spécifiques de plantes et de corps.

Le strontium 90 est particulièrement dangereux, du fait qu'il peut s'accumuler dans les os. Sa demi-vie de 29 ans est relativement longue. Il ne se répartit pas régulièrement dans l'ossature, mais il se produit selon le besoin en calcium des nids de strontium (*hot spots*) avec une irradiation fortement augmentée. Personne ne peut prédire à quel endroit cela se produit. Le césium 137 est également un des isotopes les plus dangereux qui peuvent s'accumuler. Il se concentre dans la musculature. Les isotopes d'iode 131, 132, 133, 135 sont aussi particulièrement menaçants, puisqu'ils se concentrent dans la glande thyroïde, ce qui est extrêmement dramatique pour les fœtus.

Il n'est pas possible de traiter ici du comportement biologique multiple des produits de fission. Beaucoup de choses sont connues, d'autres le sont moins, en particulier en ce qui concerne les influences sur les plantes. Le danger du tritium et du carbone 14 n'a été reconnu par exemple qu'il y a quelques années, et on est encore loin d'une appréciation sans équivoque (éventuellement aussi à propos de la mort des forêts).

Les essais de bombes atomiques à la fin des années cinquante ont fait augmenter le niveau de rayonnement dans les plantes, les animaux et les hommes sur toute la terre. La teneur en strontium dans les os des nourrissons a augmenté considérablement, car c'est justement le lait qui est particulièrement pollué par le strontium. Cela a même conduit à un doublement de l'effet d'irradiation naturelle dans les os en croissance des petits enfants.

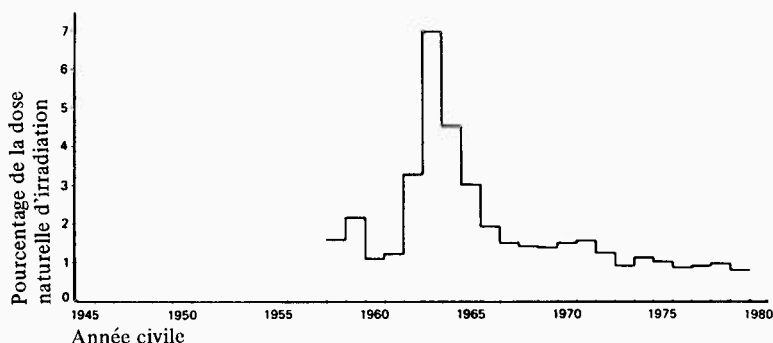
Les Eskimos présentaient des concentrations de césium de 10 à 40 fois plus élevées, car les rennes leur servant de nourriture avaient accumulé beaucoup de césium dans leurs muscles absorbé en mangeant des lichens. Les lichens retirent beaucoup de produits de l'atmosphère.

Avec l'arrêt partiel des essais américains de bombes atomiques, la pollution diminua, mais s'accrut à nouveau lors de la reprise momentanée d'essais russes. Du strontium 90 dans les os et de l'iode 131 dans le lait ou dans la glande thyroïde de moutons peuvent servir d'indicateurs pour de tels essais. Les animaux de pâturage ingèrent le strontium avec l'herbe et le "rendent" avec le lait. Le lait et les céréales font partie des nourritures de base et, comme le lait, les céréales ont une forte tendance à s'imprégner de produits de fission qui s'accumulent dans les couches extérieures du grain.

Des comparaisons absurdes avec l'irradiation naturelle

Dans les années 1960-1961, des denrées alimentaires essentielles étaient sérieusement polluées de strontium 90 et de césium 137 en République Fédérale à la suite d'essais de bombes atomiques. Une partie de la population ingérait déjà avec sa nourriture quotidienne 70 % de la charge constante admise (99). C'est pourquoi on se demandait au Ministère fédéral de l'économie s'il ne fallait pas interdire la vente de pain complet et de pain noir et si on devait limiter le degré de mouture des céréales. Comme les radionucléides s'accumulent justement dans la couche extérieure riche en éléments vitaux du grain, on aurait presque été forcé d'enlever ces couches externes si importantes pour une nourriture saine, à cause de la pollution et d'utiliser de la farine blanche moins saine.

L'UNSCEAR 1982 illustre la dose collective venant des essais de bombes atomiques dans l'atmosphère comme suit (201):



“Au début des années soixante, on a pu constater une forte augmentation de la dose collective avec, une pointe en 1963, correspondant environ à 7 % de la charge moyenne issue de sources naturelles.”

Un bel exemple du non-sens d'une telle comparaison avec l'irradiation naturelle. On minimise tout simplement le danger de l'exposition radiologique artificielle! Une pollution grandissante de notre environnement et une menace croissante pour notre santé n'en résultent pas.

Il n'existe pas d'études officielles

Les essais de bombes atomiques d'Amérique, de Russie et de Chine ont ressemblé à une immense expérimentation de masse sur de grands groupes de populations, je dirais même sur toute la population mondiale. Grâce à un réseau de surveillance mondial, on a rassemblé ensuite des données importantes à propos des expositions aux radiations causées. Elles prirent en compte les retombées et l'accumulation des produits de fission dans l'environnement et dans les denrées alimentaires.

Mais ces données précieuses ne furent intégrées dans aucune recherche épidémiologique pour clarifier les effets, sur la santé et les atteintes génétiques, des retombées des bombes et de ce fait également des émissions des centrales électriques. Au contraire, on a refusé de le faire! Visiblement, on n'y était pas intéressé et on ne l'est toujours pas! De cette façon, on pouvait continuer d'affirmer que les retombées et les centrales nucléaires étaient inoffensives. La science dépendante ou officielle, les autorités et avant tout les instances responsables pour la protection radiologique – la CIPR, l'UNSCEAR et le BEIR, etc. ne peuvent pas se soustraire à cette grave accusation.

Premières études de chercheurs indépendants

Heureusement que des chercheurs indépendants pensaient autrement. Par des moyens modestes, ils parvinrent indirectement à ce qu'on arrête les essais de bombes atomiques en 1963. Déjà en 1962, le physicien nucléaire bien connu Ralph Lapp avait demandé pour la première fois dans *Science magazine* des études épidémiologiques (177). Ce sont des études faites sur des atteintes de santé sur des groupes de populations aussi grandes que possibles. Lapp visait tout particulièrement un essai de bombe atomique du 25 avril 1953 dans le désert du Nevada, dont les nuages passaient à une grande altitude au-dessus de différents Etats et s'abattirent sous forme de violentes précipitations sur l'Etat de New York et une partie du Vermont

et du Massachussets. A peu près un demi-million de personnes subirent une pluie fortement radioactive.

Dans la ville de Troy, l'activité de l'eau de pluie était de 270 000 microcuries, alors que l'AEC-standard (valeur limite) est de 100 microcuries. C'eût été par conséquent une occasion unique de faire des études épidémiologiques, parce qu'on aurait obtenu selon toute vraisemblance des résultats sans équivoque (177).

Mais si on avait de ce fait prouvé que beaucoup d'enfants avaient peut-être trouvé la mort à la suite des explosions lors des manœuvres dans le Nevada, la population aurait certainement protesté contre les expériences de bombes atomiques et contre la gigantesque utilisation pacifique de l'énergie atomique. On ne pouvait pas attendre cela de la part de l'USAEC (Commission de l'énergie atomique des USA) qui, d'entrée, qualifiait le tout d'inoffensif. Elle n'était, à cette époque, pas unique responsable de la sécurité, mais également de la promotion de l'énergie nucléaire. Le renard était ainsi devenu le gardien du poulailler!

A cette époque-là, d'autres scientifiques ont attiré l'attention sur le danger des essais de bombes atomiques. C'est ainsi que J.E. Sternglass*, professeur de radiologie à l'Université de Pittsburgh, a été mis en face des problèmes des retombées pour la première fois en 1961. Dans le cadre d'études concernant l'évacuation, il était tombé sur un fait tragique, à savoir que le gouvernement admettait qu'un adulte soit exposé, après une guerre nucléaire à l'énorme dose de 200 rad en l'espace de quelques jours et de 1000 rad (10 Gy) en l'espace d'un an (177)!

On ne tint absolument pas compte des atteintes tardives qui pouvaient s'en suivre chez les survivants et chez leurs enfants. Et on comptait uniquement avec l'irradiation extérieure par les retombées radioactives (177). On savait à ce moment-là déjà que l'iode 131 s'accumulait fortement dans le lait et la glande thyroïde de l'homme. De ce fait, il y a charge plus importante

* Le prof. Sternglass a été jusqu'en 1984 professeur de radiologie à l'Université de Pittsburgh. Il était également président de la section de la *Federation of American Scientists* de Pittsburgh, membre de l'*American Physical Society*, de la *Radiological Society of North America* et de l'*American Association of Physicists in Medicine*. En tant qu'expert pour de faibles irradiations, il a témoigné devant le *Joint Committee on Atomic Energy* et bien d'autres instances aux Etats-Unis et ailleurs. Sternglass a rédigé deux livres à grand retentissement, *Low-level Radiation* (165) et *Secret Fallout* (117). Un grand nombre de traités scientifiques à propos des effets biologiques des retombées de bombes atomiques et des émissions radioactives de centrales nucléaires témoignent de son activité infatigable de chercheur.

pour la glande thyroïde que si l'iode 131 n'avait d'effet que par l'extérieur par les retombées (177).

On savait également que l'enfant dans le sein de sa mère était de beaucoup plus sensible aux radiations que l'adulte et que la dose dans sa glande thyroïde se trouvait de 10 à 100 fois plus élevée que chez les adultes (177). Des recherches du Dr Stewart avaient à ce moment-là indiqué que des rayons de radiographie de 1 à 2 rad (10 à 20 mGy) pouvaient doubler le risque de cancer d'un enfant, si l'exposition s'était faite dans les derniers mois avant la naissance (112, 177). Et dans les premiers mois de sa vie, même un dixième de cette dose aurait le même effet (112, 177).

Sternglass en conclut rapidement que la majeure partie des enfants nés après une guerre nucléaire mourraient de leucémie et de cancer ou seraient porteurs de malformations. Et avec cela, ces centaines de rad ne faisaient partie que des doses extérieures des retombées et pas des denrées alimentaires polluées (177). Puis Sternglass put — après une certaine résistance — faire publier au printemps 1963 un article dans *Science Magazine* qui fit sensation (159). Là, il posa pour la première fois la question de savoir si les retombées auxquelles la mère avait été exposée n'auraient pas également un effet néfaste sur l'enfant à naître, comme il avait déjà été prouvé lors d'irradiation médicale par Stewart.

Arrêt des essais de bombes atomiques en 1963

Mais même le prix Nobel Linus Pauling a dès 1958 calculé, en accord avec d'autres généticiens, les seules retombées des essais de bombes atomiques de 1958 et avait comme conséquence que 15 000 enfants naissaient par an avec des atteintes génétiques graves, que 38 000 enfants étaient mort-nés et que 90 000 étaient déjà morts dans le sein de leur mère (134). Au printemps 1963, la radioactivité atteignit dans le lait des valeurs étonnamment élevées aux Etats-Unis. Ces facteurs inquiétèrent d'autres scientifiques ainsi que le public, mais l'USAEC affirmait sans cesse qu'il n'y avait rien à craindre. La pression grandissante du public décida le président J.F. Kennedy à signer finalement en juin 1963 l'arrêt des essais de bombes atomiques en accord avec l'URSS et la Grande-Bretagne.

Dans son discours à la Nation, dans lequel Kennedy demanda la ratification de l'arrêt des essais, il a dit (177):

“Le nombre d'enfants et de petits-enfants avec des cancers osseux, avec des leucémies, avec des produits toxiques dans les poumons peut paraître statistiquement faible en comparaison du risque d'irradiation

naturelle. Mais il ne s'agit pas d'une question de statistique. La perte d'un seul enfant qui pourrait naître, quand nous ne serons plus là depuis fort longtemps, devrait tous nous préoccuper. Nos enfants et nos petits-enfants ne sont pas des données statistiques en face desquelles nous pouvons rester insensibles."

Malgré l'émotion que ces paroles manifestaient, la bureaucratie de l'Etat tout entier et l'USAEC n'avaient rien retenu de la leçon. On essaya encore de cacher les dangers et dans ce sens, les offices pour la santé se montrèrent les défenseurs les plus zélés des promoteurs du nucléaire.

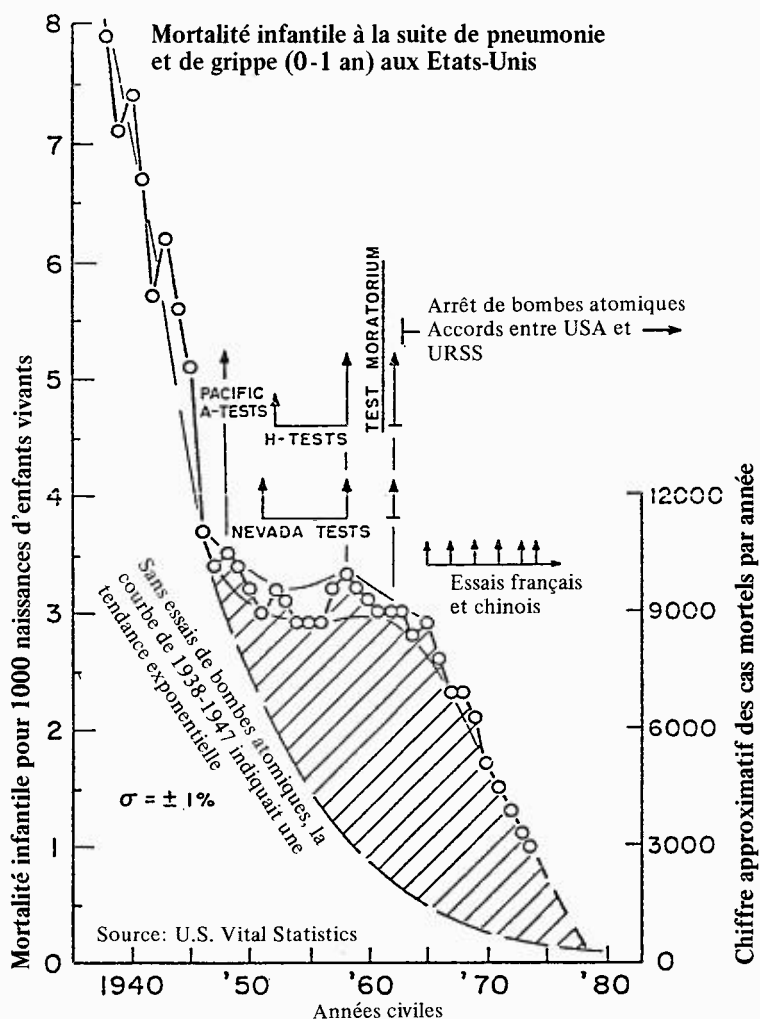
Les études du prof. E.J. Sternglass

Le prof. Sternglass entreprit alors de larges études sur les effets des retombées en Amérique et dans le monde entier. Il parvint à la conclusion qu'entre 1950 et 1965, environ 400 000 bébés en dessous d'un an étaient morts des suites des retombées radioactives, ceci rien qu'aux Etats-Unis.

La courbe montre la diminution de la mortalité infantile lors de pneumonie et de grippe aux Etats-Unis de 1935 jusqu'en 1974 durant la première année de vie. La courbe qui s'aplatit à partir de 1950 peut être considérée comme un effet des essais de bombes atomiques, d'autant plus qu'une baisse de la courbe a réellement suivi l'arrêt des essais de bombes atomiques de 1963 (173).

Sternglass peut également appuyer ses expertises sur une étude de grande envergure de 1973 à l'Université John Hopkins. Elle exploita des observations sur des mères qui pendant leur grossesse avaient passé un examen radiologique. Il s'avéra que certains enfants – un pour mille – radiographiés dans le sein de leur mère avaient développé jusqu'à l'âge de dix ans un cancer et que le risque de mortalité à la suite de maladie des systèmes respiratoire et digestif était encore beaucoup plus élevé. En tout, il y a eu pour des enfants radiographiés 18,3 cas mortels pour 1000 naissances contre 9,8 pour le groupe d'enfants non radiographiés. Et si l'enfant a été radiographié au début de la grossesse, le risque augmente d'autant. Ces constatations indiquent un sérieux effet des irradiations sur le système immunitaire des enfants (173).

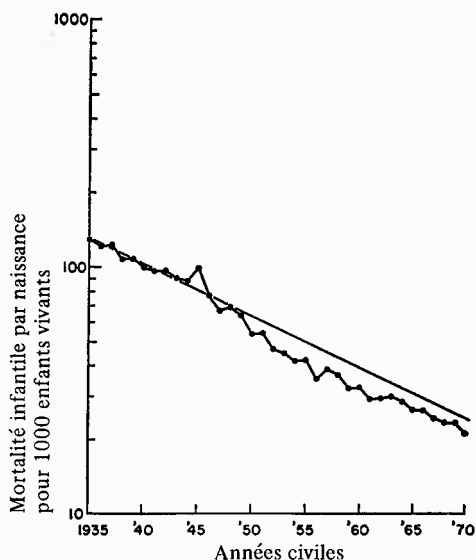
De plus, Sternglass put tirer des statistiques de naissances (US-Vital Statistics) que pour chaque enfant mort durant sa première année de vie, il y en avait cinq à dix qui mouraient avant la naissance, de sorte que les victimes infantiles des retombées dues aux explosions des bombes



atomiques ont sans doute atteint un total de deux à trois millions rien qu'aux Etats-Unis.

Sternglass parvint à des constatations analogues dans de nombreux Etats du monde et dans différentes régions des Etats-Unis même. Il les trouva confirmées dans les effets localisés d'uniques doses de séries d'essais de bombes (162, 165). Dans quelques régions cependant, qui à la suite de

conditions météorologiques (moins de pluie) et d'après leur situation topographique particulière avaient eu moins de retombées, les courbes indiquaient une baisse constante de la mortalité infantile comme par exemple au Nouveau-Mexique (162).



Tendance de la mortalité infantile du Nouveau-Mexique de 1935 à 1970. On peut mettre la tendance à la baisse constante en parallèle avec la très faible quantité annuelle de pluie et la situation géographique (au Sud du Nevada où ont été effectués les essais atomiques).

Se basant sur une étude de la Société japonaise de cancérologie (de 1972), Sternglass trouva également une forte augmentation de la mortalité infantile due au cancer jusqu'à 600 % chez les Japonais de cinq à neuf ans après les bombardements atomiques (152, 173).

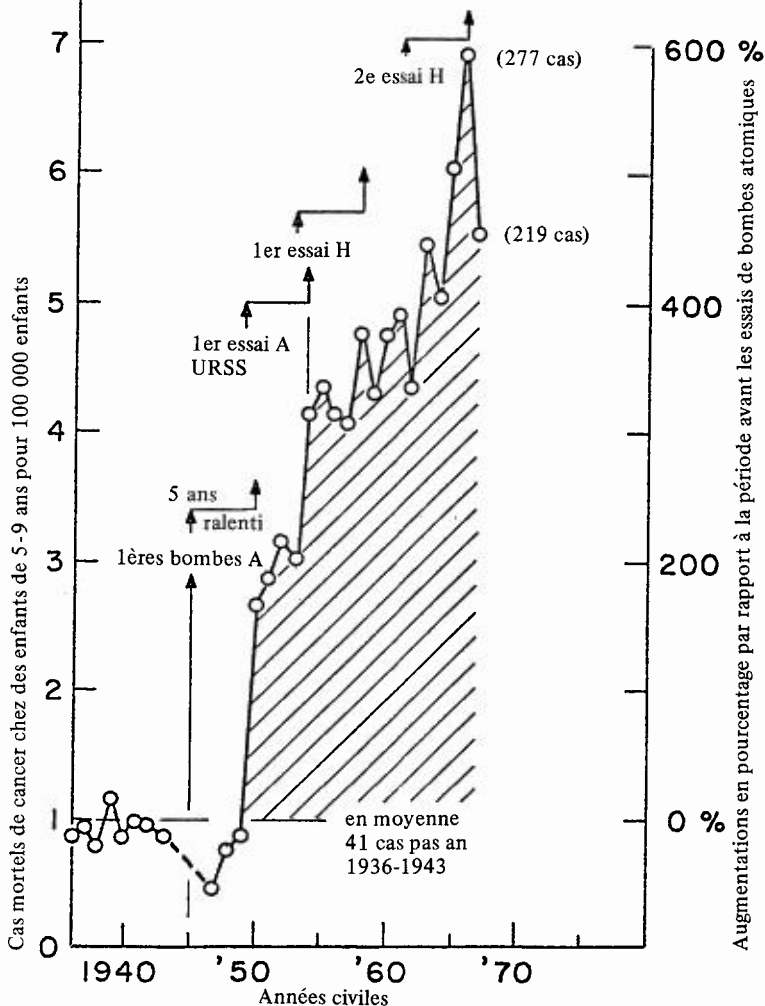
Etude du prof. L. B. Lave et al.

Une étude faite sur trois ans par l'Université Carnegie Mellon (1971) soutient également les constatations de Sternglass (105). Le prof. L. B. Lave, un statisticien renommé, fit des recherches dans les années 1961 à 1967 avec ses collaborateurs dans 61 villes des Etats-Unis à l'aide d'analyses statistiques multivariées et constata une grande relation entre le taux de

morts de la population et le niveau de retombées dans le lait! Il exigea qu'on commence immédiatement la collecte d'autres données qui soient encore meilleures. Mais ni le gouvernement, ni l'économie n'y trouvaient d'avantage.

Mortalité due au cancer chez des Japonais de 5-9 ans

(Source: M. Segi et al., Société japonaise du cancer)



Etude du Dr C.E. Mehring

Le premier travail d'envergure, c'est le médecin allemand C.E. Mehring qui l'a présenté au Congrès des substances vitales en 1971 à Montreux (119). Ses amples exploitations statistiques de deux périodes avec une radioactivité en hausse de l'environnement (à la suite des explosions atomiques) durant les années cinquante et soixante dégagèrent une relation sans équivoque avec les atteintes suivantes dans la population: une réceptivité agrandie pour des maladies banales du domaine général de la médecine, une tendance à un déroulement aggravé, par exemple un appendice perforé, une plus forte mortalité lors de cancer, leucémie et lors de maladies respiratoires ou d'autres organes. Il utilisa des données de membres de caisses maladie et des statistiques de maladies et de morts auprès de la Bundeswehr. Les jeunes de moins de 20 ans étaient particulièrement atteints. Il trouva également un amoindrissement de la situation de défense à la suite de dépression leucocytaire. Mehring soupçonnait déjà à ce moment-là que la radioactivité pourrait être responsable d'un syndrome multiple.

Un jugement inattendu d'un tribunal

En 1984, un tribunal a pour la première fois accordé des dommages et intérêts à des victimes d'essais nucléaires. Le juge Bruce Jenkins du Tribunal de district de Salt Lake City déclara que la commission de l'énergie atomique des Etats-Unis avait fait preuve de négligence dans les années cinquante et soixante, parce qu'elle n'avait pas assez protégé des habitants de trois Etats des suites d'essais nucléaires dans l'atmosphère (128). Avant tout, les informations sur les effets biologiques de longue durée connus et prévisibles des essais étaient insuffisantes, et les méthodes existantes pour empêcher ou atténuer les effets des radiations n'avaient pas suffi, constata le juge. Selon des dépositions de témoins, les explosions étaient reportées lorsqu'il y avait risque que les vents portent les retombées dans des régions à forte densité de population, comme Las Vegas ou la Californie du Sud, alors qu'on ne prenait aucun égard pour les régions agricoles à l'est de la base des essais. On jugea 24 cas individuels. Jenkins décida que la radioactivité était responsable dans dix cas de cancers divers. En tout 2,6 millions de dollars furent attribués aux familles et à une victime survivante. Il s'agit d'un cas de jurisprudence qui établit pour la première fois une relation entre des essais nucléaires et des maladies dues au cancer. Cette jurisprudence devrait être suivie par des tribunaux supérieurs. Des centaines de plaintes provenant du Nevada — où les essais ont eu lieu — d'Utah et d'Arizona sont en suspens (128).

En Grande-Bretagne également il y a des plaintes de soldats anglais qui ont participé dans les années cinquante aux essais de bombes nucléaires à proximité de la garnison australienne du désert Maralinga. Des 600 soldats et personnes civiles qui s'étaient trouvés dans la région des essais à cette époque-là, 114 seraient morts entre temps, dont 109 de cancer (211).

L. Des atteintes à la santé provoquées par les centrales nucléaires

Les études de chercheurs indépendants

Le prof. Sternglass croyait jusqu'en 1970 que, lors du fonctionnement normal d'un réacteur, il n'y avait aucun danger. Par des publications de l'USAEC, il apprit alors que le réacteur de Dresde (Illinois; 1976) dégageait 260 000 curies, alors que d'autres ne dégageaient que 2,6 curies. Il existe deux types de réacteurs: à eau bouillante ou pressurisés.

Les premiers réacteurs furent construits pour les sous-marins et devaient être particulièrement étanches. Des bulles gazeuses auraient pu trahir la présence du sous-marin. C'est pour cette raison que furent employés deux circuits de refroidissement séparés: le réacteur pressurisé était né. Dans l'industrie (réacteurs à eau bouillante), on se contenta par contre d'un seul circuit de refroidissement pour des raisons financières (concurrence avec les centrales thermiques) et on accepta que l'eau primaire polluée par la radioactivité fût conduite directement sur les turbines. Cependant il n'existe aucune enveloppe complètement étanche pour les paliers en rotations des turbines en question, de sorte qu'il y a de nombreuses fuites.

C'est pourquoi Sternglass élargit ses statistiques aux centrales nucléaires et trouva des résultats analogues aux retombées. On trouva des relations pour de nombreuses atteintes de santé: une mortalité infantile en augmentation souvent en relation avec moins de naissances, davantage de prématurés, davantage de cas mortels de cancer et de leucémie et aussi des morts par des maladies cardiaques, par l'artériosclérose.

Des relations avec une mortalité infantile plus élevée furent notamment constatées:

- près des réacteurs de *Dresde* (Illinois) (160)
- près de la centrale nucléaire *Big Rock Point* (Michigan) (163)

- près de *Peach Bottom Nuclear Power Station* (Pennsylvanie) (164)
- près d'une usine de retraitement dans la région de *West Valley* (N.Y.) (161)
- près de l'*Indian Point Nuclear Power Station* près de New York (162)

Le réacteur de Dresde était un modèle du genre. Même si Sternglass doit s'appuyer sur des chiffres relativement faibles, l'augmentation de naissances prématurées dans le district de Grundy (emplacement du réacteur) de 140 % durant l'année d'émission extrême ne pouvait pas ne pas être remarquée. D'après les critères de la statistique, selon Sternglass, le risque d'erreur serait de 1:10 000!

Après la mise en route de l'usine de retraitement de West Valley dans le comté de Cattaraugus (N.Y.), la mortalité infantile augmenta en 1967 – un an plus tard – de 54 % par rapport à celle de l'Etat de New York. Son augmentation se remarquait également dans les communes des alentours de l'usine de retraitement. Elle diminuait au fur et à mesure de l'éloignement. Dans la direction nord-est, la mortalité infantile baissait seulement après 90 km au niveau de la moyenne de New York, qui coïncide avec celle des autres Etats limitrophes de la Nouvelle-Angleterre. Mais au sud-ouest, le long de l'Allegheny River, en aval de Cattaraugus Country, la mortalité infantile augmentait, pour ne diminuer que très lentement vers Pittsburgh. Même la commune d'Armstrong, à 180 km en aval du fleuve, indiquait une augmentation de 4 % de mortalité infantile. Visiblement – selon le prof. Sternglass – ce n'était pas uniquement l'inspiration de gaz rejetés qui étaient décisifs: le nettoyage de l'air par la pluie amenait des produits toxiques de fission, tels que le strontium, le césium, l'iode vers le fleuve qui de toute façon charriait les eaux usées de l'usine (165). L'eau du fleuve est également utilisée là-bas pour la préparation de l'eau potable.

Le drame caché de Shippingport

Ce fut aussi le prof. Sternglass qui, en 1973, découvrit une grave pollution de l'environnement près du réacteur de Shippingport (de seulement 90 megawatts) par du strontium 90, du césium 137 et de l'iode 131 rejetés en 1971 (107, 166, 167, 168, 169). La teneur du sol en strontium dans la proximité immédiate du réacteur était de 100 fois plus élevée que n'importe où aux Etats-Unis et diminuait au fur et à mesure de l'éloignement du réacteur. Parallèlement, on constata dans un rayon de 18 km une quantité élevée de strontium et d'iode dans le lait. La pollution était également présente dans les sédiments du fleuve qui passe par Shippingport, dans les

denrées alimentaires, dans les dents de jeunes enfants et de veaux. L'exposition aux radiations se montait dans la commune de Shippingport à 180 mrad/an (1,8 mGy). L'irradiation naturelle, elle, est de 96 mrad. Il y eut même des mois avec 306 et 371 mrad/an. Sternglass put de nouveau constater une mortalité infantile en augmentation et un nombre supérieur de cas mortels de cancer. Or, théoriquement, le réacteur faisait fonction de réacteur pilote pour les plus faibles taux d'émission. En 1971, on annonçait par exemple, zéro curie: ce fut l'année de la plus importante pollution!

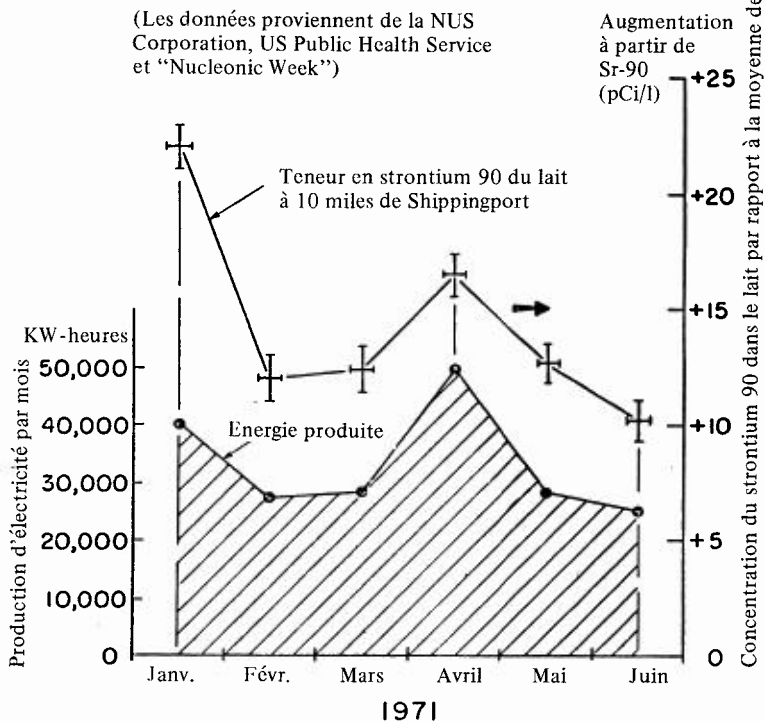
Il existait tellement de faits accablants que, pour la première fois dans l'histoire de l'énergie nucléaire, on fit appel à une commission officielle d'enquête pour savoir si le réacteur avait causé des atteintes à la santé. Lors des auditions, Sternglass eut pour la première fois le soutien de scientifiques connus tels que E.P. Radford, K.Z. Morgan, J. Bross, M. De Groot (6, 141). Mais les autorités et les entreprises propriétaires des centrales nucléaires mirent tout en mouvement pour contester l'incident.

Dans le rapport final de la commission d'enquête de 1974 au gouverneur, les autorités ne purent trouver que des excuses cousues de fil blanc. On y disait par exemple: "L'absence d'une surveillance de la radioactivité exacte et intelligible en dehors du réacteur pendant les années de fonctionnement précédentes, de 1958 à 1971, exclut une confirmation exacte des taux d'émission du réacteur qui ont été publiés. Les valeurs élevées de strontium 90 dans le lait, de strontium et de césium dans les denrées alimentaires des habitants de Pittsburgh, telles qu'elles ont été retenues dans les procès-verbaux officiels, restent inexplicables." (6, 141)

A quel point la détection de strontium 90 est importante peut être montré par les statistiques suivantes de Sternglass, d'après lesquelles la teneur en strontium du lait évoluait parallèlement à la production de courant pendant les mois de janvier à juin 1971 dans les environs du réacteur! Il est significatif que les autorités des Etats-Unis aient arrêté, d'une manière générale, les analyses de strontium après l'accident de Harrisburg en 1979 — pour des raisons d'économie!

Teneur en strontium 90 dans du lait produit localement, comparée à la production mensuelle d'énergie de la centrale nucléaire de Shippingport

(Les données proviennent de la NUS Corporation, US Public Health Service et "Nucleonic Week")



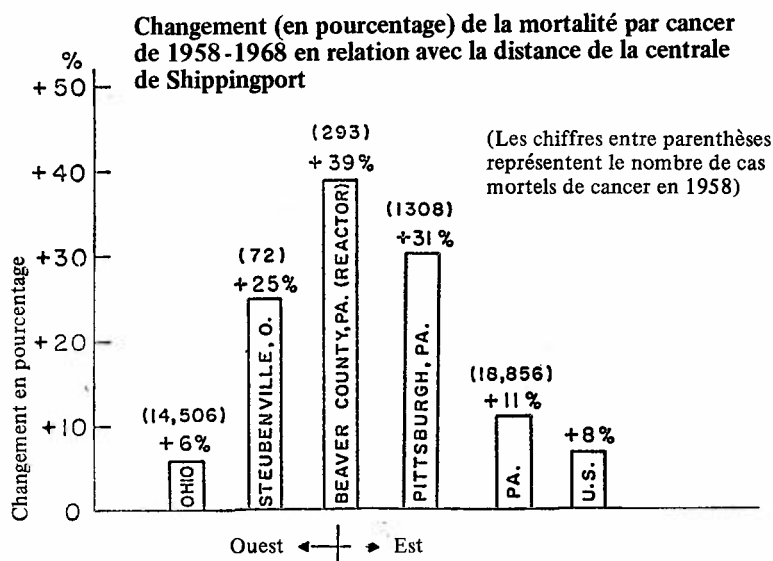
Pendant une durée d'observation de dix ans, Sternglass trouva de plus une diminution de la mortalité due au cancer selon la distance au réacteur nucléaire de Shippingport (167).

Des employés du réacteur ont dû payer un tribut élevé à Shippingport. Sternglass avait eu, en 1979, connaissance de 22 certificats de décès d'employés du réacteur qui avaient aidé à nettoyer des pompes ainsi que d'autres objets d'équipement lourd pollués par la radioactivité. De ces 22 personnes dix sont mortes de leucémie et de cancer, c'est-à-dire le double de la normale (177).

Des réacteurs servant à la recherche

Sternglass tomba sur une situation grès grave: celle des petits réacteurs de recherche de type Triga, qui se trouvaient dans les universités et labora-

toires de recherche (165, 177). Près du réacteur de l'Université de l'Illinois (Urbana), la mortalité infantile augmenta de 1962 (mise en route) à 1965 de 300% et le taux de cas mortels pour malformation de 600%! Lorsque le réacteur fut arrêté en 1968, les cas diminuèrent fortement. Les produits de fission de courte période frappaient les hommes de toute leur intensité, puisque la centrale se trouvait au milieu des concentrations urbaines.



Position le long du fleuve Ohio en relation avec la centrale nucléaire de Shippingport

Les études de Morris de Groot, Gerald Drake et John Tseng

M. De Groot, directeur du Département de statistique de l'Université Carnegie Mellon, a fait des recherches en juillet 1971 sur quatre réacteurs (les réacteurs de Dresde, Shippingport, Indian Point et Brokkhaven National Laboratory). Il confirma que l'hypothèse d'une relation entre l'émission de produits toxiques et la mortalité infantile était valable (45).

Gerald Drake, médecin du Michigan, a lui aussi constaté dans une étude de 1973 des atteintes au-dessus de la moyenne nationale se répartissant sur

dix ans dans la commune d'implantation du réacteur de Big Rock Point dans le Charlevoix County (Michigan):

mortalité infantile en augmentation	+ 49 %
davantage de naissances prématurées	+ 18 %
davantage de cas mortels de leucémie	+ 400 %
davantage de cas mortels de cancer	+ 15 %
davantage de malformations	+ 230 %

Parce que pour toutes les catégories les augmentations sont énormes, mais que ces résultats se basent sur de petits nombres de cas, Drake exigea qu'on établisse davantage de telles statistiques (47).

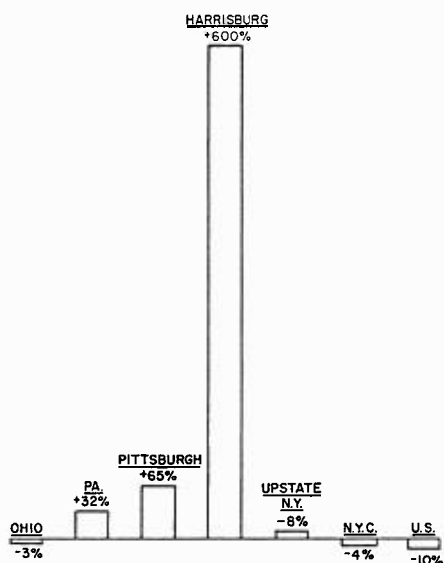
Une autre étude importante, faite par John Tseng à la North Western University of Illinois, examina sept centrales nucléaires et confirma dans tous les cas la possibilité d'une relation entre l'émission de produits toxiques et la mortalité infantile. Dans quatre centrales thermiques (au charbon) examinées pour comparaisons, aucune de ces relations ne peut être décelée de façon définitive. Tseng fit déjà à ce moment-là une proposition importante: "Tout le corps a été considéré jusqu'à présent en tant qu'organe critique pour la radioactivité naturelle (dont l'irradiation de base est faite surtout de rayons gamma); cela peut être une supposition acceptable. Mais pour ce qui est des retombées des essais nucléaires et des émissions de centrales nucléaires – qui contiennent des rayons bêta – il faudrait peut-être prendre une autre partie du corps comme organe critique ou même l'embryon?" (193).

L'accident de Three Mile Island (TMI) près de Harrisburg

Lors de l'accident célèbre de TMI du 28 mars 1979, on a échappé tout juste à une gigantesque catastrophe. Le diocèse catholique avait déjà autorisé tous les prêtres à donner l'absolution générale (190). 170 000 personnes quittèrent la région en danger. Le noyau du réacteur était à deux doigts de fondre complètement. D'énormes masses de gaz radioactifs ont dû se libérer. Lorsque le prof. Sternglass partit en avion vers Harrisburg 36 heures après l'accident pour assister à une conférence de presse, son compteur Geiger indiquait encore des valeurs de 4 à 15 fois plus élevées que celle de l'irradiation naturelle de base. Même pendant la conférence de presse à Harrisburg, il y avait dans les bâtiments des indications de valeurs de trois ou quatre fois plus élevées prouvant des émissions intenses de gaz radioactifs (177).

Le laboratoire de l'Office de la santé d'Albany (New York), à 375 km, enregistrait encore des nuages radioactifs 36 heures après, qui charriaient des quantités de xénon 133 (3120 à 3530 pCi/m³), qui dépassaient de mille fois la valeur moyenne générale de ce gaz rare (2,6 pCi/m³) (207). Ceci n'est pas étonnant, le directeur du réacteur avait dans un document privé TDR-TMI-116 du 31 juillet 1979 indiqué qu'une quantité de gaz rares actifs de dix millions de curies avaient été rejetés dans les six jours et demi suivant l'accident. Rien que dans la première journée et demie, six de ces dix millions de curies se sont échappés (207). La quantité d'iode 131 expulsée en même temps a été évaluée à 14, respectivement à 20 curies (177, 190), dont la plus grande partie – correspondant au xénon – également durant la journée et demie du début (177).

Sternglass signale (177) que l'évacuation de femmes enceintes, commencée le troisième jour seulement, est intervenue trop tard, car à ce moment-là les fœtus avaient déjà reçu de l'iode dans leur glande thyroïde. Une de ses statistiques le met clairement en lumière (176, 189).



Répartition géographique de la mortalité infantile à la naissance à des distances différentes du réacteur TMI, depuis un rayon de 10 milles de Harrisburg. Les chiffres indiquent les changements en pourcentage dans les mois de février jusqu'en avril 1979 et de mai jusqu'en juillet 1979. La plus forte augmentation s'est produite dans les environs les plus proches du réacteur.

Les forts rejets d'iode ont également été confirmés par une teneur en augmentation d'iode 131 dans le lait de vache et dans les glandes thyroïdes du gibier des environs (49). Van Middlesworth (206) soupçonne même que la faible augmentation d'iode 131 (1 à 2 pCi/g) dans les glandes thyroïdes de moutons au pays de Galles de la fin du mois d'avril jusqu'en mai 1979 est à attribuer à l'accident de TMI distant de plus de 5000 km.

Sternglass précise aussi que ce n'est pas la dose totale externe sur le corps entier qui cause en premier lieu les atteintes, mais un léger retardement de la fonction de la thyroïde à la suite de la pénétration de l'iode issu des retombées. Cela entraînerait également des retards de croissance, de sorte que les fœtus ne seraient pas arrivés à maturité après neuf mois. Les nouveau-nés mouraient ensuite davantage par suite de leur état immature et de défauts respiratoires. C'est bien cela qu'il a pu constater dans les hôpitaux de Harrisburg et de Pittsburgh après l'accident de TMI (176, 177, 189).

On fit à Sternglass le reproche suivant: même s'il y a une relation statistiquement sûre entre d'une part une faible radioactivité et d'autre part une augmentation de la mortalité infantile et des atteintes à la santé, il n'était pas encore prouvé qu'il y ait une relation de cause à effet (189). Il répliqua à juste titre que la même logique devrait conduire à dire qu'on n'est pas contre le fait de fumer. Car, là aussi, la relation n'est établie que grâce aux statistiques. La preuve de la causalité dans la relation entre la fumée et le cancer n'a jamais pu être établie. (C'est pourquoi personne n'a réussi à obtenir une indemnité de la part d'un fabricant de cigarettes, parce qu'il avait fumé deux paquets de cigarettes par jour et qu'il souffrait d'un cancer.) Cela vaut en principe pour toutes les expérimentations épidémiologiques.

L'argument cité ci-dessus est utilisé dans le monde entier par les gouvernements pronucléaires et leurs conseillers scientifiques assujettis. Le gouvernement suisse l'utilise également. En réponse à une requête parlementaire au sujet de recherches statistiques sur des causes de morts et de la fréquence de maladies et d'autres atteintes (leucémie, cancer, de mort-nés et de malformations) à proximité de centrales nucléaires, il constata ce qui suit (158):

“Depuis 1956, la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité (KUER) contrôle la radioactivité en de nombreux endroits en Suisse et dans de multiples échantillons qu'elle prélève. Le réseau de mesures de la Commission est doublé, au voisinage des centrales nucléaires, par la

surveillance qu'y exerce l'Office fédéral de l'économie énergétique. Le Conseil fédéral estime que ce mode de contrôle de la radioactivité au voisinage des centrales nucléaires est suffisant et d'un coût supportable."

Cette réponse montre qu'on n'est pas encore prêt à mettre en place tous les moyens pour clarifier la possibilité d'atteintes à la santé par des centrales nucléaires. Les réseaux de mesures citées par le Conseil fédéral concernent uniquement des mesures dans le domaine physique et chimique.

Or les conséquences biologiques, sanitaires et peut-être écologiques des faibles radiations ne peuvent aujourd'hui être évaluées que de façon insuffisante par des mesures purement physiques et chimiques. Les craintes que nous devrions cependant avoir de nos jours sont gigantesques; elles sont étayées par l'Effet Petkau passé sous silence jusqu'ici. Ce n'est que par des expérimentations épidémiologiques que nous pouvons apprendre ce qui se passe réellement dans les environs d'une centrale nucléaire.

Après tout, les évaluations de la CIPR à propos du risque de cancer auprès des victimes de bombes atomiques se basaient également sur des expérimentations épidémiologiques. Comme lorsqu'on déclare que fumer provoque le cancer des poumons. Là où de telles expérimentations conviennent aux idées politiques, elles sont sensées et reconnues, sinon elles n'ont pas de sens!

A l'époque de l'accident de TMI il y avait déjà des centaines de procès au Nevada et en Utah contre le gouvernement intentés par d'anciens soldats et des habitants qui étaient malades du cancer et de leucémie, et qui considéraient leurs maladies comme une conséquence des essais d'armes nucléaires au Nevada au cours des années cinquante. Les gouvernements et les directeurs des centrales ont par conséquent minimisé toutes les atteintes durant les débats judiciaires (177).

Peu de mois avant l'accident il y a eu la publication d'une étude du Dr Joseph Lyon en Nouvelle-Angleterre dans le *Journal of Medicine*. On peut y lire que chez des enfants qui habitaient dans ces régions durant les périodes d'essais, le taux de leucémie était 2,5 fois plus élevé qu'avant et qu'après (177). En outre, une étude pour le compte du gouvernement d'un office de la santé (dite étude Weiss) avait été étouffée; elle montrait également dans ces régions d'essais des taux plus élevés de leucémie. On eut également connaissance d'une lettre de la Commission américaine pour l'énergie nucléaire (USAEC) adressée à l'Office de la santé, dans laquelle il est dit (177):

“Bien que nous ne soyons pas contre d’autres études concernant la leucémie et les anomalies de la glande thyroïde, l’évaluation de telles études occasionne de grands problèmes à la commission: de violentes réactions de la part du public, des procès et le torpillage des programmes des séries d’essais dans le Nevada.”

A remarquer aussi que le secrétaire en fonction à l’Office de la santé durant l’accident de TMI, le prof. G. MacLeod, avait admis la forte augmentation de la mortalité infantile après l’accident dans un rayon de cinq à dix miles autour de la centrale nucléaire, alors que son successeur, le Dr Arnold Muller, déclara que la mortalité infantile dans cette zone ne se distinguait pas de la mortalité de l’ensemble de l’Etat de Pennsylvanie. MacLeod avait été forcé de démissionner après l’accident. Il déclara également qu’après sa démission différents employés de l’Office de la santé, inquiets, avaient téléphoné plusieurs fois pour se plaindre que des données sanitaires anormales n’étaient pas publiées. MacLeod reprocha en outre à l’Office de la santé des contradictions et des absurdités dans le matériel chiffré qui avait été publié, ce qui resta sans réponse (111). C’est pourquoi il est incompréhensible qu’en mai 1980, on constata officiellement: “Après une étude soigneuse de toutes les informations, nous ne pouvions pas constater jusqu’ici que le rayonnement de la centrale nucléaire causait une augmentation de la mortalité de fœtus, de nouveau-nés et d’enfants.” (111)

Comme dans le cas de Shippingport, on n’a pas enregistré officiellement d’atteintes à la santé à Harrisburg (218).

Mais une étude publiée en 1987 par le Dr Jay M. Gould, président de l’Institut de recherche *Public Data Access Inc.* à New York, montre, avec l’appui d’évaluations statistiques du *US National Center for Health Statistics*, que la mortalité aux Etats-Unis (*age-adjusted*) a augmenté de façon inquiétante de 1,5 % de 1979 à 1980 — avec la plus forte augmentation dans les Etats se trouvant dans un rayon de 500 miles autour du réacteur de Three Mile Island. Il évalue qu’il s’est produit plus de 50 000 cas mortels supplémentaires aux Etats-Unis entre 1980 et 1982. La Pennsylvanie et New York se trouvant les plus proches des vents descendants, elles avaient les plus grandes, les plus importantes et les plus significatives augmentations de cas mortels (5,5 et 5,2 %). Le Dr Gould croit que l’étude pourra être confirmée si de telles relations pouvaient être découvertes en Europe après Tchernobyl. Dans le passé, on avait surtout fait des investigations dans le domaine du cancer et des atteintes génétiques comme conséquence des radiations. La nouvelle étude laisse supposer que l’effet le plus signi-

ficatif et le plus rapide des faibles doses pourrait cependant être une influence sur le système immunitaire.

Etudes du prof. Dr. Carl J. Johnson

Cette autorité reconnue a publié un certain nombre d'études qui établissent une relation entre d'une part les émissions des mines d'uranium, des usines de retraitement, des centrales nucléaires et des retombées des explosions nucléaires et d'autre part les cas de cancer supplémentaires chez des ouvriers du nucléaire et la population des environs. Il a pu rendre compte de ses travaux lors d'un voyage durant lequel il fit des conférences dans des universités suisses (221, 227, 231).

Les conséquences d'accidents possibles restent encore imprévisibles

Encore récemment, on a essayé, avec des "trucs" scientifiques bien connus, de minimiser les conséquences possibles d'accidents et de catastrophes nucléaires dans les centrales nucléaires (150). Des milieux pronucléaires (*American Nuclear Society* et un groupe industriel appelé *IDCOR*) ont voulu prouver par des études théoriques que la pollution radioactive de l'environnement était beaucoup plus faible qu'on ne l'avait admis jusqu'ici. C'est pourquoi des clauses d'octroi d'installations d'entreprises et de prescriptions de sécurité ne devaient plus être prises au pied de la lettre.

Mais l'*American Physical Society*, bien connue, a réfuté l'étude écrivant qu'il est impossible d'admettre que lors de tous les déroulements d'accidents et dans chaque réacteur, il ne se dégageait qu'une petite partie de l'ensemble des produits de fission présents (= la radioactivité artificielle accumulée dans le réacteur) (150). Tchernobyl a donné raison à cette réfutation. A présent, les prescriptions de sécurité sont intensifiées partout, et les réacteurs ont été "adaptés". Le lobby nucléaire est une fois de plus désavoué!

M. La radioactivité rend-elle stupide?

Des psychologues américains ont cherché pendant de nombreuses années pourquoi les résultats des tests psychologiques pratiqués régulièrement (*SAT = Scholastic Aptitude Test*), tests que tous les jeunes Américains de

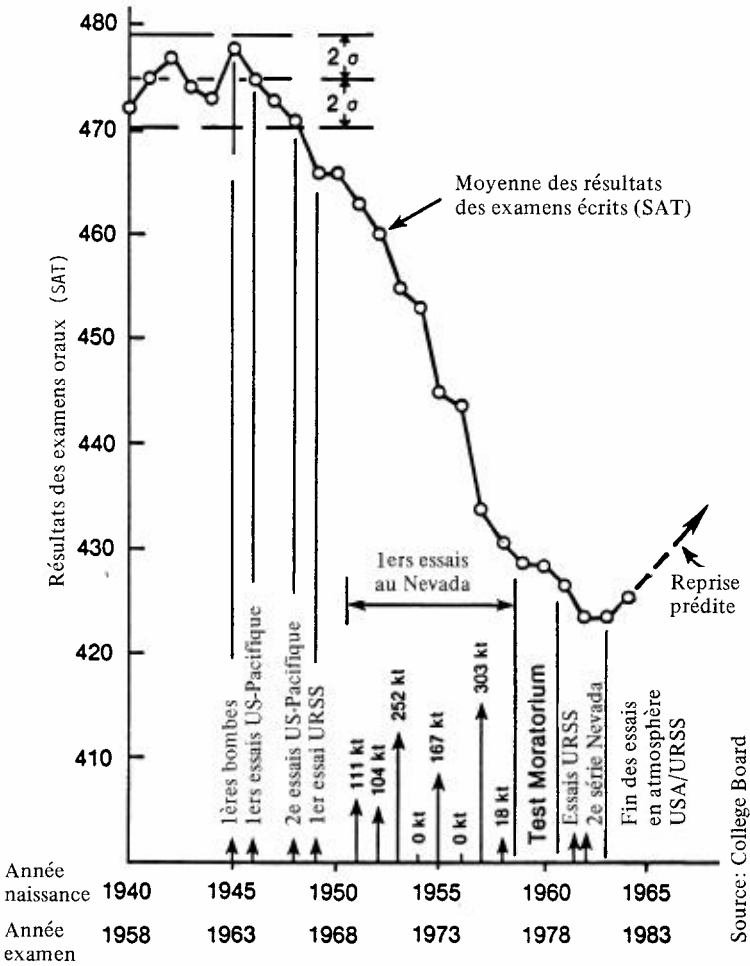
18 ans passaient, avaient diminué de façon régulière et inquiétante depuis 1964 (et de ce fait également le QI = le quotient intellectuel). En 1977 déjà parut un rapport d'une commission spécialement instituée par le gouvernement qui avait traité plus de deux douzaines d'études (dit rapport Wirtz). Le résultat fut catastrophique. Pas un seul facteur explicatif (ou un groupe de facteurs), comme par exemple des différences culturelles, des examens plus difficiles, des différences de race, etc. ne put être trouvé. Déjà d'autres essais d'explication, comme des dépressions à cause de la guerre au Vietnam, trop de télévision, des cas de divorce plus élevés, plus de violence, des écoles surchargées, une qualité moindre dans l'enseignement, des exigences scolaires plus fortes, etc., avaient échoué.

Le prof. Sternglass lut à ce moment-là par hasard dans le *New York Times* que pendant l'année 1975, les résultats des SAT avaient subi dans la moyenne des Etats-Unis la plus forte baisse en l'espace de deux décennies. Il y eut une subite inspiration (177). "*Quand ces jeunes sont-ils nés? A quel moment se trouvaient-ils dans le sein maternel?*" La plupart des jeunes avaient 18 ans, c'était par conséquent en 1957. Cette année-là il y a eu le plus fort chiffre de kilotonnes (à la suite des retombées les plus élevées) mesuré aux Etats-Unis après les explosions atomiques dans le Nevada. Sternglass était content d'avoir à cette époque-là demandé instamment à sa femme et à ses amis d'utiliser du lait en poudre pour les enfants, de sorte que l'iode 131 (demi-vie = huit jours) avait le temps de se désintégrer.

Sternglass se souvint du Hanford Symposium de 1969. On y avait discuté des conséquences de l'explosion de la bombe atomique "Bravo" dans les îles Marshall, dont les retombées touchaient l'île Rongelap à 152 miles de distance. Dans les 15 années qui avaient suivi, tous les enfants de l'île avaient développé des atteintes de la glande thyroïde et présentèrent des perturbations dans le développement physique et intellectuel (154).

En collaboration avec le psychologue scolaire Steven Bell au Barry College à Mount Barry, Georgia, Sternglass put alors, dans une étude détaillée, montrer les relations possibles entre l'intelligence moyenne de jeunes Américains (les résultats SAT) et les retombées des explosions des bombes atomiques des années cinquante et soixante, en particulier au Nevada et au Nouveau-Mexique (175, 177, 178).

Résultats des examens de langues (SAT) aux USA de 1958-1982 et la relation avec les essais de bombes atomiques lors de la naissance des candidats, 18 ans plus tôt



Le tableau montre la relation étroite entre les résultats en baisse des examens (SAT) pour tous les Etats-Unis de 1958 à 1982 et l’époque des explosions de bombes atomiques, en particulier celles du Nevada 17 à 18 années plus tôt. Les résultats en langues (rédactions) et mathématiques

étant équivalents, on ne montre que le rapport aux épreuves de langues. Et comme jusqu'à la fin des années cinquante, il n'existe pas de mesures de radioactivité faites pour le lait et pour la totalité des Etats-Unis, on se rapporte aux charges des bombes explosées. Ce qui est important, c'est le fait que les résultats des examens se soient à nouveau améliorés, après l'arrêt des essais atomiques (la courbe montante). Sternglass l'avait prédit dans la première publication de 1979!

Depuis les années soixante, l'Office de la santé des Etats-Unis publiait également les concentrations des plus importants produits de fission radioactifs trouvées dans le lait pasteurisé de cinquante Etats, à savoir l'iode 131, le césium 137, le strontium 90 et 89, le barium 140 (177).

Là aussi des corrélations statistiques avec les résultats SAT ont pu être trouvées. La plus forte relation, c'est celle de l'iode 131 qui se concentre dans la glande thyroïde qui contrôle aussi le développement du cerveau. Une relation bien moindre est celle du césium 137 de longue durée qui s'accumule dans les tissus mous. Il n'y avait pas de relation avec le strontium 90 de longue durée et le strontium 89 de courte durée, qui sont comme le barium 140 des "chercheurs" d'os, mais peuvent, il est vrai, provoquer des cancers de l'os.

Dans une comparaison des épreuves SAT selon les différents Etats américains de 1974 à 1976, c'est l'Utah qui a la plus forte perte de points — 26 — en opposition avec l'Ohio qui perd seulement deux points. On a recensé les générations de 1956 à 1958, c'est dans ces années-là que l'Utah présentait la plus forte teneur en iode, alors que l'Ohio se trouvait au sud du passage des nuages de retombées.

Or l'Utah avec sa population de Mormons avait toujours été parmi ceux qui avaient les résultats d'examens les plus élevés, malgré de sérieux problèmes de pollution de l'air par des installations de fonte de cuivre et de centrales thermiques au charbon. L'Utah a également autant d'automobiles que partout en Amérique (mais tout cela ne produit ni strontium 90, ni iode 131). Les facteurs de la pollution classique de l'air ne peuvent pas être mis en cause pour cette baisse prononcée en comparaison de l'Ohio. De même il n'y avait aucune différence dans la qualité des enseignants, dans la consommation de télévision ou dans les facteurs de l'économie sociale en général. Et les Mormons ne fument pas, ne boivent pas d'alcool, ne se droguent pas. Pourtant cette baisse de l'intelligence fut remarquée en Utah (177).

Sternglass peut également se reporter à deux études faites au *New York Medical Center* et au *Chain Sheba Medical Center* en Israël (177), où

à l'époque on a traité respectivement 2215 et 10 842 enfants pour une mycose apparaissant sur la tête (*Tinea capitis*) par des rayons X selon les méthodes de cette époque. Durant un temps d'observation de 20 à 25 ans et 30 ans, on a trouvé à côté de tumeurs de la glande thyroïde plus fréquentes une augmentation de manques intellectuels par rapport aux groupes non traités par des rayons, ces manques se manifestant par des résultats scolaires plus mauvais et davantage de traitements psychiatriques. La dose dans la glande thyroïde se montant chez ces enfants exposés à 6 à 9 rad environ, c'est-à-dire bien en dessous de la dose de 10 à 60 rad des enfants de l'Utah.

Sternglass et Bell donnent encore beaucoup d'autres détails qui soutiennent tous leur hypothèse que les retombées peuvent vraiment être la seule explication possible pour ces observations extraordinaires. Des constatations à peu près identiques furent faites par B. Rimland et G. Larson, deux scientifiques d'un centre de recherche militaire à San Diego, en Californie. Ils rendent attentifs au fait qu'on ne prête pas assez attention aux changements physiques et chimiques qui se produisent dans l'environnement. L'objet de leur recherche était l'intelligence visiblement en baisse de jeunes soldats et ils se basent sur les observations de Sternglass/Bell (142).

L'inquiétant effet de l'iode 131 radioactif sur les fonctions de la glande thyroïde et de ce fait sur le développement intellectuel de l'enfant dans le sein de sa mère pourrait être une des conséquences les plus sournoises de la fission nucléaire — à côté de la mortalité infantile en augmentation et des atteintes tardives tel que le cancer (177). Rien que la possibilité que les retombées de quelques petites armes nucléaires dans le Nevada aient pu produire des générations entières de jeunes d'intelligence affaiblie devrait avoir un effet alarmant. Même dans une guerre nucléaire limitée, tant l'agresseur que l'agressé devraient compter avec des conséquences imprévisibles pour leurs enfants sur des générations — et ceci uniquement par le biais de retombées qui pollueraient l'air, l'eau et la nourriture. Et ceci même si aucune ville n'a été détruite et qu'aucun être humain n'a été blessé ou tué (177).

Mais les centrales nucléaires produisent, elles aussi, de l'iode 131. C'est pourquoi il faut se demander si elles n'influencent pas (même en temps normal ou lors d'incidents ou d'accidents comme à Harrisburg) la capacité intellectuelle des enfants. L'iode 131 fait partie de l'émission normale des centrales nucléaires (104).

Il est remarquable qu'en 1986 un représentant de la CIPR (Thorne) devait admettre qu'il n'existe pas de dose de tolérance pour l'apparition d'atteintes du cerveau après irradiation dans le sein de la mère.

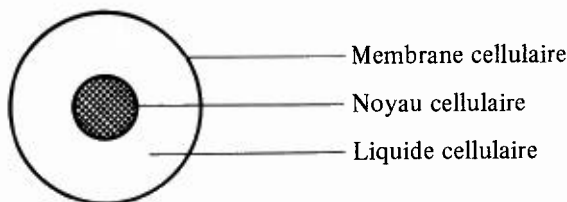
Ce serait plus que tragique si, dans une société de technologies de pointes justement, une de ces technologies amoindrait l'intelligence, dont cette société a justement le plus grand besoin.

N. L'Effet Petkau passé sous silence

Une nouvelle dimension du danger de la radioactivité?

En 1972 déjà, le scientifique canadien A. Petkau a fait par hasard une découverte digne d'un prix Nobel à Manitoba, laboratoire d'énergie nucléaire (135, 136). Il irradia sous l'eau des membranes cellulaires artificielles. Il s'agissait de membranes de phospholipides ayant les mêmes caractéristiques que les membranes cellulaires vivantes. Il constata le phénomène suivant: lorsque l'irradiation se passait dans un laps de temps prolongé, les membranes se rompaient sous l'effet d'une dose complètement absorbée bien plus faible que lorsque cette dose totale était donnée par une irradiation brève (comme par exemple lors d'une radiographie).

Une cellule vivante est composée d'une membrane cellulaire et d'un noyau (cf. la figure). Mais la membrane cellulaire n'a pas pour seule fonction de retenir le liquide aqueux cellulaire, elle en a diverses autres dans le déroulement biologique. Ces fonctions ont déjà été comparées à celles d'un complexe industriel. Des membranes cellulaires intactes sont par conséquent absolument décisives pour une vie saine.



Petkau découvrit que: lors d'irradiation rapide avec 26 rad par minute (c'est-à-dire avec un fort taux de dose*) par des appareils importants de radiologie, il fallait une forte dose totale de 3500 rad pour détruire la membrane cellulaire.

Lors d'une irradiation prolongée d'une dose de *0,001 rad par minute* (c'est-à-dire avec un faible taux de dose) à l'aide d'une solution de sel radioactif dans de l'eau ($\text{Na}^{22} \text{Cl}$), il fallait une dose totale de 0,7 rad pour la destruction.

Lors d'une irradiation prolongée, il fallait par conséquent une dose totale de 5000 fois plus faible pour la destruction ($3500:0,7 = 5000$). Voilà qui était proprement renversant!

Au cours d'expérimentations répétées, Petkau arriva toujours au même résultat: plus l'irradiation était prolongée, moins il fallait de faible dose totale pour rompre les membranes. De cette façon, il est démontré que de faibles doses de radiations chroniques peuvent être plus dangereuses dans leurs effets spécifiques que des doses élevées de brèves durées. Cette découverte à caractère révolutionnaire se trouve en contradiction avec l'effet d'atteintes génétiques dans le noyau cellulaire. Il n'y existe pratiquement pas de différence dans l'effet, que la même dose de radiation totale ait été donnée dans un laps de temps très court ou prolongé (c'est-à-dire un effet constant de dose par rad va de la faible dose jusqu'à celle relativement élevée).

Il y a longtemps qu'on sait que les molécules ADN porteuses d'information génétique dans le noyau cellulaire sont atteintes de *façon directe* essentiellement par l'impact des radiations. Dans les membranes cellulaires, par contre, il y a un effet complètement différent, c'est-à-dire un mécanisme d'atteinte indirect.

* Un taux (ou puissance) de dose: on peut vider une bière en un laps de temps bref, ce qui correspondrait à un taux de dose élevée. La même quantité de bière peut être bue lentement (sur une durée prolongée), ce qui correspondrait à un taux de dose faible.

La dose radiologique irradiante correspond à une certaine quantité d'énergie que le corps irradié ingère (rad). C'est pourquoi on peut transmettre une certaine dose de radiations (ou une quantité d'énergie) en un temps bref, c'est-à-dire avec un grand taux de dose. On peut également le faire de façon prolongée, lentement, en un laps de temps plus long, ce qui correspond à un faible taux de dose.

Dans les pages qui suivent, nous utiliserons indifféremment *taux* ou *puissance* de dose (Ndt).

Pour quelles raisons de faibles doses peuvent être plus dangereuses que de fortes doses?

Dans le liquide cellulaire contenant de l'oxygène, il peut se transformer sous l'effet de l'irradiation une forme instable hautement toxique d'oxygène. Ces *radicaux libres* (de O_2^-) sont attirés par la membrane cellulaire et y déclenchent une réaction en chaîne. Celle-ci a pour effet que des molécules des membranes cellulaires s'oxydent successivement, de sorte qu'il advient un affaiblissement ou même une destruction de la membrane cellulaire. L'atteinte dans ce cas ne se produit donc pas comme dans le noyau cellulaire directement par irradiation, mais indirectement, ceci exprimé de façon simplifiée, produit par les radicaux libres issus de l'irradiation.

- *Une atteinte importante lors de faibles doses radiologiques prolongées, c'est-à-dire de doses chroniques*

Moins il y a de radicaux libres dans le liquide cellulaire, plus l'effet destructeur est grand. Les radicaux libres peuvent réagir entre eux et deviennent inactifs (retour à une combinaison habituelle d'oxygène O_2). Moins il y a de ces radicaux libres produits par l'irradiation (doses élevées), plus il y a de possibilités qu'ils atteignent leur but (c'est-à-dire la paroi cellulaire) et d'échapper à la combinaison qui avait menacé auparavant.

- *Atteinte faible lors de doses de radiations élevées de brève durée*

Inversement, plus il y a de radicaux libres produits par l'irradiation (doses élevées), plus la combinaison entre eux sera rapide, par conséquent ils deviendront inactifs et auront ainsi moins la possibilité d'atteindre la membrane et d'y causer un dommage.

- Il s'ajoute encore un effet supplémentaire. Des membranes cellulaires produisent dans le liquide cellulaire un champ électrique qui attire les molécules de charge négative — tel le radical libre O_2^- hautement toxique. Des calculs par ordinateur montrèrent que plus la concentration de radicaux libres est importante, plus le champ électrique qui les attire s'affaiblit (135). Si par conséquent la concentration de radicaux est élevée, les radicaux libres sont moins en mesure d'atteindre la paroi cellulaire que lorsque la concentration momentanée de radicaux est très faible.

C'est ainsi qu'il arrive paradoxalement — à l'opposé des atteintes dans les noyaux cellulaires — qu'une irradiation ionisante dense, telle qu'elle se présente dans les rayons alpha ou par l'impact intense mais rapide d'un appareil radiologique médical, fasse que la membrane cellulaire est moins

atteinte que par l'irradiation naturelle faible et chronique, c'est-à-dire prolongée, telles que les retombées ou les émissions des centrales nucléaires. C'est le prof. Sternglass qui, en 1974, mis cela le premier en évidence. C'est aussi son mérite d'avoir fait des recherches sur les publications dans le domaine radiobiologique, de les avoir réunies et exploitées, leurs résultats pouvant prouver l'efficacité de l'effet Petkau dans les systèmes biologiques également (171, 172, 174). Puis, pour la première fois, le rapport BEIR-III de 1980 a dû citer Sternglass à ce sujet et donc aussi l'effet Petkau! (32) La CIPR et l'UNSCEAR ont jusque-là et de façon significative passé cet effet sous silence.

En se basant sur l'effet Petkau, Sternglass montre que les faibles doses radiologiques, même les plus faibles, peuvent, lorsqu'elles sont prolongées (c'est le cas à la suite des retombées et dans les émissions des centrales nucléaires), être de 100 à 1000 fois plus dangereuses qu'on ne pourrait l'attendre en se basant sur les expériences médicales, les études sur les victimes japonaises des bombes atomiques et les très nombreuses expérimentations sur les animaux.

Jusqu'ici on a pris en compte uniquement les atteintes sur le noyau de la cellule; on n'a pas vu les atteintes sur la membrane cellulaire !

Au début on croyait que la radioactivité provoquait uniquement des atteintes génétiques. Et comme l'hérédité se trouve dans le noyau cellulaire (dans l'ADN des chromosomes), on était quasiment fixé sur ce *noyau cellulaire*. D'après des expériences faites sur des animaux, concernant les atteintes génétiques, il était raisonnable d'établir une relation linéaire de doses élevées vers de faibles doses et passant par le point zéro et sans sous-estimer ainsi le risque génétique (52). On avait même trouvé dans quelques expérimentations une diminution des effets génétiques par irradiations lors de baisse de puissance des doses (148), c'est-à-dire qu'une irradiation prolongée avait un effet moindre (52). On s'explique cela par une amélioration possible, si les doses sont données de façon échelonnée ou avec une puissance amoindrie (prolongée) (52), *c'est-à-dire avec de meilleures possibilités de se rétablir * pour le noyau cellulaire*.

Lorsque plus tard on a dû reconnaître que les radiations provoquaient plus de cancers qu'on ne le croyait (7), on crut de nouveau que l'atteinte

* **Autoréparation** (52): comme des blessures peuvent guérir, les systèmes biologiques peuvent se rétablir dans le noyau cellulaire à la suite de mécanismes de réparation, dans la mesure où on leur laisse le temps de guérir.

se faisait avant tout dans le *noyau cellulaire* même, bien que le mécanisme exact de la formation du cancer dû aux rayons ne soit pas encore élucidé. Par analogie au risque d'atteinte génétique, on pensait se trouver de nouveau raisonnable à propos de risque de cancer avec une relation linéaire des doses élevées aux faibles doses. On parlait, avec suffisance, d'une évaluation sécuritaire (7, 52) donc prudente de risques radiologiques. On pouvait également prouver la relation linéaire concernant le risque de cancer d'enfants radiographiés dans le sein de leur mère (208). Et en 1973 encore, une étude de toutes les expériences sur animaux disponibles à propos de cancer dû aux radiations montrait que pour différentes puissances de doses, on trouvait la même tendance que pour les atteintes génétiques (118, 171). Mais ces travaux avaient été *exécutés avec des puissances de doses qui étaient 1000 fois plus fortes que celles de l'irradiation naturelle*.

Que la relation linéaire, sécuritaire, fût juste semblait confirmé également par tous les résultats d'autres études sur des groupes de populations humaines qui avaient été exposés à des radiations médicales ou aux explosions de bombes atomiques, ainsi le lisait-on encore dans le rapport BEIR-I de 1972 (17, 171). De faibles puissances de doses, comme elles sont d'usage dans la médecine nucléaire (0,01 rad/minute) jusqu'aux plus élevées, telles que les explosions de bombes atomiques les produisent directement (10 000 rad/minute), donc englobant un domaine d'un ordre de grandeur de six, l'augmentation du risque relatif de cancer était constant. Ceci était aussi vrai pour l'augmentation de la dose qui double le cas de cancers, pour laquelle on admettait un éventail de 10 à 100 rad (0,1 à 1 Gy). On avait adopté un éventail identique pour la dose doublant les atteintes génétiques. Ceci portait de nouveau à croire en une confirmation d'un risque linéaire de cancer (171).

Tous ces résultats donnent l'impression que de faibles radiations, proches de l'irradiation naturelle, peuvent être à peine dangereuses, y compris les retombées et les émissions des centrales nucléaires évidemment. La seule exception semblait être faite pour la vie fœtale durant la grossesse. C'est là que d'importantes études montraient — lors d'irradiation pour un diagnostic radiologique — que les doses de doublement étaient de 10 à 100 fois plus faibles pour la leucémie, le cancer et d'autres causes mortelles que pour les adultes.

Recherche partielle: conclusions fausses!

Le tableau suivant montre à présent qu'on a surtout fait des recherches dans des domaines et sur des puissances de doses erronées (l'impact irra-

diant des bombes atomiques, les applications médicales, les expériences sur les animaux), c'est-à-dire à peu près entre *1 et 1000 rad par minute*. On en a tiré de fausses conclusions car elles négligeaient les risques de santé et d'environnement par l'irradiation naturelle, par les retombées, par les émissions de centrales nucléaires et également le risque d'irradiation professionnelle dans les manipulations avec des rayons X. Dans tous ces cas, l'étendue des puissances des doses est dans des ordres de grandeur moins importante. Elle se trouve à environ *0,000.000.1 à 0,000.1 rad par minute!* Le tableau ci-dessous (d'après Sternglass (170, 173)) donne à peu près une vue d'ensemble de l'étendue des puissances des doses:

Puissance des doses rad par minute

10^6	1 000 000	
10^4	10 000	Impact des bombes atomiques
10^3	1 000	Irradiation directe
10^2	100	
		Médecine
1	1	(Diagnostic et thérapeutique)
10^{-2}	0,01	
10^{-4}	0,000 1	
10^{-6}	0,000 001	Retombées et irradiation
10^{-8}	0,000 000 01	naturelle

L'effet Petkau confirmé également dans des systèmes vivants?

Beaucoup de travaux scientifiques des douze dernières années montrent que cette atteinte indirecte de la membrane cellulaire par irradiation peut aussi se produire sur des systèmes biologiques, et déjà lors de très faibles doses de 10 à 100 mrad (0,1 à 1 mGy), c'est-à-dire dans le domaine de l'irradiation naturelle, des retombées d'essais de bombes et de l'exploitation normale de centrales nucléaires. Même des résultats d'anciens travaux deviennent à présent plus clairs et plus crédibles, une fois connu l'effet Petkau. Sternglass a à maintes reprises attiré l'attention sur ces études (170, 171, 172, 174). Nous n'indiquerons que les suivantes:

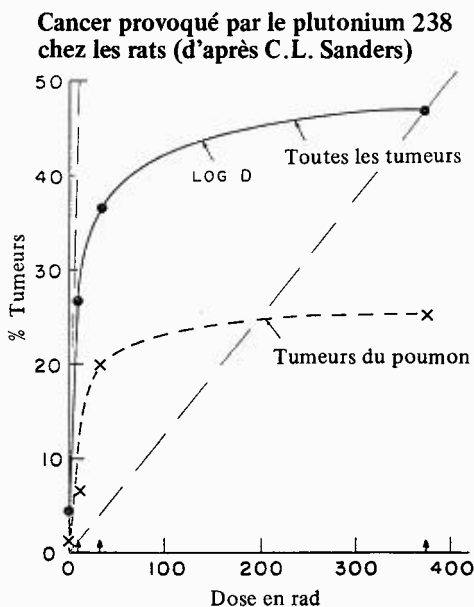
- *On a montré sur des micro-organismes* que l'effet Petkau peut également être détecté sur des cellules vivantes (W.S. Chelack, A. Petkau et al.) (43).

En remplaçant l'oxygène dilué dans les cellules, la dose a dû être sensiblement augmentée pour détruire la membrane. De cette façon, le rôle décisivement destructeur de l'oxygène a été prouvé (c'est-à-dire celui du radical libre O_2^-).

- *BEIR-III 1980* (32, 51). On y signale une série de travaux qui montrent que la protection des membranes peut être possible par certains enzymes et substances qui combinent les radicaux libres. De cette façon, on fournit la preuve indirecte de l'oxydation des membranes dans des systèmes vivants.
- *Sur des rats*, on trouve que plus la concentration de strontium 90 était basse dans la moelle osseuse (et de ce fait également la puissance de dose), plus l'atteinte de la moelle osseuse s'avérait importante (W.T. Stokke) (181).
Les concentrations de strontium 90 par gramme de chair se trouvaient de l'ordre de celles du corps des enfants nouveau-nés à l'époque du plus grand nombre d'essais de bombes atomiques.
- *Dans les cellules sanguines de personnes* subissant une irradiation professionnelle (radiologistes, techniciens radiologistes) — des études dans ce sens furent effectuées à l'Université de Californie (E.G. Scott) (151). Les membranes des cellules sanguines s'avéraient beaucoup plus perméables au rubidium, donc davantage atteintes que chez des personnes ordinaires. Et une fois de plus, comme avec Petkau et Stokke, on reconnaissait la plus forte augmentation des atteintes (par unité de dose) dans les doses totales les plus faibles. Le pourcentage de changement par rad s'avéra comme étant de cent fois plus important qu'on n'aurait pu être en mesure de l'attendre selon les analyses faites sur des doses élevées.
- *B. Shapiro et G. Kollmann* (153). La découverte de Petkau était déjà établie en 1968, mais à l'autre extrême, pour les puissances de doses élevées! Shapiro trouva que pour une puissance de dose de 1900 rad/min. (19 Gy), la dose totale élevée de 2000 rad (20 Gy) était nécessaire pour endommager des membranes cellulaires du sang!
- *Sur des rats*, qui lors d'expériences de longue durée, inhalaient de la poussière de plutonium, la dose provoquant le double de cas de cancers n'était que de 180 mrad (1,8 mGy) (C.L. Sanders) (149). Cependant si on avait transposé le résultat d'une dose élevée de 395 rad de façon linéaire vers le bas en traversant le point zéro, tel qu'on le pratique encore de nos jours (et ce qui devrait être sécuritaire!), on serait arrivé à une dose doublante de 34 rad. L'erreur aurait par conséquent été de l'ordre de 190 fois et le risque par irradiation dans le domaine des doses

faibles sous-estimé de 190 fois.

Sur des hamsters, on a également pu observer l'effet plus important pour les doses de faibles puissances (J.B. Little) (108). On leur avait injecté du polonium 210 dans les poumons. La plus forte augmentation de cas de cancers se produit alors sous l'effet des plus faibles doses totales, en concordance avec les observations faites par Petkau, Chelack, Stokke, Scott et Sanders.



Explication des effets de dose:

La courbe tracée indique la dépendance de tous les cas de cancers en fonction de la dose appliquée. La courbe pointillée ne compte que les cancers du poulmon. Remarquez la montée rapide sous l'effet des faibles doses, telle qu'on devrait l'espérer sous l'effet indirect d'une atteinte de membrane cellulaire. La courbe traitillée oblique indique le transfert linéaire de la dose élevée de 395 rad.

- *Sur des hamsters*, on a pu provoquer 15 fois plus de cancers des poumons lorsque le polonium 210 agissait en petites unités réparties sur 15 semaines, que lorsque la dose totale était absorbée en une fois (R.B. McCandy) (110).
- *Le rapport BEIR-III 1980* attire l'attention sur une observation très grave faite par Petkau (32). L'effet protecteur d'un enzyme, lorsque

l'irradiation de la cellule artificielle se produisait de l'extérieur par des rayons gamma, ne s'observait plus lors d'une irradiation intérieure par le tritium (rayon bêta). Le sous-comité du BEIR pense qu'il serait extrêmement urgent de rechercher si ce phénomène peut être observé également dans des systèmes vivants.

L'effet Petkau également confirmé chez l'homme?

Il existe toute une série d'observations qui montrent que la courbe linéaire des effets de doses ne rend pas exactement compte des risques chez l'homme et mène à une importante sous-estimation. On citera ici les travaux suivants:

- *Pour le personnel de la centrale au plutonium de Hanford* (Etats-Unis), on a constaté dans une étude remarquable faite en 1977 déjà par Mancuso, Stewart et Neale (113, 156) un taux de cancer très élevé — malgré une irradiation moyenne peu importante — de sorte que les auteurs ont exigé à ce moment-là une réduction d'un facteur de 20 de la valeur limite maximale pour le personnel du nucléaire (113). Par tous les moyens, on a essayé de contrecarrer ce travail, recourant même à l'argument que les quantités de radiations mesurées étaient fausses. Et on rappelle pourtant constamment à quel point ces ouvriers sont surveillés avec soin!
- *Chez des ouvriers de chantiers navals* à Portsmouth (Etats-Unis) qui étaient occupés à réparer des sous-marins nucléaires, Najaran et Colton ont constaté en 1978 des choses similaires (123, 156). On a trouvé un taux de 5,6 fois plus élevé de leucémie que pour des ouvriers non exposés aux radiations.
- *J. T. Gentry* (55) a trouvé en 1956 déjà une augmentation de la mortalité chez les nouveau-nés à la suite de différents défauts de développement, dans l'Etat de New York, dans des régions dont la radioactivité naturelle du sol est élevée (uranium, thorium), et ceci de 20 à 40%. En accord avec Stokke, il s'en suivrait une augmentation de l'effet d'un % par mrad (= 0,001 rad)! Ce résultat concorde également avec le travail de Scott qui examinait des atteintes dans le sang pour des personnes à professions exposées aux radiations (174).
- *Selon J. P. Weseley* (156, 210), il existe une relation étroite entre des mort-nés avec des déformations visibles et l'intensité de l'irradiation globale cosmique. D'après ses observations faites en 1960 déjà, il existe près de l'équateur 1,8 pour 100 naissances de malformations, alors que

pour le même nombre de naissances dans des régions au-dessus de 50 degrés de latitude Nord, elles se montent à 5. Ce n'est qu'après la découverte de l'effet Petkau que cette constatation peut être expliquée et rendue crédible. Avec l'effet de l'irradiation sur le noyau cellulaire (atteintes génétiques), il ne serait pas possible d'expliquer ce nombre fortement augmenté des mort-nés (174).

- *Barcinski* (4, 156) et *Costa-Ribeiro* (44) ont trouvé des transformations importantes des chromosomes dans le sang chez des personnes qui vivent dans des sols de sable monozite contenant du thorium (autant les habitants que les ouvriers dans les sablières de monozite ont été examinés). Pour une augmentation de dix fois de la teneur en plomb 212 radioactif de l'air (rayon bêta), les atteintes de chromosomes ont augmenté de 0,9 à 2 %. Une nouvelle augmentation de dix fois de la concentration de plomb 212 n'augmenta par contre les atteintes que de 0,57 %. C'est ainsi qu'on trouva de nouveau un effet plus grand des faibles concentrations (doses d'irradiation) (174).
- *En 1984, le New Scientist* (132) rend compte d'études internes de l'*US Department of Energy* (DOE) sur des ouvriers de douze centrales nucléaires. Neuf des douze études ont trouvé des taux de 50 % plus élevés de cas de leucémie, et des cas au-dessus de la moyenne de cancer du poumon et du cerveau, de lymphome et des tumeurs malignes des organes de la digestion. Même les maladies habituelles du système respiratoire étaient plus nombreuses. Une étude faite auprès de 2529 ouvriers dans les différentes centrales du DOE qui recevaient plus de 5 rem (50 mSv) par an montre que le taux de cancer était trois fois plus élevé qu'attendu.

Le résumé de cette recherche est formulé ainsi: "Cette étude donne l'occasion de clarifier scientifiquement les risques d'atteintes à la santé et de cancers qui peuvent résulter de faibles doses de radiations mais prolongées. Des observations radiobiologiques et épidémiologiques donnent à entendre que ces risques se distinguent de ceux qui se basent sur les observations faites lors de doses élevées (de courtes durées) (des puissances élevées de doses), sur lesquelles reposent encore les calculs de risques habituels."

Car selon les études de Petkau, Stokke, Scott, Sanders et Little, la dose totale de 0,1 à 0,2 rad (0,001 à 0,002 Gy) suffit à doubler les atteintes aux membranes de cellules pour la puissance de la dose de l'irradiation natu-

relle, des retombées des essais de bombes et des émissions de centrales nucléaires (177).

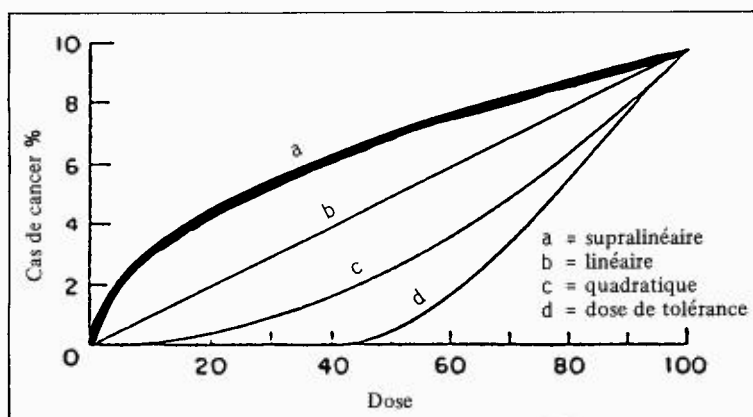
Dans les puissances élevées de doses de la technique radiologique médicale, on a besoin par contre d'une dose totale élevée de 100 à 200 rad (1 à 2 Gy). Et c'est sur de telles puissances élevées de doses et de puissances encore plus élevées que reposent la plupart des études faites jusqu'ici à propos des atteintes radiologiques sur les hommes et sur les animaux. C'est pourquoi il semble que les nuisances de l'irradiation naturelle — en faisant abstraction de leur effet d'atteintes génétiques sur le noyau cellulaire) ont été sous-estimées de plus de 100 à 1000 fois. Au lieu de trouver la dose de tolérance escomptée (les courbes d ou c), ou même une relation linéaire sécuritaire entre la dose et l'effet (courbe b), les nouveaux résultats des recherches des atteintes aux membranes cellulaires conduisent à une courbe "supralinéaire" (174) telle a, c'est-à-dire cintrée vers le haut (voir ci-dessous). Ceci signifie des atteintes aux membranes cellulaires en forte augmentation dans le domaine des faibles doses, la courbe des atteintes s'aplatissant ensuite fortement pour les doses élevées.

Les conséquences générales de l'effet Petkau

(selon Sternglass) (170, 172, 173, 174, 177)

L'irradiation endommage toute la surface cellulaire et pas seulement le petit noyau cellulaire (comme on l'a cru jusqu'ici). L'atteinte indirecte de la membrane cellulaire se manifeste souvent fortement pour de faibles puissances de dose, mène vers une courbe des effets de dose (a), qui augmente plus vite qu'une courbe linéaire (b) pour de faibles doses.

Hedi Fritz-Niggli, directrice de l'Institut de radiobiologie de l'Université de Zurich, a admis lors d'un colloque à l'Université de Berne le 13 juin 1986 — auquel l'auteur a également participé — qu'une telle courbe a pourrait être possible pour les systèmes biologiques.



Atteintes aux membranes cellulaires et santé

L'effet Petkau semble démontrer que sous l'effet de faibles quantités de radioactivité artificielle dans la nourriture et dans l'eau (et l'air), même les cellules qui sont responsables des forces de résistance du corps sont atteintes par ces faibles doses. De ce fait, le risque d'infection du corps augmente. Des virus, des bactéries et des cellules cancéreuses peuvent se multiplier plus facilement. Les plus en danger sont visiblement ceux dont la vie est en train de se développer, donc les enfants, dont le système immunitaire (forces de résistance) n'est pas encore totalement développé.

Par de faibles doses de radioactivité, il pourrait finalement y avoir des atteintes auxquelles on n'a pas pensé autrefois. Ceci concerne les maladies infectieuses (par exemple la grippe, les pneumonies) et ensuite toutes les maladies conditionnées par l'âge, telles que l'emphysème, les maladies cardiaques, toutes les maladies ganglionnaires, les diabètes, les attaques d'apoplexie, mais aussi les atteintes du cerveau chez l'embryon en développement (par exemple: une intelligence inférieure).

Avant la découverte de l'effet Petkau, on ne pouvait pas s'expliquer ces statistiques nombreuses et diverses qui évoquaient de tels risques de santé et de mortalité à la suite des retombées et des émissions de centrales nucléaires. Les doses radiologiques ayant une influence sur les hommes se situaient seulement de 10 à 100 mrad environ par an (0,01 à 0,1 rad). Ce sont surtout les produits de fission césium 137, le strontium 90 et 89 et l'iode 131 qui ont servi de base de calcul pour ces irradiations. Ils ont été

observés avec la nourriture, le lait et l'eau potable. Mais les statistiques concernant l'irradiation naturelle et les personnes irradiées de par leur profession montrant aussi qu'il y a bien plus de risques qu'on ne l'avait admis jusqu'ici, deviennent plausibles avec l'effet Petkau.

L'avis des instances de protection radiologique à propos de l'effet Petkau

La CIPR et l'UNSCEAR ignorent jusqu'à présent cette notion nouvelle fondamentale. Le sous-comité BEIR (BEIR-III 1980) par contre, provoqué indirectement par le prof. Sternglass, a pris contact après quelques hésitations avec le Dr Petkau et a confirmé sa découverte et de ce fait aussi l'effet Petkau. Le sous-comité dit notamment (32):

“Les constatations expérimentales de l'effet de doses sur les membranes cellulaires montrent un mécanisme d'atteinte différent ou en liaison avec l'effet sur l'ADN (noyau cellulaire) qui en général est considéré comme le premier mode d'atteinte dans les systèmes biologiques (...) Le rôle de l'atteinte radiologique des membranes avec des effets pathologiques dans les systèmes vivants n'est pas élucidé, bien que des conséquences possibles concernant le cancer, la résistance immunitaire et le vieillissement (...) aient été citées.”

On admet également que “l'on puisse soupçonner un mécanisme d'atteinte également dans les systèmes biologiques lors de puissances de faibles doses et lors du rapprochement de la dose radiologique naturelle.” (32). On indique plusieurs études s'y référant. C'est le cas d'un travail de T.E. Fritz (32) qui donne la preuve d'un effet renforcé de faibles puissances de doses de rayons gamma dans les taux de leucémie chez les chiens. L'étude de Mancuso, Stewart et Neale, qui montrait une augmentation des cas de cancers chez des ouvriers de la centrale au plutonium de Hanford, est citée sans commentaire.

Finalement, le rapport du BEIR-III de 1980 retient (32):

“Le rapport inverse entre la puissance des doses et les atteintes dans des membranes cellulaires artificielles et la possibilité que de telles atteintes dans les biomembranes provoquent la formation de cancers laisse augurer que ce phénomène se produit dans le cas de faibles doses et de doses seules “recommandées”, dans les cellules vivantes aussi. C'est pourquoi il est nécessaire de continuer à faire des recherches dans ce domaine.”

Le Dr Petkau lui-même (aujourd'hui directeur de recherches dans le domaine médical de la biophysique de l'Atomic Energy of Canada Limited à Pinawa, Manitoba), admet qu'il existe une relation entre le cancer et les atteintes des membranes cellulaires (219). Il examine également l'effet dans des cellules vivantes (219, 220, 229, 232, 240).

Conclusions à propos de l'effet Petkau

Les recherches faites jusqu'à présent étayent l'hypothèse que l'atteinte chimique indirecte de la membrane cellulaire dépendante de la puissance de la dose radiologique se produisant dans le cadre de *doses faibles* est beaucoup plus importante que l'effet direct des radiations sur le noyau cellulaire et ses chromosomes. Ceci correspond aux buts de l'évolution (un développement de la vie augmentant constamment). Les gènes dans le noyau cellulaire devaient avant tout être particulièrement protégés par des mécanismes de réparation fortement développés. Ce n'est que de cette façon que la nature pouvait protéger l'hérédité (*Gen-Pool*) contre les radiations naturelles ayant un effet fortement nocif, et maintenir ainsi la stabilité relativement élevée des espèces pendant des millions d'années (172).

A l'inverse, les individus eux-mêmes (des types de plantes et d'animaux, des hommes) ne sont pas aussi importants pour l'évolution de l'espèce. Leur mort et leur remplacement par la reproduction est au contraire un processus important de l'évolution. Les mécanismes de réparation dans les membranes cellulaires n'avaient donc pas besoin, bien plus ne *devaient* pas être aussi efficaces car leur atteinte causait uniquement des maladies, mais pas d'atteintes génétiques. Lorsqu'un membre d'une population a accompli sa tâche dans l'évolution — la reproduction — on n'a plus besoin de lui. C'est pourquoi un prolongement de la vie au-delà de l'âge de la reproduction n'est pas nécessaire. Ceci ne pose absolument pas de problèmes pour la survie des espèces de plantes et d'animaux, mais bien pour la société humaine. Chacun de ses membres espère vivre longtemps et en bonne santé, bien au-delà de l'âge de la reproduction. De plus, une adaptation à des substances toxiques dans l'environnement n'est pas possible pour l'homme à cause de la longue durée du changement de génération.

C'est pourquoi si l'homme veut jouir d'une longue vie saine, si possible exempte de malformations congénitales, de cancers, de maladies cardiaques et d'autres maux chroniques, il n'a pas le droit d'augmenter la dose de l'irradiation naturelle. De même qu'il ne peut pas se permettre d'ajouter des substances chimiques cancérogènes et provoquant des atteintes génétiques à son air, son eau et à sa nourriture (172).

Une campagne de presse

Le livre sur l'effet Petkau dans l'étau de la presse

A sa parution, la première édition allemande de ce livre fut la victime d'une campagne de dénigrement. Cela commença par des articles critiques de la prof. H. Fritz-Niggli, directrice de l'Institut de biologie radiologique de l'Université de Zurich et extrêmement favorable au nucléaire – dans la *Neue Zürcher Zeitung* et le *Badener Blatt*. Quelques jours plus tard, M. Roman Speiss, responsable important à l'Institut fédéral de recherche en matière de réacteurs nucléaires, remettait ça avec encore plus de violence dans le *Badener Blatt* qui, à la différence de la *NZZ*, publia une réplique de l'auteur montrant qu'on ne pouvait réfuter ni l'effet Petkau ni le contenu de son livre. Un tiré à part des textes de cette polémique fut envoyé au gouvernement helvétique et à tous les parlementaires fédéraux.

O. Le choc de 1981: des données importantes sur la protection radiologique de l'humanité sont fausses

“Les analyses sur les survivants des explosions des bombes atomiques de Hiroshima et de Nagasaki dépassent en quantité et en nombre de loin toutes les autres études” affirmaient les experts encore en 1981 (48). Seuls quelques rares autres groupes, comme par exemple des malades traités aux rayons ou fréquemment passés à la radioscopie, faisaient l'objet d'une documentation suffisamment grande. Mais l'étude sur les Japonais surpassait en fiabilité toutes les autres données. Cette étude était considérée comme la “Bible” pour les lois de la radiologie.

Cette “Bible” s'appuie sur la célèbre étude T65D (*Tentative Dose Estimate, compiled in 1965*). Dans cette étude sont estimées a posteriori les doses de radiation que les victimes japonaises des bombes atomiques ont reçues. Pour vérifier ces données, on a même procédé à une explosion-test dans le Nevada (116).

Des scientifiques de laboratoires militaires américains ont récemment repris les calculs des champs d'irradiation des deux bombes atomiques *Little Man* à Hiroshima et *Fat Man* à Nagasaki. Ils ont trouvé que l'irradiation par neutrons avait été surestimée d'un facteur 6 à 10 à Hiroshima, l'irradiation par les rayons gamma sous-estimée. De ce fait, la base des lois

de protection radiologique est ébranlée: le risque de cancer se révèle sous-estimé.

Les avis sur l'étendue de ces sous-estimations sont divergents (116, 117, 139, 202). En tout cas les chiffres de cancers du rapport BEIR-III de 1980 sont périmés (202). En vérifiant les calculs des données, on est tombé sur des difficultés insoupçonnées. Lorsque le Conseil national pour la protection radiologique des Etats-Unis (NCPR) exigea des informations détaillées de l'étude T65D, on découvrit qu'une partie des documents avaient passé à la corbeille à papier. En d'autres termes: les données plus importantes pour la protection radiologique de l'humanité avaient disparu! (116).

Depuis des années, on examine des données, mais on ne sait pas de façon sûre ce qu'elles donnent. On ne peut pas avoir confiance, certains affirmant même que les erreurs de calculs ne changeraient rien aux résultats (195)!

Le rapport de l'UNSCEAR de 1982 estime que le risque de cancer, tel qu'on le déduit des chiffres japonais, pourra atteindre environ le double (202). La CIPR a cependant écarté une réduction des valeurs limites lors de ses assises de 1987 à Côme et a remis sa décision à 1990 (225)!

Ce renvoi de la décision a été considéré comme inacceptable par l'instance compétente britannique (*National Radiological Protection Board*) qui recommande, à titre intérimaire, une réduction des valeurs limites de dose de 5 rem/année à 1,5 rem/année pour les employés du nucléaire. On peut considérer comme un événement sensationnel que, pour la première fois, une instance nationale fasse preuve d'autant d'indépendance à l'égard de la CIPR (226).

P. Une fois encore une erreur d'un facteur 10?

Ce qui est très grave — et ce qui ces derniers temps a été souligné — c'est qu'on a commencé seulement en octobre 1950, c'est-à-dire cinq ans après les explosions des bombes, les études sur les survivants japonais. C'est pourquoi on n'a pas pris en compte deux facteurs importants selon les scientifiques bien connus Stewart et Kneale (3, 179).

— Dans les premières années (avant que l'étude ait commencé), les personnes de santé faible moururent en nombre élevé. Mais on doit penser que

beaucoup d'entre elles auraient développé des atteintes à retardement. De les recenser statistiquement n'était donc pas possible (3). De tels "effets de catastrophes" sont connus. A Hiroshima et à Nagasaki, il manquait, notamment dans les premiers temps après l'explosion, l'eau, la nourriture, les médicaments, des abris et il régnait de mauvaises conditions sanitaires.

C'est pourquoi la population avait subi une forte sélection, c'est-à-dire que seuls ceux qui avaient une santé solide ont survécu. C'est sur ce fait que l'UNSCEAR 1964 avait attiré l'attention (197).

- Le deuxième facteur qui n'a pas été pris en considération, cité par Stewart et Kneale, est l'effet dans la durée de l'irradiation qui a pu se maintenir jusqu'après 1950. De nombreux survivants ont subi une certaine atteinte par radiation de la moelle osseuse qui joue un rôle important dans le système immunitaire du corps. Cette atteinte est la cause d'une maladie du sang (*Aplastic anemia*) qui provoque une réceptivité plus grande pour les maladies infectieuses de toute sorte (par exemple la tuberculose, les pneumonies, les bronchites, les infections rénales). Les décès dus à des maladies infectieuses ne sont cependant pas pris en considération dans les statistiques de cancer et de leucémie, bien qu'il s'agisse de victimes d'irradiations. Stewart et Kneale ont trouvé confirmation dans leur hypothèse dans des statistiques des cas de décès non cancéreux des Japonais (3). Mais la *Radiation Effects Research Foundation* (RERF) ainsi que la CIPR désignent toutes les maladies du sang extraordinaires trouvées de cette façon comme des erreurs de diagnostic! Il est également à remarquer que la RERF refuse aux chercheurs Stewart et Kneale l'accès à des données importantes.

La prise en compte de ces deux nouveaux facteurs mènent Stewart et Kneale à la supposition qu'après 1950, dix fois plus de Japonais sont morts ou ont pu mourir des suites des radiations qu'on ne l'a admis jusqu'à présent, et que deux tiers sont morts des suites d'autres maladies que le cancer (3).

On demande des instances indépendantes et des études indépendantes à propos de protection contre les radiations

C'est pourquoi Robert Alvarez (directeur du *Nuclear Power and Weapons Project of the Environmental Policy Institute* à Washington) demande dans le *Bulletin of Atomic Scientists* d'octobre 1984 (3) que si des études sur les victimes japonaises des bombes atomiques ne peuvent visiblement plus produire des données souhaitées pour les faibles irradiations, on

devrait faire une vaste étude sur les 600 000 personnes professionnellement sous irradiations qui ont travaillé depuis les années quarante dans les centrales nucléaires de l'Etat. Ces employés étaient exposés uniquement à des irradiations faibles qui, de surcroît, ont été mesurées individuellement et enregistrées.

En même temps, Alvarez demanda que de telles études soient retirées du Département de l'énergie et confiées à une instance publique telle le *National Institute of Occupational Safety and Health*. C'est qu'il est du devoir du Département de l'énergie de développer des armes atomiques et de promouvoir l'énergie nucléaire.

Alvarez exigea encore que l'étude des victimes japonaises des bombes atomiques soient vérifiée par des scientifiques indépendants, et qu'on inclue également les évaluations officielles des risques d'irradiations (3).

De moins en moins de scientifiques compétents ont par conséquent confiance dans les lois de protection contre les radiations. Ces dernières ne sont plus adaptées aux nouvelles notions – à l'encontre de l'intérêt de la protection de la vie. La protection de l'énergie nucléaire a visiblement la priorité. Les nombreux travailleurs du nucléaire sont également à plaindre.

Q. La CIPR définitivement peu digne de foi

Les grandes lignes des lois pour la protection contre les radiations

Au lieu de baisser les valeurs limites de doses en cours d'au moins d'un facteur de 2 à 20 – ce que des milieux d'experts exigent également – la CIPR tient fermement aux limites de doses établies. Alors que, en 1972 déjà, l'Académie américaine des Sciences avait recommandé pour la population en général de baisser la limite de dose de 170 mrem/an à quelques mrem. Ceci à cause de nouvelles données sur le risque de cancer. Chacun devrait avoir le droit d'être protégé du cancer par irradiation à la suite de la radioactivité artificielle.

La CIPR, pourtant, va jusqu'à utiliser l'introduction d'une nouvelle structure des lois de protection contre les radiations – à l'aide de ce qu'on appelle des facteurs de mesure spécifique – pour augmenter les doses maximales admises dans les différents organes du corps.

La CIPR devait, en 1969 déjà, admettre que les lois pour la protection radiologique étaient basées sur des structures fausses (75) (la théorie de ce

qu'on appelle "l'organe critique"). Depuis les débuts de l'énergie nucléaire, les lois pour la protection radiologique reposent sur des hypothèses totalement fausses. C'est ce que l'auteur avait fait connaître à un large public pour la première fois en 1972 dans son premier livre (61).

La CIPR décrivait ces situations comme suit (61, 74):

"Il est évident que lors d'une irradiation régulière de tout le corps, le risque total de cancer devrait pour ainsi dire représenter la somme des risques individuels de chaque organe. Actuellement, cependant, la dose maximale admise lors d'irradiation totale du corps est déterminée par la dose dans la moelle osseuse et dans les gonades, sans prendre en compte le risque de cancer dans tout le corps.

L'idée d'un "organe critique" ne permet pas une addition des risques qui résultent d'une irradiation de toutes les parties du corps – en tenant compte de leur relative sensibilité aux radiations. Une telle addition serait certainement nécessaire pour calculer de façon sérieuse le risque d'une quelconque exposition aux radiations.

Il ne faut pas perdre de vue que, de la dose qu'un organe critique reçoit lors d'une irradiation quelconque, on ne peut pas déduire le risque total de cancer – quelquefois tout à fait insignifiant, quelquefois bien plus grand, mais toujours sérieux."

La CIPR avouait déjà à l'époque que des calculs sérieux de risques de cancer n'étaient pas possibles. *Mais la population n'a pas été mise au courant par les autorités responsables.*

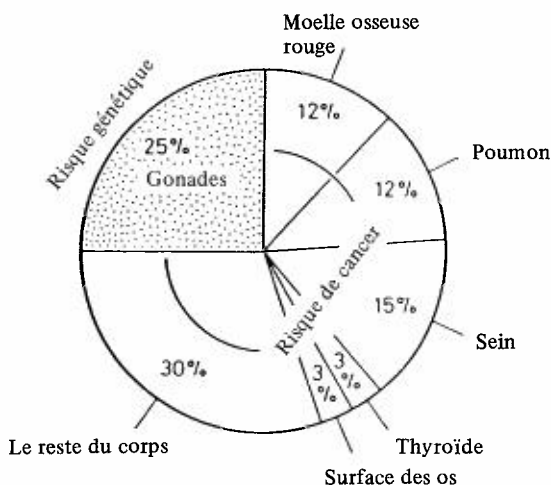
La CIPR décrivit ensuite en 1969 une vraie structure, où le risque total de cancer ne devait plus dépendre d'un seul tissu critique, mais de la somme de risques individuels de 27 organes corporels exactement définis en tenant compte de leur relative sensibilité aux radiations (77). Mais comme à ce moment-là les informations nécessaires n'existaient pas (elles ne sont de loin pas encore complètes aujourd'hui), on continua de maintenir la structure existante.

Comme elle sous-estime le risque de cancer et comme elle est facile à appliquer dans la pratique, elle représente une ouverture décevante à l'énergie nucléaire. Mais après que le risque de cancer par irradiation a dû être admis comme devenant de plus en plus grand, la CIPR a proposé, en 1977 déjà, un nouveau projet avec ce qu'on appelle des facteurs de mesures spécifiques pour les différents organes. (Le facteur de mesure spécifique doit indiquer la part de risque de cancer de l'organe ou du tissu en question,

lorsque tout le corps est exposé à une irradiation uniforme). La relative sensibilité aux radiations de la plupart des organes n'est pas exactement connue, ni donc le risque de cancer de ces organes.

Dans le bulletin no 14 de 1983 de l'Association suisse pour l'énergie atomique (ASPA), les facteurs de mesures spécifiques des différents organes furent représentés de façon claire en pourcentage comme suit (54):

Facteurs de mesures spécifiques (CIPR 26)



Ceci apparaît sous un jour avenant et objectif. Prenons 100 % pour la somme des facteurs de mesure spécifique des atteintes génétiques et du cancer (y compris la leucémie), 25 % concernent les atteintes génétiques, 75 % le cancer, ces 75 % se ventilent sur différents organes. Pourtant les doses maximales du corps entier de 5 rem/an pour les employés du nucléaire et le 500 mrem/an pour les individus de la population sont convertées par principe.

La CIPR rajoute cependant en 1984 (CIPR no 39) qu'il était prudent, lors d'irradiations répétées, de la limiter à 100 mrem par an si l'exposition devait se prolonger sur toute une vie. Et la CIPR, sans en discuter, ne cite plus les 170 mrem/an en 30 ans pour la population mondiale. Elle s'est gravement trompée pendant des décennies, parce qu'il faut à présent prendre en compte également le risque de cancer avec ses temps de latence prolongés. C'est pourquoi le risque doit être calculé sur toute une vie, et

pas uniquement sur 30 ans, limite — selon la philosophie inadmissible de la CIPR — pour laquelle la majorité des enfants auraient été engendrés. Les opposants au nucléaire qui depuis deux décennies mettent en garde, comme par exemple les professeurs J.W. Gofman et E.J. Sternglass, ont eu raison en face de la CIPR.

C'est maintenant qu'arrive une chose insidieuse et monstrueuse !

K.Z. Morgan, ancien président de la CIPR et du Conseil national pour la protection radiologique des Etats-Unis (NCPR) — considéré comme le père de la protection contre les radiations — a en 1978 déjà dénoncé publiquement ce qui suit (120). Il a attiré l'attention sur le fait (et ne s'est pas trompé) que cette nouvelle notion sera utilisée pour *augmenter fortement* les doses maximales admises dans les différents organes du corps et en même temps les concentrations maximales admises de radio-éléments dans l'air, dans l'eau et dans la nourriture, sauf lorsqu'elles sont réparties uniformément dans le corps (120).

Et K.Z. Morgan critiqua durement la CIPR en 1986 et 1988 (215, 231). Il déplora entre autres que la CIPR retarde des actions visant à empêcher les expositions à des doses trop élevées, qu'elle sous-estime les dangers des radiations et qu'elle recommande des valeurs limites bien trop élevées. La CIPR se trouvait de nouveau à un carrefour entre l'hypothèse linéaire d'une courbe des effets et une courbe supralinéaire.

Le tableau suivant indique les recommandations pour le personnel professionnellement sous irradiation.

Organe	DMA (120, 71) jusqu'ici	DMA (101, 86) nouveau	Facteurs de mesure spécifique en % (86)
Corps entier	5 rem	5 rem	100
Gonades	5 rem	20 rem	25
Moelle osseuse rouge	5 rem	42 rem	12
Poumons	15 rem	42 rem	12
Glande thyroïde	30 rem	50 rem	3
Os	30 rem	50 rem	3
Sein	15 rem	32 rem	15
Peau	30 rem		
Reste	15 rem	17 rem	30

(DMA: dose annuelle maximale admise)

Les nouvelles valeurs ont une grande importance, car elles sont aussi en relation avec les valeurs limites de faibles doses. A quel degré elles sont prises en considération dans les nouvelles prescriptions nationales, on le

laissera en suspens! Il semble pourtant qu'on essaye d'augmenter les doses (organes) citées ci-dessus pour les employés du nucléaire en général à 50 rem (à l'exception de la peau et du cristallin de l'œil) et pour le public à 5 rem (10 fois moins). On veut visiblement préparer le terrain à cause des dangers grandissants pour la population (toujours plus de centrales nucléaires, d'accidents, de catastrophes, de retraitement).

Il existe un très grand défaut dans le beau cercle des facteurs de mesure spécifique, c'est que les cas mortels de cancer et les atteintes génétiques sont évalués ensemble. Il n'est de toute façon pas possible d'établir ici un critère d'atteintes moralement soutenable. Des atteintes génétiques peuvent mener des vies entières et des familles entières et, même pour les générations futures, à des souffrances très diverses (handicaps à vie, handicaps mentaux, etc.). Les conséquences sont tellement différentes qu'il est inadmissible de vouloir aligner sur un même dénominateur commun ces atteintes en général avec la souffrance d'un cancéreux. Même la CIPR avait reconnu en 1969 ce problème, et admet encore, qu'il n'existait *pas assez d'expérimentations à propos des atteintes génétiques et qu'on manque d'un critère vraiment scientifique faisant la part relative des atteintes génétiques et du cancer* (78). Elle s'est à présent dispensée de ces préoccupations légitimes sans se faire de scrupules.

L'évaluation de l'irradiation naturelle "simplement doublée"

Et attention: comme on sait, les instances internationales pour la protection contre les radiations se trompent toujours dans les calculs de risques d'une manière impressionnante. Les indications quantitatives en rem (sur lesquelles reposent les calculs de risque) sont tout au plus des estimations bienveillantes qui ne devraient pas donner le droit de libérer la radioactivité artificielle, c'est-à-dire de développer l'énergie nucléaire civile ou militaire!

C'est ainsi que l'estimation de la dose de l'irradiation naturelle normale du citoyen fut *simplement doublée* en 1982 par l'UNSCEAR! La CIPR écrit en 1984 à ce sujet (89):

“La dose annuelle du corps entier d'origine naturelle était jusqu'à ces derniers temps estimée à environ 1 mSv (= 100 mrem). Dans le rapport UNSCEAR de 1982 cependant, la dose annuelle est évaluée à l'équivalent de 2 mSv (= 200 mrem). Cette augmentation résulte de l'addition de la dose due aux produits de la désintégration du radon et du thoron — spécialement dans l'air interne des maisons et qui chargeront

les poumons — et dans une moindre mesure de l'irradiation uniforme du corps par les autres composants de l'irradiation naturelle.”

Ce doublement est surtout le résultat d'un changement du modèle de protection contre les radiations qui, jusqu'à présent, était grossier avec la “dose du corps entier”, en faveur d'un nouveau modèle tenant compte des facteurs de mesure spécifique pour établir “la dose d'équivalence de tout le corps”. Y a contribué également la découverte que le radon nous charge davantage qu'il n'avait été admis jusqu'ici. A présent les irradiations par les rayons alpha, bêta et gamma doivent être pris en compte dans les différents organes pour établir la dose du corps entier, même si les gonades et la moelle osseuse ne sont pas atteintes (les rayons alpha et bêta n'ont, il est vrai, qu'une portée limitée dans ces tissus). Ceci entre en ligne de compte également dans l'ensemble pour le radon naturel. Il n'irradie pas les gonades mais fortement les poumons (cancer du poumon) (101), de sorte qu'il est à prendre en compte dans le nouveau modèle de la protection contre les radiations pour dose équivalente sur le corps entier (203).

On revendique une protection contre l'irradiation naturelle !

Un demi-tour a été effectué en 1984. La CIPR met en discussion l'irradiation naturelle (90)! Dans les années précédentes, on s'était de plus en plus rendu compte qu'il pouvait se présenter une augmentation de l'irradiation naturelle provoquée par des activités humaines. En particulier, il y avait l'infiltration dans les maisons du radon, gaz rare radioactif, provenant du sol à la suite de désintégration (d'uranium 238 et du thorium 232) et qui s'accumulait si l'aération était mauvaise (comme par exemple dans une isolation trop bonne d'une pièce). La quantité de radon émise dépend de la composition du sol et également de la radioactivité des matériaux de construction. Il peut ainsi se former une concentration de radon supérieure d'un facteur de 1000 (90)!

La CIPR pense que lors d'une augmentation d'un facteur de 100 à 1000, il n'entrerait en ligne de compte qu'un changement de domicile dans une autre région (90). On devrait également éviter à l'avenir des matériaux de construction à radioactivité trop élevée (91). Même le déplacement en avion tel qu'il est pratiqué actuellement est discuté (91). La CIPR écrit aussi (92):

“Des situations futures à exposition radioactive sont dominées dans ce sens qu'on peut les éviter. Par exemple éviter d'habiter une région ayant une irradiation trop élevée, si elle n'est pas déjà habitée.”

La Commission fédérale de surveillance de la radioactivité (KUR) évalue en 1983 la dose de radon à 125 mrem/an en moyenne pour des maisons à une ou deux familles en Suisse, ce qui causerait de 10 à 20 cas mortels de cancer par an et par million d'habitants (102).

L'augmentation de la radioactivité environnante: un crime?

La propagande nucléaire a essayé jusqu'ici de minimiser l'irradiation naturelle pour obtenir un alibi à l'augmentation du niveau d'irradiation par les centrales nucléaires. De ce fait, elle justifie en même temps l'émission de produits de fission et de corrosion artificielle extrêmement dangereuse dans notre espace vital. Une telle estimation déformée ne devrait pas être permise. La vie se trouve en équilibre avec la radioactivité naturelle, c'est-à-dire que les organismes se sont "adaptés" à la radioactivité naturelle au cours de millions d'années, de sorte que le pourcentage des individus atteints par elle, soit génétiquement, soit par maladie, a été éliminé par le principe de la sélection naturelle (de façon très brutale). C'est pourquoi les espèces sont restées saines et qu'elles pouvaient même continuer à se développer. Nous, les humains, nous pouvions nous soustraire à cette dure sélection dans une large mesure grâce aux acquisitions de la médecine moderne. Grâce à elle également, il nous est possible de soigner mieux que jamais les malades et ceux affectés d'une tare héréditaire. Mais il faut que nous sachions aussi que nous transmettons toutes les tares héréditaires et que l'humanité devient de ce fait de plus en plus malade. Ce danger ne doit pas augmenter. *Et nous voulons bien entendu protéger tous les hommes malades et dont l'hérédité est marquée.* Une augmentation du niveau d'irradiation naturelle par la radioactivité artificielle ne devrait par conséquent jamais être permise.

Déclaration de faillite

Beaucoup de radionucléides artificiels libérés lors de la fission de l'atome sont les dangereux rayons alpha et bêta. (Le plutonium est un élément à rayonnement alpha.) Ils peuvent — en liaison avec des facteurs très complexes — mener vers des mécanismes de concentration totalement nouveaux dans les différents organes et systèmes d'organes. Il est totalement exclu d'arriver à contrôler la pollution de l'environnement provoquée par les émissions à l'aide de modèles mathématiques, de sorte que personne n'obtienne des doses inadmissibles. Au reste, de telles "intoxications

admises” ne devraient pas être autorisées! Et même si toutes les recherches avaient été faites — ce qui n’est de toute façon pas le cas — un contrôle serait impossible. La CIPR recommande donc expressément — contrairement à ce qui est le cas pour le personnel professionnellement sous irradiation — d’adapter pour la population seulement la notion théorique pour la surveillance de l’efficacité de la limitation des doses équivalentes. Elle écrit à ce sujet (85):

“Leur efficacité est examinée par des recherches procédant à des prises d’échantillons et à des calculs statistiques, ainsi que par le contrôle des sources desquelles l’on attend une irradiation, et seulement dans des cas rares par un échantillonnage auprès d’individus exposés à des radiations.”

Nous y voilà. La population ne doit pas être surveillée individuellement. Contrairement au personnel professionnellement exposé, la surveillance radioactive de la population se fait essentiellement de façon globale. Mais si la population — comme les professionnels — devait se promener avec des dosimètres, faire des analyses d’urine, monter dans des compteurs du corps entier, etc., l’énergie nucléaire serait immédiatement à bout de souffle.

R. Il n’existe pas de dépôt de déchets nucléaires sans risque !

“Une réflexion très poussée vers un système de sécurité complété” est un slogan par lequel on a rendu l’énergie nucléaire attrayante pour la population. On s’est certainement efforcé d’éliminer les sources de dangers, en partie par un investissement et un engagement incroyables. Cela ne suffit malheureusement pas pour empêcher des émissions radioactives. Cela entre également en ligne de compte pour les déchets nucléaires. Après bientôt trente ans de production de déchets nucléaires, on cherche encore comment stocker ces déchets de longues durées (64).

Les immersions en mer tant vantées autrefois comme étant sûres, pour des déchets à radioactivité faible ou moyenne, ont dû être arrêtées, et personne ne sait à quelle distance et pendant combien de temps la radioactivité se libérant inévitablement dans l’eau de mer se répandra encore. En tous les

cas, elle s'accumule dans les fruits de la mer du domaine animal et végétal. Elle peut ensuite arriver dans notre assiette.

Même le problème des déchets hautement actifs n'est pas résolu et peut être qualifié *d'insoluble par principe*, car un stockage avec des risques calculés — on se contente ces derniers temps de ce principe — est irresponsable. On ne peut absolument pas faire des prédictions sûres pour les millions d'années nécessaires, ni en ce qui concerne la stabilité de la croûte terrestre, ni sur les changements d'ordre matériel des déchets nucléaires et de leur emballage, sur le processus d'érosion et de la migration qui s'ensuit de la radioactivité à la surface de la terre (eau potable), et de toute façon pas à propos de notre civilisation et notre société.

L'impossibilité de prévoir est également prouvée par les expériences faites avec le trou le plus profond du monde creusé (sur la presqu'île de Kola en Union soviétique). En 1984, on a atteint 12 000 mètres de profondeur. Même là il y a encore des gisements d'eau et de gaz. Il ne peut plus être question de roche primitive compacte. La présence de failles dans la roche à la pression de plus de 3000 bar est quelque chose de totalement inattendu (38, 39). C'est pourquoi on essaye de dater les eaux trouvées dans ces profondeurs, c'est-à-dire d'établir combien de temps elles sont restées à l'intérieur de la terre, pour pouvoir déterminer la vitesse d'écoulement (122). Mais même là un résultat favorable n'offre pas encore de garantie.

C'est pourquoi on essaye de fondre les déchets avec des matériaux les plus divers pour en faire un produit artificiellement soluble (par exemple les vitrifier) et de plus les entourer et les emballer avec d'autres matériaux (par exemple de l'acier et de l'argile capable de gonfler) (97). On a même proposé de dorer les déchets pour empêcher une décomposition dans l'eau. Et en 1972, le directeur de la Commission de l'énergie nucléaire des Etats-Unis, J. Schlesinger, pensait même que dans environ dix ans, les déchets nucléaires seraient lancés à l'aide de navires spatiaux dans le soleil, parce que des solutions telles que l'immersion dans des trous creusés, prévue actuellement, devait être évitée. Des effets à long terme ne peuvent jamais être prévus avec une assurance absolue à l'aide d'expériences (même pas dans des laboratoires de cavernes rocheuses) sur des centaines de milliers d'années. Il n'est pas étonnant qu'aux Etats-Unis, tous les Etats, à l'exception de trois, ont refusé de stocker à l'intérieur de leurs frontières des déchets nucléaires. Ceci selon l'étude gouvernementale *Global 2000* (56). Certains Etats ont baissé leurs exigences.

C'est ainsi que la Suède n'exige plus, après un changement de loi, un stockage final "sûr", mais seulement encore avec un "risque acceptable".

En Suisse aussi on a baissé les exigences. La coopérative nationale pour l'élimination des déchets radioactifs (CEDRA) obtint en 1978 la mission de présenter jusqu'en 1985 le projet "garantie" pour une décontamination et un stockage final sûrs et durables (212). En 1981 "la garantie" ne devait plus présenter qu'une solution sous forme d'un projet modèle (212). Et en octobre 1982, on détermina finalement que "la garantie" devait enlever les doutes de la faisabilité de l'élimination de déchets et ne plus présenter un endroit modèle de stockage (212). La CEDRA ajoute que même si des produits radioactifs peuvent de toute façon parvenir des lieux de stockage final dans notre espace vital, l'irradiation se trouvera toujours sous la valeur limite déterminée par les autorités (121).

Cette valeur limite se trouve selon les principes directeurs suisses à 10 mrem! *On n'a vraiment pas confiance en des lieux de stockage totalement étanches.*

M. Marcel Burri, professeur titulaire de la chaire de géologie à l'Université de Lausanne, a lui aussi attiré l'attention sur le fait que la géologie n'était pas en état de faire des prévisions sur ce qui se passait dans une profondeur de quelques centaines de mètres pour une période de 25 ans (exemple: l'affaissement du mur du barrage près de la centrale de Zeuzier en Suisse) (42, 222)! Voici dans quel sens il s'exprime à propos du problème des déchets nucléaires: "Et une fois de plus des expertises géologiques devraient donner des informations sûres à propos des conditions géologiques à une profondeur de quelques milliers de mètres pour une durée de quelque cent mille ans... Est-ce que les géologues ne devraient pas admettre qu'on peut en demander trop avec de telles prévisions?" (42)

Les experts se sont également trompés à l'entrepôt de stockage final prétendument sûr près de Gorleben (RFA). En 1984, l'aptitude de base du sel gemme en tant qu'entrepôt de stockage final (barrière naturelle) pour les déchets radioactifs fut mis en doute. Des scientifiques des Etats-Unis démontrèrent que le sel gemme se fissure par radiolyse avec le plus d'intensité aux températures que l'on prévoit dans un entrepôt de sel gemme au cours des premières 50 à 100 années d'exploitation (150 à 175 degrés Celsius) (209). Lors de la corrosion du sel gemme (NaCl) par l'irradiation, il se forme du sodium colloïdal (Na) et du chlore gazeux (Cl). Il se libère de l'eau de cristallisation, de sorte que les déchets sont finalement entourés d'un dangereux mélange de chlore gazeux et d'hydrogène, ainsi que de sodium et de la soude caustique ce qui est une insulte à toute philosophie de sécurité (106). Et comme point final, le chercheur australien A.E. Ringwood (143) a démontré que même des déchets emballés dans du verre

au silicate de bore pouvaient présenter, après une brève exposition à la radioactivité, une solubilité augmentée dans l'eau. "On pouvait déjà reconnaître ce phénomène après un mois de repos dans de l'eau distillée à 95 degrés Celsius" (209).

La saline de Gorleben s'est de toute façon avérée comme inutile (perméabilité) (125). Le plancher du hall intermédiaire de stockage se fissura malgré des travaux de réparation et se bomba. Les fûts de déchets nucléaires commencèrent à rouiller et ne sont pas totalement résistants à la rupture, comme on l'avait affirmé. Le rêve d'un entrepôt final sûr semble être terminé. Il n'est pas étonnant, en considérant la situation actuelle, que l'on ait déjà discuté dans les pays occidentaux, comme alternative à un dépôt final dans le pays même, de la possibilité d'envoyer les déchets nucléaires dans le désert chinois de Gobi.

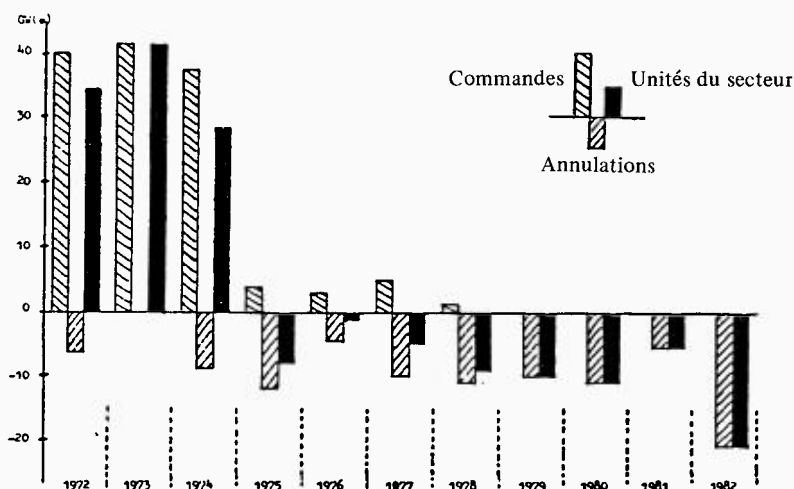
S. La faillite économique de l'énergie nucléaire

La capacité mondiale de toutes les centrales nucléaires était en 1983 de 191 gigawatts (1 GW = 1 milliard de watts), par lesquels 15 % du besoin total en électricité était couvert. Mais l'expansion de l'énergie nucléaire a subi de lourds échecs. Selon le rapport annuel des autorités pour l'énergie nucléaire (IAEO), les dépenses d'investissement de plus en plus grandes pour la construction des centrales sont responsables du retard des programmes. On compte pour l'an 2000 encore une augmentation allant jusqu'à 20 % de la production de courant.

Mais les prévisions d'expansion sont moins bonnes. En Amérique, l'intérêt économique pour l'énergie nucléaire semble diminuer de plus en plus (129, 184). En 1984, on pouvait acquérir en soldes des centrales nucléaires et tous les accessoires avec un rabais de 50 à 80 %. Aux Etats-Unis, les entreprises d'électricité, en partie menacées de faillite, portent leur intérêt sur le financement de mesures d'économie de courant, parce que l'énergie nucléaire s'y est avérée comme étant une source de courant peu économique.

C'est ainsi que depuis 1978, il n'a plus été commandé de centrales nucléaires, par contre une centaine de projets a été décommandée et des centrales

en construction n'ont pas été terminées. La revue *The Nuclear Engineer* illustre ce développement par la figure ci-dessous (187).



Commandes et annulations de commandes de centrales nucléaires aux USA

Tout cela ne doit pas étonner! Le physicien américain pronucléaire Alvin M. Weinberg a expliqué en 1984 (98): "Nous autres ingénieurs nucléaires n'avons pas pu persuader le public que l'énergie nucléaire était une technique inoffensive et acceptable. Dans la population américaine, 30 % était contre l'énergie nucléaire en 1977; aujourd'hui ce sont 60 %." L'information honnête des opposants avait visiblement fait effet, avec l'accident de Harrisburg et le mauvais rendement économique du procédé. En Suisse également, presque la moitié des votants s'était exprimée contre l'énergie atomique lors d'un référendum en 1984.

D'autres pays ont aussi réduit leurs programmes nucléaires, entre autres l'Espagne, la France et le Mexique qui ne construira plus que deux centrales nucléaires et cinq centrales hydrauliques (213). En 1984, la grande sensation fut que la France renonçait provisoirement à la construction d'autres surrégénérateurs pour cause de dépenses trop élevées. Le "Superphénix" à Crey-Malville avec 1200 megawatts fut cependant mis en service en 1986 et devra rester un prototype (185). La poursuite du programme se décidera ultérieurement.

En RFA, on ne poursuivra pas la technologie des surrégénérateurs. La société des centrales nucléaires responsable fit savoir, fin 1984, qu'on ne prévoyait pas de deuxième surrégénérateur. Seul le prototype de Kalkar sera rattaché au secteur en 1985 après douze ans de construction. Les dépenses ont grimpé entre la période de planification et de construction de 500 millions de DM à 6,5 milliards. Le gouvernement de Rhénanie-Westphalie, où se trouve situé Kalkar, a même constaté que le surrégénérateur ne sera pas rentable économiquement (185).

Avec la technologie des surrégénérateurs, on croyait "qu'il serait possible de produire l'énergie presque gratuitement". Les surrégénérateurs peuvent, lors de la production d'énergie, transformer l'isotope d'uranium 238 inutilisable qui forme la plus grande part de l'uranium naturel en plutonium fissile. De ce fait, un surrégénérateur devrait produire plus de combustible qu'il n'en utilise. Dans les usines de retraitement, le plutonium devra être séparé des éléments de combustibles consommés. La conséquence d'une telle acrobatie technique serait une utilisation du plutonium à grande échelle avec tous ses dangers techniques incommensurables et ses problèmes politiques. Un millionième de gramme de plutonium peut déjà provoquer un cancer du poumon. En septembre 1983, le Sénat américain avait arrêté le financement de la centrale prototype de Clinch River. On ne continue que de petites projets de recherche.

Le rêve de l'énergie nucléaire bon marché est terminé. Le remarquable rapport sur l'énergie de la Harvard Business School l'avait déjà prédit en 1979 (180). "C'est pour cette raison qu'on est mal conseillé de s'appuyer uniquement sur l'énergie nucléaire pour devenir plus indépendant des importations de pétrole pour le reste du siècle."

Le physicien suisse Ruggiero Schleicher écrit lui aussi en 1984 dans son remarquable rapport "L'énergie nucléaire — la grande faillite" (155): "Les réparations et l'entretien des réacteurs vieillissants, ainsi que le traitement et le stockage final des déchets radioactifs occuperont l'industrie nucléaire encore pendant des décennies, même lorsqu'il n'y aura plus de commandes importantes pour les centrales nucléaires. Là aussi une grande qualité, une fiabilité et un bon travail d'ingénieur sont d'importance décisive pour la sécurité. Une industrie se mourant lentement et qui regrette les temps passés et qui souffre de la perte de prestige ne sera plus attrayante pour des spécialistes talentueux, ayant de l'initiative. Une débrouillardise indécise pourrait finalement être la solution la plus onéreuse, pense le Worldwatch-Institute de Washington (...) Mais l'utilisation militaire, avec la bombe atomique, reste d'une importance primordiale."

T. Les centrales thermiques au charbon et la radioactivité

Depuis de nombreuses années, les promoteurs du nucléaire affirment toujours à nouveau que l'irradiation était de 100 fois supérieure dans les environs des centrales thermiques au charbon que près des centrales nucléaires de la même taille. Cette fable est depuis longtemps réfutée. C'est ainsi que, en 1977 déjà, l'UNSCEAR (200) a constaté que, en tenant compte du cycle total de combustible, la dose collective globale pour la population par megawatt d'énergie électrique était de 375 fois supérieure pour le courant nucléaire que pour le courant produit par le charbon. Et en 1985, des scientifiques japonais rendent compte dans *Health-Physics* (124), que la dose du corps entier près de centrales thermiques au charbon se trouvait au niveau d'environ 0,01 mrem par an au maximum. Ceci est par exemple 2000 fois moins important que la dose maximale admise de 20 mrem par an en Suisse selon le principe ALARA dans les environs d'une centrale nucléaire et même encore de 100 fois moins importante que la prétendue dose moyenne de 1 mrem par an dans les environs de centrales nucléaires. Ainsi on ne pourra plus peindre le diable sur la muraille avec l'irradiation des centrales thermiques, si ce n'est à la rigueur auprès de citoyens mal informés.

L'effet de serre

L'utilisation de carburants fossiles a fait passer la teneur en acide carbonique (CO_2) de notre atmosphère de 280-290 ppm (*parts per million*) à l'époque préindustrielle à 340 aujourd'hui. Les experts craignent que cela aboutisse à une élévation de quelques degrés de la température à la surface du globe dans les prochaines décennies. Une catastrophe climatique (fonte des calottes glaciaires, élévation du niveau de la mer, etc.) serait possible. Mais les modèles mathématiques à la base de ces prévisions sont controversés (Institut Max Plank).

Pourtant, et contrairement à ce qu'avancent ses propagandistes, l'énergie nucléaire (qui ne produit pas de CO_2) ne peut absolument pas contribuer de manière importante à éviter le réchauffement de l'atmosphère. Les 375 centrales nucléaires en fonction n'ont, pour ces trente dernières années, évité qu'*au maximum 2 ppm supplémentaires de CO_2* . Et si, par exemple, on avait voulu en 1986 économiser la moitié de la consommation mondiale de pétrole, il aurait fallu 7400 centrales nucléaires de 1000 mégawatts (comme celle de Gösgen) à 60% de leur capacité. La Suisse seule, pour diminuer de moitié sa consommation de pétrole, aurait dû recourir à 11

centrales supplémentaires (fonctionnant à 80 % d'une capacité de 1000 mégawatts). Après Tchernobyl, on ne peut voir dans cet argument des partisans du nucléaire, une fois de plus, que de la propagande fallacieuse (230).

III. La “mort des forêts” et la radioactivité

A. La nouvelle dimension de la mort des forêts

Le dépérissement des forêts a pris des aspects dramatiques. A peine une étude sur le sujet est-elle terminée qu'elle est déjà dépassée par les atteintes qui entre-temps ont progressé. Il y a longtemps que ce ne sont plus uniquement les conifères qui sont atteints, mais aussi les feuillus comme les hêtres, les frênes, les chênes. Et à présent, les arbres fruitiers et leurs cultures (pommiers, poiriers, cerisiers) présentent les mêmes symptômes que les arbres des forêts. 30 % des arbres fruitiers du canton de Thurgovie (Suisse) sont atteints. Les milieux forestiers craignent pour les vignes qui pourraient suivre.

On a à présent la preuve du risque d'interrompre les processus de bases dans le cycle vital des plantes, des animaux, des hommes – bref la photosynthèse est menacée! Grâce à eux, les plantes transforment l'énergie du soleil en énergie matérielle, c'est-à-dire en substance végétale (combinaisons de carbone). Les éléments constitutants sont le carbone (qui est extrait de l'acide carbonique de l'air) et l'hydrogène (qui est extrait de l'eau, que les racines ingèrent de même que les animaux). La chlorophylle agit en tant que catalyseur, la lumière du soleil comme source d'énergie. Sans ces végétaux constitués par la photosynthèse, les animaux et les hommes n'auraient plus de nourriture.

La science ne peut pas exclure aujourd'hui que toujours un nombre croissant de plantes, également des plantes nourricières de l'homme, subissent des influences néfastes, ou puissent même dépérir... (39)

Il faut donc se demander pourquoi les plantes sont tellement plus sensibles dans leurs réactions à la pollution de l'air que les animaux ou les hommes. Il existe ici une différence fondamentale. Nous avons besoin d'air uniquement en tant que *pourvoyeur d'oxygène*, pour brûler la nourriture, pour obtenir de l'énergie. Or la plante reçoit presque toutes ses substances de croissance, c'est-à-dire sa nourriture, sous forme de carbone. Il est contenu dans l'air sous forme d'acide carbonique (CO_2) et est amené dans la plante

par la photosynthèse. La plante doit "inspirer" des quantités d'air nettement plus importantes que l'homme pour les transformer, car l'air ne contient que 0,035 % d'acide carbonique par rapport à 21 % d'oxygène! A cet effet, les feuilles et les aiguilles sont pourvues d'un système fortement développé d'aération, de sorte que l'acide carbonique puisse être retiré en quantité suffisante malgré la faible teneur de l'air. Et l'air parvient à l'intérieur des feuilles et des aiguilles aux travers de pores, nommés stomates. Une seule feuille de chêne ou de hêtre contient plus d'un demi-million de ces stomates (39).

Cette forte aération des plantes explique leur plus grande sensibilité à la pollution de l'air. Les effets d'une intoxication se remarquent par conséquent plus tôt que chez l'homme ou que dans le monde animal.

B. Les principes de base

Les atteintes classiques des forêts

On connaît depuis le début de l'industrialisation au 19^e siècle des atteintes aux forêts. Les atteintes classiques dues à la fumée par SO_2 (dioxyde de soufre) et H_2SO_3 (acide sulfureux) ont déjà été décrites en 1903 par Haselhof/Lindau et par Wieler (115). A cette époque-là déjà, on a démontré que les atteintes se manifestaient par des affaiblissements de la croissance des troncs (des couches annuelles moins larges). "Aujourd'hui, il est parfaitement prouvé que la largeur et la structure des couches annuelles expriment la puissance de la photosynthèse, par conséquent de la vitalité des arbres" (115).

Ces atteintes classiques, aiguës ou directes se manifestent dans le monde entier mais uniquement dans les environs directs ou proches des producteurs d'éléments toxiques, tels que les centrales thermiques, les chauffages, les entreprises de traitement métallurgique, les incinérations d'ordures et des industries de céramique. Cependant les produits des gaz d'émission ont été transportés dans des régions de plus en plus lointaines, c'est-à-dire répartis sur des étendues plus larges, par la construction de cheminées élevées (8). Tout cela ne représente pas de problèmes nouveaux.

Atteintes d'aspect nouveau

Le dépérissement insidieux tout à fait nouveau commença par contre d'abord dans les montagnes moyennes d'Europe Centrale: dans le Harz, les

monts métallifères et le Riesengebirge. Comme il s'agissait au début uniquement des sapins communs, on pensait *dans les années soixante-dix* à une nouvelle flambée d'une épidémie du sapin historiquement reconnue qui refait son apparition de temps à autre (113). Mais lorsque cette maladie se répandit sur d'autres espèces d'arbres et aussi dans ces régions où l'air est pur (loin de toutes les sources de rejet), cela constitua une grande énigme pour la science au début des années quatre-vingts (113). Bien que quelques scientifiques, comme le prof. Otto Kandler (de l'Université de Munich), s'attachent à l'hypothèse de peste ou d'épidémie (49), on ne le croit plus sérieusement. Certains parasites, certaines bactéries ou virus n'attaquent par exemple jamais une multitude d'espèces végétales. De plus, les répartitions tirées de modèles de dégâts qu'on observe aujourd'hui renvoient clairement aux dégâts provoqués par les émissions toxiques. Dans ce sens, l'Institut de recherche et d'expérimentation forestières (FVA) de Bade-Wurtemberg admet le poids de cet indice. Pourtant "on n'a pas encore admis quel produit toxique, quelle combinaison ou concentration de produit toxique sont déterminants" (106). Nous ne savons par conséquent pas grand-chose. C'est ainsi que Dr F.H. Schwarzenbach, vice-directeur de l'Institut fédéral de recherches forestières (IFRF) à Birmensdorf (Suisse) devait en 1983 encore constater "qu'aujourd'hui, la plupart des chercheurs étaient d'accord d'interpréter le dépérissement des forêts en Europe Centrale comme un processus de destruction inconnu jusqu'à présent" (113).

Le tableau le plus complet à propos des connaissances sur la mort des forêts est certainement le rapport spécial d'expertise du Conseil pour les questions d'environnement du Ministère fédéral allemand de l'Intérieur de 1983. On y lit (14):

"Les nouvelles régions touchées par le dépérissement des forêts ne sont pas comparables, ou techniquement en partie, avec les régions connues d'Europe Centrale touchées par les dégâts dus aux émissions de fumée (...). De même, le genre et l'étendue des dégâts observés depuis le milieu des années soixante-dix ne peuvent plus être expliqués selon les expériences forestières traditionnelles. Les dégâts forestiers éloignés des émissions toxiques, notamment dans des régions éloignées de toute source de produits toxiques, posent des énigmes."

Il est vrai cependant que des liens avec des rejets semblent sûrs. A ce sujet, le conseil s'exprime ainsi (14):

“L’apparition presque simultanée de ces dégâts laisse supposer un effet subit, presque comme un choc d’une nouvelle influence nocive inconnue — qu’on peut aussi désigner du terme de facteur X — auquel ces dégâts pourraient être simultanément attribués.”

Revendications du prof. P. Schütt concernant la radioactivité

Il est important de constater ceci: des scientifiques, pronucléaires en particulier, n’aiment pas entendre ce terme de “facteur X”, car il pourrait sous-entendre la radioactivité artificielle. S’il y avait une telle relation, la mort rapide de l’énergie nucléaire serait inévitable. Le chercheur en sylviculture bien connu, le prof. P. Schütt (chaire de biologie de sylviculture à l’Université de Munich), avait en 1983 exigé pour la première fois:

“(…) qu’on devrait examiner immédiatement et de façon sérieuse et ample si l’irradiation est une cause possible du syndrome (maintes manifestations de maladies, ici on pense au dépérissement des forêts)” (98).

On n’a pas le droit en effet de négliger la pollution en augmentation de notre environnement par les irradiations artificielles (radioactivité), depuis le début de l’époque nucléaire, ou de la minimiser par des comparaisons souvent peu objectives avec l’irradiation naturelle! “On procède actuellement comme si on utilisait l’égalité d’un kilo de pain et d’un kilo de cyanure — ce qui en soi est juste! — pour prouver le caractère inoffensif du cyanure” (135). Ce sont des multitudes de radio-isotopes dangereux (éléments radioactifs) qui, lors d’essais de bombes atomiques, d’émissions de centrales nucléaires et d’usines de retraitement (en France et en Angleterre), sont rejetés sans but dans l’environnement.

Influence de forces électromagnétiques

Des installations de radar, des satellites, etc. (des ondes radios ou des micro-ondes) pourraient avoir des liens avec les dégâts dans les forêts. Schütt rend attentif au fait qu’on ne voyait guère que des ébauches de recherche sur l’influence des ondes électromagnétiques reconnues et ajoute: “A cause de l’interférence avec des intérêts militaires et économiques, il en coûtera beaucoup d’efforts supplémentaires — comme pour la radioactivité — si on veut atteindre un éclaircissement objectif de la question.” (110)

Une publication officielle du Département suisse de l’Intérieur de 1984 attire également l’attention sur le fait qu’on n’a pas encore pu juger toutes

ces questions de façon définitive à propos de l'influence de l'irradiation électromagnétique sur tout le système écologique dont les forêts (pour une onde de fréquence de 3000 GHz, c'est-à-dire des ondes très courtes) (23). Il est vrai qu'on n'a pas encore élucidé de façon sûre son influence sur l'homme et sur l'animal. Le réchauffement connu dans des tissus vivants par des ondes électromagnétiques peut être accompagné d'autres effets qu'une simple augmentation de température (104). C'est ainsi qu'on rend compte entre autres du changement de la perméabilité de la membrane cellulaire (Berteaud) (104).

Après le rapport intermédiaire du projet de recherche "Manto" de l'EPFZ de décembre 1984, l'existence d'effets non thermiques dans le domaine des ondes radios de 30 kHz à 30 GHz est à vrai dire très discutée (59).

Tous les effets semblent fortement dépendants des fréquences (104), par exemple le corps humain possède pour une fréquence de 27 MHz d'onde radio un effet caractéristique de résonance* (59). Le téléphone sans fil également admis en Suisse depuis 1986 dans la bande de 900 MHz agit justement là où la réceptivité de la tête est particulièrement élevée (59). Cela est particulièrement inquiétant, parce qu'il existe de grandes différences individuelles de sensibilité (59, 104).

Lors de détermination des valeurs limites, l'augmentation de la température reste jusqu'ici le point central. En général, les standards de sécurité américains ont, dans les Etats occidentaux, valeur directrice (59). Chez eux, on tient compte dans une plage de 30 à 1000 MHz environ des phénomènes de résonance, et ainsi on détermine une densité maximale de puissance d'exposition constante à 1 mW/cm^2 (1 millième de watt par cm^2) (59). Pourtant les avis des experts sur les effets possibles sont très différents, de sorte que les prescriptions de sécurité peuvent varier dans les différents Etats jusqu'au facteur 1000! Ceci fut exposé lors du colloque pour "l'adaptation à l'électromagnétisme" à l'EPFZ en 1985 (Chen et al.) (104).

On y fit également un exposé sur des recherches épidémiologiques détaillées faites sur 423 personnes qui pendant trois à neuf ans ont subi professionnellement des expositions à des ondes électromagnétiques (Chen et

* Lorsque la longueur d'onde est du même ordre de grandeur que la dimension des systèmes biologiques correspondants, il se présente des phénomènes de résonance. A ce moment-là, l'irradiation intervenante est absorbée de façon accrue, ce qui mène à un réchauffement plus intense. Des effets de résonance peuvent renforcer de plus de cent fois le réchauffement.

al.) (104). Les groupes de personnes observées présentèrent par rapport aux groupes témoins non soumis aux ondes des symptômes accrus des maladies des systèmes nerveux et digestif, du sang, de la circulation, du cœur, des troubles visuels! La fréquence des expositions se trouvait autour de 2 à 9 GHz et de 140 à 180 MHz. La densité énergétique sur le lieu de travail (*around the working area*) était de $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ($= 0,1 \text{ mW}/\text{cm}^2$).

Ces symptômes variés de maladies devraient tout de même être pris au sérieux, même si une étude américaine montre que de nos jours la densité de ce rayonnement se monte tout au plus à quelques milliardièmes de watts par cm^2 ($5 \text{ nW}/\text{cm}^2$) dans les grandes villes (59), c'est-à-dire se trouve à quelques ordres de grandeur sous la limite maximale admise. Le rapport intermédiaire "Manto" conclut ainsi: "La constatation qu'on ne peut pas donner de preuves d'effets biologiques nocifs dans une plage entre 30 kHz et 30 GHz pour la densité de rayonnement qui mène à des réchauffements détectables de tissus peut être considérée comme sûre, malgré une multitude de publications affirmant d'autres choses."

Ce n'est pourtant nullement le cas! En 1987 déjà, les postes allemandes confiaient au Ministère de l'environnement une recherche sur "L'influence de la fréquence, du taux de modulation et de la fréquence des impulsions du rayonnement des champs de micro-ondes sur les tissus animaux et végétaux". Une initiative prise à l'instigation de Wolfgang Volkrodt, auteur de plusieurs publications remarquées sur les dommages occasionnés aux forêts par les ondes électromagnétiques (152). Une étude publiée en 1988 par les postes suisses et l'Institut fédéral de recherche forestière (EAFV) sur les environs de l'émetteur du Banntiger (Berne) n'a permis de constater aucune différence entre deux parcelles de forêt inégalement exposées au rayonnement de l'émetteur (73, 155). Mais selon Volkrodt, on ne saurait généraliser les résultats de cette étude (151). Elle ne considère que le décimètre supérieur de la bande TV et le dernier mètre de la bande OUC et néglige les longueurs d'onde de 1 à 25 cm, c'est-à-dire les ondes radar et les faisceaux dirigés. Ces ondes, très courtes, sont beaucoup plus critiques parce qu'elles peuvent mettre les "antennes biologiques" en résonance (aiguilles de conifères, nervures des feuilles) (152).

L'Office fédéral de la protection de l'environnement le constatait déjà en 1985: "On n'a pas encore pu établir clairement que les ondes radio et les micro-ondes de puissance volumique limitée avaient des effets non thermiques sur les végétaux supérieurs. *Ces effets ne semblent se manifester que dans une plage étroite de fréquences. Mais on ne sait encore que peu de choses sur ces plages et sur les valeurs seuils*" (146). Une remarque qui,

comme les points soulevés par les études allemandes citées ci-dessus, n'a tout simplement pas été retenue par la recherche suisse du Banntiger (155).

La pénétration des hautes fréquences dans les tissus cellulaires est pourtant de 30 cm à 100 MHz, et encore de 3 cm à 1000 MHz. Les organes végétaux que sont les feuilles, les aiguilles ou le cambium sont donc entièrement pénétrés par ces ondes. Ce qui explique que la sève fonctionne sous l'écorce d'un arbre comme une antenne de radio ou de télévision, ou comme un paratonnerre (41).

Volkrodt insiste d'autre part sur le fait que l'on se demande depuis 1982 si la vie n'utilise pas la supraconductivité (152, 153). Or la supraconductivité à haute température reste inexpliquée. Einstein et Plank ne permettent pas d'en faire la théorie. L'explication des interactions entre les ondes électromagnétiques et les systèmes biologiques doit faire appel à une "nouvelle physique". On soupçonne aussi depuis longtemps que les cellules vivantes utilisent des ondes électromagnétiques pour leurs échanges d'information. Malgré toutes les résistances, il faut engager une recherche sérieuse qui permettra d'éclaircir définitivement ces phénomènes. Nous sommes devant un vaste champ de recherches encore en friche. L'ingénieur suisse Peter Soom a publié en 1987 une brochure d'introduction à ces problèmes facilement compréhensible (156).

Jusqu'à ce jour, on n'a tenu compte que de produits toxiques classiques

L'expertise spéciale allemande (14) ne tient compte comme cause du dépérissement des forêts que des sources de produits toxiques suivants: combustions de combustibles fossiles de toute sorte dans les centrales thermiques, chauffage industriel et domestique et circulation de véhicules. Elle ne prend en considération que les produits toxiques classiques:

- anhydride sulfureux (SO_2)*
- des oxydes d'azote (NO_x)**

* SO_2 se forme lors de la combustion de combustibles fossiles, en particulier du pétrole et du charbon.

** NO_x = notion collective pour des dioxydes de nitrate (en particulier NO , NO_2), ces gaz se libèrent à des températures élevées lors de processus de combustion par exemple lors de la circulation de véhicules à moteur.

- des hydrocarbures***
- des aérosols**** de métaux lourds, par exemple de plomb, de cadmium, de nickel, de thallium, de cuivre, de zinc, de mercure
- des photooxydations***** (par exemple l'ozone, le peroxyde d'hydrogène, PAN = nitrate peroxyacetyl)
- des pluies acides de sources fossiles

En quelques mots, on exclut complètement la radioactivité artificielle comme cause des dégâts (14), ce qui démontre un point de vue peu scientifique.

Le nouveau rapport officiel de la RFA sur la mort des forêts et la pollution de l'air, paru en mai 1986 (150) n'apporte guère d'éléments nouveaux sur les causes. Il ne met pas le doigt sur un agent principal de la pollution. Il consacre juste la moitié d'une de ses 230 pages à la radioactivité... pour contester une nouvelle fois qu'elle joue un rôle dans la mort des forêts.

L'auteur de ce livre a fait connaître pour la première fois à un large public les revendications du prof. Schütt par des articles dans la *Basler Zeitung* (du 5 novembre 1983 au 12 avril 1984). Il pouvait s'appuyer déjà à ce moment-là sur des travaux en partie non publiés du médecin allemand Dr. K.J. Seelig (91, 92), de l'ingénieur suisse P. Soom (98) et sur des recherches forestières pratiques du prof. G. Reichelt (78, 79, 80, 85).

Les pronucléaires réagirent vite. Ils contestèrent toute relation entre radioactivité et mort des forêts, et considérèrent ces recherches comme accessoires — à l'opposé de l'exigence du prof. Schütt (1, 15, 16).

Le ralentissement de la croissance dans tout l'hémisphère Nord

L'auteur tombe aussi sur deux travaux extrêmement intéressants du Dr F.H. Schweingruber de l'Institut fédéral de recherches forestières à Birmensdorf (Suisse). A l'aide de forages tests de troncs, on y admet que l'atteinte physiologique "décisive" du dépérissement actuel a déjà dû commencer dans les années cinquante. Ceci est visible dans la réduction de l'épaisseur ou de la largeur des couches annuelles, c'est-à-dire dans des ralentissements de la croissance et ceci sur toute la moitié du globe et

*** Hydrocarbure = combinaison de carbone et d'hydrogène.

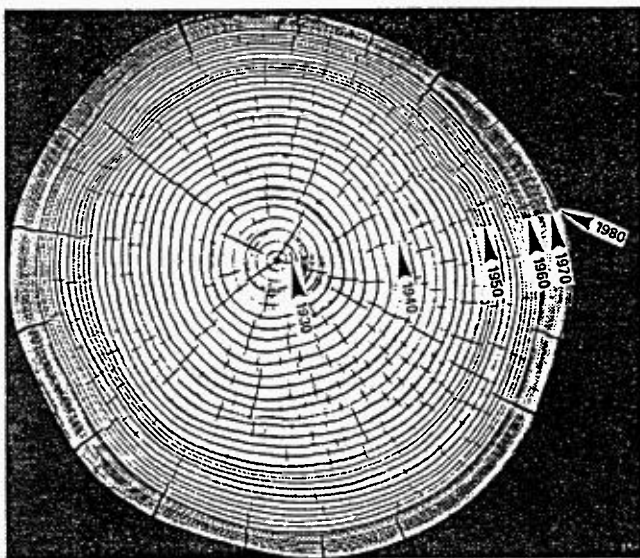
**** Aérosols = particules minuscules en suspens dans l'air.

***** Photooxydation = sous l'influence de la lumière (c'est-à-dire apport d'énergie irradiante) des gaz toxiques pour les plantes provenant de l'oxyde d'azote et d'hydrocarbures.

même dans l'Himalaya (114, 115, 116)! Des phénomènes comparables dans des troncs de sapins d'époques historique ou pré-historique n'existent pas, constate le Dr Schweingruber (116). L'Office fédéral suisse pour la protection de l'environnement pense qu'"il n'existe de cela aucun exemple dans l'histoire des forêts." (23)

Il est vrai qu'on connaît depuis des siècles des régressions temporaires de croissance pour différentes raisons (climat, parasites, ou pollution de l'air local). Ceci exclusivement dans des limites régionales, jamais sur une base connue aujourd'hui.

Plus les couches annuelles sont rapprochées, moins l'arbre croît:



Coupe d'un tronc d'un sapin commun mort en 1982; depuis 1958, affaiblissement de la croissance, arrêt presque complet de la croissance depuis 1970.

De tels arbres tarés, physiologiquement affaiblis (mais qui, vus de l'extérieur, ne présentent aucun signe, en particulier pour l'épicéa) peuvent subir plus tard des ralentissements ou des arrêts de croissance très variés (par exemple à cause d'influences nocives supplémentaires) et parfois ne peuvent même plus se régénérer (110, 116). Ils meurent ensuite dans un délai de quelques années ou de quelques décennies après la première atteinte décisive.

“Ni le vieillissement, ni le mauvais emplacement, ni les erreurs de gestion forestière, ni le climat ne peuvent entrer en ligne de compte comme unique cause du dépérissement (115).” Le dépérissement de la forêt sévit avec à peu près la même intensité sur des sols pauvres comme sur des sols riches, les sols peuvent être acides ou alcalins, secs ou humides (Schütt) (110). Comme causes premières, il faut aussi exclure: le manque de nourriture, le vent, la neige, les champignons, les bactéries, les insectes (23). “Une influence supérieure à tout cela semble causer ces atteintes”, constate Schweingruber (116).

L'image des couches annuelles d'un arbre reflète exactement comment un arbre a subi des atteintes, autant l'époque que l'intensité de ces atteintes. De cette manière, on peut lire l'histoire de la vie et de la maladie d'un arbre. L'image de son apparence extérieure (la couronne, les branches, les feuilles, etc.) ne donne par contre qu'un instantané. Les images de couches annuelles (des forages tests) devraient par conséquent être absolument intégrées dans toutes les investigations d'atteintes forestières.

C. Hypothèses et causes

Dans les années cinquante et soixante, il s'agit d'une pollution de l'air très globale qui conduisit à une atteinte préparatoire. Dans l'Himalaya, ce n'était à cette époque certainement pas nos automobiles, l'échappement de NO_x et le smog photochimique qui furent décisifs. Et il est invraisemblable que ce soit uniquement le SO_2 qui l'ait déclenché. Comme tous les produits toxiques classiques, le SO_2 et le NO_x sont plus ou moins rapidement évacués de l'air par la pluie. Il est vrai que sur la moitié nord du globe, on trouve la ceinture industrielle du monde (entre le 30e et le 60e degré de latitude). Depuis toujours, les mélanges d'air se font là relativement lentement avec les espaces voisins (91, 111, 113). Dans cette zone se trouvent la plupart des centrales nucléaires (plus de 300 centrales) et presque toutes les usines de retraitement qui sont les pollueurs d'air par la radioactivité. La plupart des essais de bombes atomiques avec leurs retombées radioactives dangereuses ont eu lieu dans cet hémisphère. Et à l'opposé du SO_2 , du NO_x et des hydrocarbures, certains produits radioactifs de fission sont à peine éliminés par la pluie de l'atmosphère, ainsi le

gaz rare krypton 85 (demi-vie 10,7 ans) et le carbone radioactif C 14 (demi-vie 5730 ans). Ils se dispersent et s'additionnent globalement. On a déjà établi différentes hypothèses à propos de la cause de la mort des forêts. Ce fut d'abord, comme on l'a déjà cité, le SO₂, puis les pluies acides, puis l'ozone et depuis 1983, ce qui est nouveau, l'hypothèse du stress (109). Mais aujourd'hui, on ne doute plus d'un effet de combinaisons de causes ou de causes complexes. Il est pourtant tout à fait *non scientifique d'exclure d'entrée la radioactivité artificielle, qui pollue globalement et réellement la biosphère!* Il semble aussi exister une dégradation de base qui correspond à une atteinte physiologique primaire.

Le Conseil pour les questions de l'environnement du gouvernement allemand devait faire cette constatation, perplexe (14):

"D'après les examens faits jusqu'ici, on n'a pas pu identifier un produit toxique comme cause unique. Tout porte à croire que l'atteinte peut être provoquée par l'action combinée de plusieurs facteurs toxiques agissant soit simultanément, soit successivement, c'est-à-dire par des effets de combinaisons."

S. McLaughlin de l'Oak Ridge National Laboratory aux Etats-Unis et O.U. Bräker de l'Institut fédéral de recherches forestières à Birmensdorf (Suisse), écrivent (58) "*que malgré différentes hypothèses, il n'existe jusqu'à ce jour (1985) aucune preuve qu'un produit toxique à lui seul puisse être la cause principale.*" Les pollutions atmosphériques comme conséquences de l'augmentation de l'utilisation de combustibles fossiles durant les dernières trois décennies, en y incluant le SO₂, l'ozone, les pluies acides et des métaux à l'état de traces ont été cités comme des facteurs potentiels des atteintes.

A juste titre, l'Union professionnelle suisse de l'automobile (UPSA) s'insurge contre des mesures excessives en ce qui concerne l'automobile: la thèse officielle manque de bases sérieuses à propos du dépérissement des forêts et repose sur une réunion de demi-vérités, de simplifications, d'hypothèses de laboratoire non prouvées et d'idéologies qui sont davantage soutenues politiquement qu'écologiquement (72).

L'hypothèse des pluies acides

L'hypothèse des pluies acides part de l'idée que des acides (acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique et carbonique) amènent des changements chimiques dans le sol, qui libèrent entre autres des ions d'aluminium et de

manganèse toxiques pour les plantes, ces ions endommagent les racines. Mais on peut aussi songer à des effets sur les parties supérieures des arbres (109).

Il est vrai que lorsque on dilue en laboratoire du dioxyde sulfureux dans de l'eau, il se forme surtout de l'acide sulfureux (H_2SO_3) qui est bien moins actif que l'acide sulfurique (H_2SO_4). Pour produire de l'acide sulfurique très acide, il faut aussi l'aide de catalyseurs (métaux) et de l'apport d'énergie (chaleur) pour oxyder le SO_2 en SO_3 (trioxyde sulfureux). *On n'a pas vraiment élucidé comment ce processus se déroule dans l'atmosphère* (14, 17). On croit que des photo-oxydations, tel l'ozone et le peroxide d'hydrogène (qui s'est formé par l'effet du soleil sur NO_x et le carbure d'hydrogène) servent de catalyseurs, c'est-à-dire d'intermédiaires aux réactions (14, 17). Les produits de la radioactivité artificielle peuvent également avoir des effets semblables. Ils sont porteurs d'énergie irradiante et peuvent même directement oxyder le SO_2 en SO_3 ou former de l'ozone avec l'oxygène de l'air. Dans l'eau, il se forme même directement par radiolyse du peroxide d'hydrogène et depuis l'azote du NO_x .

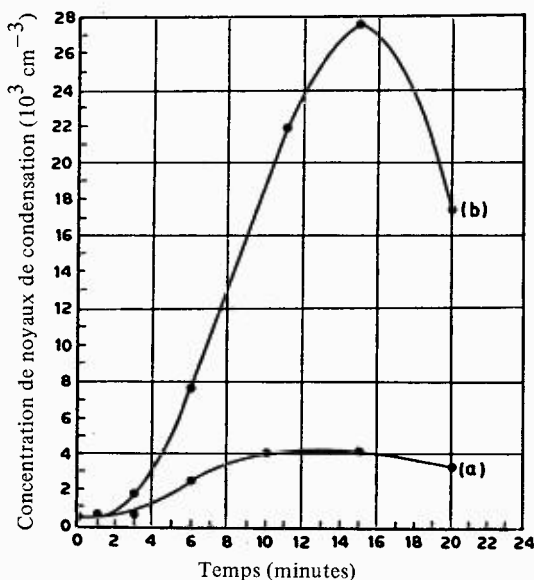
Ces faits qu'on peut justifier par des expériences physiques, les scientifiques pronucléaires sont incapables de les réfuter. Ils supposent, sur la base de résultats de modèles purement théoriques, que lors du fonctionnement normal des centrales nucléaires, les influences sur le dépérissement des forêts sont à peine significatives quantitativement (c'est-à-dire sans importance) (16, 53, 61, 81). Un rapport de l'Institut IFEU de Heidelberg arriva à des conclusions identiques (122). Il faut ajouter à cela que ce travail a vu le jour avant les découvertes capitales de Reichelt.

De plus, des scientifiques indépendants obtiennent d'autres résultats quantitatifs par des calculs théoriques (52, 62). C'est pourquoi Messerschmidt exige par exemple également des mesures systématiques dans les environs de centrales nucléaires (par exemple pour l'ozone). Des calculs théoriques ne peuvent jamais remplacer de telles mesures directes et de telles comparaisons. L'Office fédéral pour la protection de l'environnement (Berne) trouve insuffisantes les réflexions théoriques qui mettent en relation les doses radiologiques naturelles et artificielles et en déduisent que les émissions radioactives de centrales nucléaires ne peuvent en aucun cas être la cause du dépérissement des forêts (145).

En 1975 déjà, lors d'une assemblée de l'Organisation internationale de l'énergie atomique (IAEO), des connexions extrêmement intéressantes avec la radioactivité furent avancées par le chercheur K.C. Vohra du *Bhabha Atomic Research Center* de Trombay en Inde (134). Il y a là-bas

dans un rayon de deux kilomètres seulement, un réacteur d'essais de 40 megawatts (cirus) et une centrale thermique conventionnelle au charbon et au fuel. Le prof. Vohra partit du fait que dans notre atmosphère, il se forme constamment des noyaux de condensation provoqués par des réactions chimiques de différents produits. Il put constater à l'aide d'expériences que dans les gaz d'échappement de la centrale thermique contenant du SO_2 , la formation de ce noyau de condensation augmentait un peu sous l'influence de l'irradiation solaire et d'altitude. Si cependant des gaz d'échappement radioactifs de la centrale nucléaire, tels le krypton, le tritium, l'argon, etc. s'y ajoutaient, la formation du noyau de condensation se renforçait en se faisant plus vite. *Le SO_2 s'oxyde alors rapidement en SO_3 (d'où la formation d'acide sulfurique), ce qui forme plus facilement des noyaux de condensation.*

Le graphique ci-dessous montre un résultat d'expérimentation de principe du prof. Vohra (46, 134).



Formation de noyaux de condensation

a) sous conditions normales

b) sous l'influence de rayons gamma avec une dose radiologique de 5 mrad/h

“Ces expériences ont montré clairement que l'effet de combinaison de SO_2 et de la radioactivité conduit vers une formation de noyaux de con-

densation plus importante que la photo-oxydation normale par la lumière du soleil” constata Vohra, c’est-à-dire qu’il se forme plus rapidement et de façon plus complète de l’acide sulfurique que par photo-oxydation. Vohra avait déjà fait en 1973 la remarque suivante lors d’un symposium à Vienne: “Il faut attirer l’attention sur le fait que l’utilisation accrue de combustible fossile pour la production de courant électrique mène à une libération de quantités de plus en plus grandes de SO_2 et qu’un nombre toujours en augmentation de centrales nucléaires mène à des doses plus élevées de radioactivité de l’air. Des études sur l’effet de combinaison de ces deux sortes d’émissions dans l’atmosphère méritent de ce fait la plus grande attention.” (46)

Il est significatif que ces mises en garde ont tout simplement été “oubliées”. Un large champ de recherches reste en friche. En 1981, Vohra et Subba Rhamu ont à nouveau montré que la formation de particules (formation de noyaux de condensation) pouvait même avoir lieu sous forme d’explosion, si d’autres “partenaires” de la réaction et avant tout des aérosols, c’est-à-dire de l’humidité, s’y ajoutent (46, 86, 102).

Un réseau de mesures européen (EACN = *European Atmospheric Chemistry Network*) pour les mesures* du pH de la pluie n’existe que depuis 1950 (17). Un rapport de la Communauté Européenne (CEE) constate pourtant que les analyses tendanciellles à propos de valeurs de pH reposent sur un modèle d’échantillonnage et d’analyses inconséquent (17).

Le tableau ci-dessous montre ces résultats incomplets. Et ce n’est qu’à partir de 1956 qu’on a commencé à mesurer! Toutefois le degré d’acidité en augmentation (pH en chute) dans les dernières décennies est nettement visible.

Degré moyen d’activité de la pluie (pH) en Europe occidentale (17):

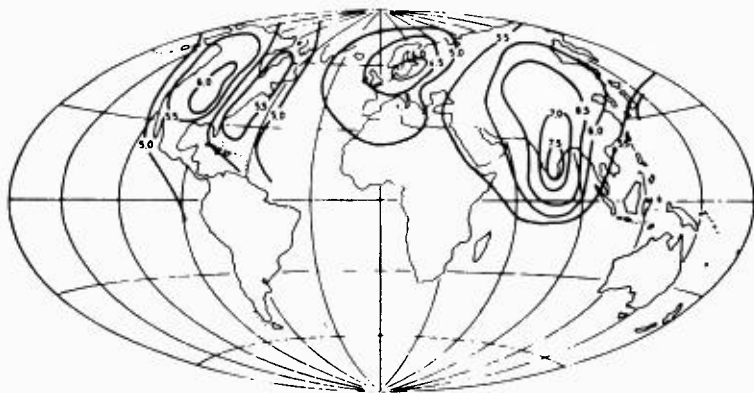
<i>Pays</i>	<i>ancien pH</i>	<i>nouveau pH</i>
Norvège du Sud	5,5 – 5,5 (1986)	4,7 (1977)
Suède du Sud	5,5 – 6,0 (1956)	4,3 (1978)
Italie	—	4,3 – 6,5 (1981)
Forêt Noire	—	4,25 (1972)
Angleterre	4,5 – 6,0 (1956)	4,1 – 4,4 (1978)
Allemagne de l’Ouest	—	3,97 (1979-1981)

* Valeur pH: expression du degré d’acidité d’une solution du pH 1 (extrêmement acide) en passant par le pH 7 (neutre) jusqu’au pH 14 (extrêmement alcalin, c’est-à-dire basique). Un décalage de la valeur pH d’une unité signifie un changement du degré d’acidité d’un facteur 10.

Dans de grandes parties d'Europe et d'Amérique du Nord, les précipitations avaient même en 1984 des valeurs de pH de 4 à 4,5. En Suisse Centrale, la moyenne se trouve autour de 4,5 (23).

Mais on n'est pas très sûr de la valeur du pH de l'eau de pluie avant l'ère atomique! En théorie, de la pluie pure devrait avoir un pH de 5,6 (23). Dans de la glace du Groenland âgée de 200 ans, on a cependant trouvé des valeurs de pH de 6 à 7,6. Il est vrai qu'il ne faut pas exclure des déplacements de produits ou de leurs formations. Schütt constate en tout cas qu'un jugement définitif de la baisse du pH de l'eau de pluie n'est pas possible en ce moment" (110).

Malheureusement, la Communauté Européenne ne semble pas pouvoir penser de façon globale. Elle se tait au sujet des conditions asiatiques (14). C'est pourquoi on est obligé de s'appuyer sur d'autres sources. Depuis 1972, il existe aussi sur l'hémisphère Nord un réseau de mesures du *World Meteorological Organization* (WMO). H.W. Goergii et d'autres ont indiqué les valeurs de pH moyennes des précipitations de l'ensemble de l'hémisphère Nord pour l'année 1979, selon l'illustration suivante (8, 32).



Les centres industriels de l'Europe Centrale et de l'Amérique du Nord apparaissent nettement avec des valeurs basses de pH, alors que de grandes parties d'Asie présentent encore des valeurs élevées de 6 à 7! Après que des ralentissements de la croissance d'arbres se furent manifestées au cours des années cinquante et soixante dans tout l'hémisphère Nord (et même dans l'Himalaya, Népal), on ne devrait pas, sans preuves, imputer l'entière

responsabilité des dommages aux seuls produits toxiques classiques — SO_2 , NO_x , hydrocarbures et leurs sous-produits, mais on devrait également penser à un pollueur global, la radioactivité artificielle, et quelque soit son mécanisme efficient. Voilà des constatations dures, qu'il s'agit d'examiner. On n'a pas non plus le droit d'éliminer de la discussion l'effet synergique (renforcé) possible du rayonnement radioactif artificiel sur les produits toxiques classiques (SO_2 , expériences Vohra) dans les pays fortement industrialisés.

Il n'y a rien de plus aisé que des mesures de pH (même en 1950). Pourquoi n'a-t-on pas fait plus tôt des mesures systématiques? N'avait-on peut-être pas intérêt à mettre assez tôt en garde, comme on n'a pas non plus suivi les résultats alarmants de l'action combinée de l'air chargé par les émanations industrielles (par exemple SO_2) renforcée par la radioactivité? Ce qui n'a pas été mesuré et examiné n'existe ainsi pas! On ne peut qu'être inquiet lorsque le rapport de l'énergie de Bonn du 16 mars 1984 sur la question de l'origine des pluies acides répond que ces pluies existaient déjà il y a cent ans! Mais ces pluies acides ne se trouvaient qu'à proximité directe de sources de pollution et non pas des régions à air pur (23).

La question reste ouverte de savoir pour quelle raison la pluie est devenue de plus en plus acide depuis le début de l'ère atomique (91, 98). C'est ainsi que le rejet de SO_2 est resté pratiquement constant de 1966 à 1980 en RFA, les émissions de NO_x (qui mènent à la formation d'acide nitrique) n'ont augmenté que d'un tiers de 1966 à 1978 (13, 14). En 1984, en Suisse, les émissions d'anhydrides sulfureux (SO_2) se trouvaient même en dessous de la valeur de 1955. Le rejet de NO_x était, il est vrai, d'environ deux à trois fois plus élevé depuis 1975 par rapport à 1964 (23). Mais il ressort d'une étude de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) dans la région du Mont-Rose à 4450 m. d'altitude que le degré d'acidité est tombé d'un pH 6 à un pH 5, entre 1965 et 1979. Entre 1916 et 1965, il était cependant resté constant à un pH de 6 (124). Cette baisse d'une unité de pH correspond à un décuple de la nuisance de l'acidité. Par ailleurs, il n'existe pas un rapport linéaire entre les quantités de SO_2 et de NO_x émises et les dépôts d'acides sulfuriques et nitriques des pluies acides, de la neige ou des gouttelettes de brouillard (96).

Selon J. Fuhrer, de l'Institut de physiologie des végétaux de l'Université de Berne, la formation des pluies acides, c'est-à-dire des dépôts d'acidité, est déterminée par des processus de photochimie et de lavage, ainsi que des échanges d'air dans les couches limites de l'atmosphère. Bon nombre de ces processus ne sont pas encore compris actuellement (29).

De plus, une partie de ces produits toxiques sont déposés à l'état sec — sans avoir influencé la pluie — en particulier le NO_x (23). C'est ainsi qu'il y a dans l'eau de pluie, lors d'émissions égales de NO_x et de SO_2 , deux fois plus d'acide sulfurique que d'acide nitrique (23).

La question de la formation de l'eau de brouillard n'est pas encore suffisamment élucidée. Mais on sait que son degré d'acidité peut même être nettement plus élevé que celui de la pluie (28). Selon des examens faits par l'Institut fédéral EAWAG, l'enrichissement par des produits toxiques est souvent de dix à cent fois plus élevé dans le brouillard que dans la pluie car dans un mètre cube de brouillard il y a moins de liquide que dans un même volume d'un nuage chargé de pluie (22, 121). L'étude de l'EAWAG n'a malheureusement pas pris en compte les produits radioactifs. Or ils sont eux aussi des produits toxiques!

Il est peu scientifique d'exclure d'emblée la participation de la radioactivité artificielle aux causes complexes du dépérissement des forêts et ceci seulement à l'aide de calculs théoriques sur des modèles et sans faire de recherches pratiques. La réalité peut être différente, comme Vohra l'a par exemple prouvé avec ses expériences.

Le SO_2 , le NO_x et les hydrocarbures sont aussi émis par des sources naturelles. Les éruptions de volcans, les incendies, la foudre, les embruns des océans et des mers, le métabolisme de certains organismes, des processus naturels de décomposition sont les sources essentielles (14). La foudre produit la plus grande partie de NO_x naturel et l'éruption d'un volcan peut produire plus de SO_2 que l'industrie en un an. Il est intéressant de voir que selon l'Encyclopédie de chimie technique d'Ullmann de 1981 (128), le taux des sources anthropogènes (issu d'activité humaine) par rapport aux émissions d'origine naturelle se montait seulement à:

SO_2 (anhydride sulfureux)	13,3 %
NO_x (peroxyde)	6,5 %

Par contre, l'Office fédéral suisse pour la protection de l'environnement rapporte que la part anthropogène aux émissions de SO_2 et NO_x se trouve à environ 95 % dans les pays industrialisés d'Europe et que les émissions naturelles et anthropogènes de SO_2 , NO_x étaient à peu près de la même grandeur du point de vue mondial (14, 23).

Selon Hornbeck (1981), la participation naturelle aux émissions totales est très discutée dans la littérature (14, 42)! Même Schütt attire l'attention sur les évaluations très différentes des émissions de SO_2 (110). Maintenant que le dépérissement des forêts touche tout l'hémisphère Nord, une

réflexion globale est absolument nécessaire. Un exposé du *Sciences-Magazin* de 1983 du *Brookhaven National Laboratory* constate par exemple que la circulation automobile dans la partie orientale des Etats-Unis contribue pour moins de 14 % aux taux élevés d'acidités dans les pluies et que l'on n'aboutirait par conséquent à aucune amélioration avec des dispositions plus strictes de la circulation. Même les mesures continues de ces vingt dernières années ne peuvent pas montrer une relation sans équivoque entre des émissions de NO_x (circulation de véhicules à moteur) et des ions de NO_3 (acide nitrique, ions de nitrate), dans les pluies acides (89).

Ce n'est qu'en 1984 que l'Amérique du Nord fut secouée lorsqu'on constata un important dépérissement des forêts dans les Appalaches. Là également, des ralentissements dans la croissance avaient déjà eu lieu dans les années cinquante et soixante (47, 74). De plus, au cours des treize dernières années, quinze centrales nucléaires importantes ont été mises en service dans les Etats du Tennessee et de l'Alabama — c'est-à-dire à l'ouest des montagnes où sont apparues les plus importantes atteintes — et aussi à l'est, en Caroline du Sud et du Nord. Et aucune centrale thermique ne s'y est ajoutée dans cette période (118). On a subitement mesuré des concentrations élevées d'ozone au Mount Mitchell (74). Et les Etats-Unis ont instauré depuis longtemps la limitation de vitesse (100 km à l'heure sur les autoroutes), les catalyseurs et l'essence sans plomb.

Le Japon a instauré toutes ces mesures depuis les années soixante-dix déjà, et aussi des installations de filtres dans les centrales thermiques; il connaît aussi le dépérissement des forêts. C'est ainsi qu'en 1920, il y avait dans une forêt sacrée d'une superficie de 700 000 m² (la chasse Meiji) 365 espèces différentes d'arbres indigènes et adaptés au lieu. En 1984, il n'y en avait plus que 247. Les pins, les cèdres et d'autres conifères étaient décimés ou avaient disparu. Les îles sont pourtant favorisées par la nature du point de vue de l'écologie. Beaucoup de pluie et de très forts vents d'ouest qui balayent les crasses industrielles et les gaz d'échappement dans le Pacifique. L'île n'a pas de voisinage qui pourrait lui envoyer des produits toxiques (2).

Des nouvelles assez bizarres viennent aussi de Suède (20). Les dégâts forestiers au sud et à l'ouest y sont connus, la responsabilité en incomberait à l'air vicié venu d'Europe Centrale et de Grande-Bretagne. Récemment des chercheurs suédois constatent dans une large mesure des arbres dans un état aigu de maladie dans le nord de la Suède. Pourtant, même en Suède du sud et de l'ouest, les valeurs de l'anhydride sulfureux et de peroxyde ne se montent qu'à la moitié des doses habituelles en Europe

Centrale, et en Suède du nord, ce n'est que 5 à 10 %. La cause exacte de ces phénomènes nouveaux est inconnue des chercheurs.

L'hypothèse de l'ozone *

Schütt écrit à ce sujet: "L'hypothèse de l'ozone admet la participation de l'ozone comme déterminante (O_3). Même dans des conditions climatiques d'Europe Centrale, il se forme par photo-oxydation des oxydes d'azote émanant des moteurs à combustion, suffisamment d'ozone pour qu'à chaque moment, il puisse se former des quantités toxiques pour les arbres. Ce sont d'abord les feuilles qui sont atteintes directement, d'autre part la perméabilité des membranes cellulaires augmente pour laisser pénétrer les précipitations acides et une évacuation par l'eau d'éléments nutritifs devient possible. Ainsi par exemple, les pertes en magnésium dans les aiguilles de sapins et d'épicéas constatées par des pédologues." (109)

Les gaz d'échappement des voitures automobiles (qu'on désigne comme étant les producteurs essentiels d'ozone) semblent pouvoir se transporter du lieu de leur formation jusqu'à 100 kilomètres dans l'atmosphère où les fortes concentrations d'ozone s'arrêtent (14). C'est sur ces constatations que reposent les exigences controversées de limitation de la vitesse sur les autoroutes, par exemple pour pouvoir combattre efficacement le dépérissement des forêts. Le Dr P. Jakober, chargé de cours d'écologie à l'Ecole d'ingénieurs de Burgdorf (Suisse) parle d'un effet tout simplement ridicule de la limitation de vitesse maximale (71).

On a peine à croire que l'ozone produit par la circulation automobile ait causé dans les années cinquante et soixante les ralentissements de croissance globale des arbres (jusque dans le massif de l'Himalaya) ou bien qu'il soit à la base des atteintes provoquant le dépérissement des forêts. Il est vrai que des atteintes dues à l'ozone provoqué par des gaz d'échappement transformés sont possibles sur une base régionale. Le ministre allemand de l'économie Bangemann est cependant contre la limitation de la vitesse (100/80) aussi longtemps qu'il n'a pas été prouvé par des recherches comment des gaz d'échappement agissent sur le dépérissement des forêts (4).

De nombreux faits parlent contre l'hypothèse de l'ozone. Le dépérissement n'est apparu par exemple en Suisse de façon accrue qu'en 1981, bien

* L'ozone fait partie avec le peroxyde d'hydrogène et le nitrate peroxyacetyl des photochimiques oxydants. L'ozone se forme sous l'action de la lumière solaire (lumière UV, c'est-à-dire une irradiation riche en énergie, à la suite de changements photochimiques de (NO_x) d'oxydes d'azote en hydrocarbures.

que la teneur moyenne en ozone de l'air n'ait augmenté que faiblement dans les années 1980 à 1983 (12). De plus, la teneur moyenne en SO_2 et en NO_x est restée constante pendant la même période (12). Ensuite le point culminant pour les atteintes d'épicéas se manifestent, selon Schütt, pendant la période hivernale, quand il n'y a presque pas de concentrations toxiques d'ozone. On trouve également de fortes atteintes forestières le long d'autoroutes et dans le centre des villes, où l'ozone ne joue qu'un faible rôle. Les atteintes ne se manifestent pas uniquement par une diminution de la chlorophylle et le jaunissement des feuilles, qui semblent être typiques de l'action de l'ozone. De surcroît, les feuilles réagissent en général avec beaucoup plus de sensibilité à l'ozone que les conifères (110). Prinz et al. (43) excluent même toute participation importante de l'ozone dans des atteintes observées dans des régions forestières près de Hambourg, Hils, Hilchenbach et les Egge-Gebirge qu'ils ont examinées. De même Hüttermann (43) estime que dans le Egge-Gebirge en Rhénanie du Nord et Westphalie, des oxydants photochimiques comme l'ozone ne peuvent pas jouer un rôle déterminant à partir de données biochimiques et physiologiques.

Le comité s'occupant des questions d'environnement du Ministère fédéral allemand de l'Intérieur parle uniquement et clairement de "pouvoir" (et non pas d'"être") lorsqu'il constate "une importance jusqu'ici fortement sous-estimée pour des atteintes forestières éloignées de rejets pouvant contenir des photo-oxydants" (14).

En outre, l'ozone peut également être produit par de la radioactivité artificielle dans la basse atmosphère, indépendamment de la lumière du soleil! C'est ainsi que les gaz rares radioactifs (tel le krypton 85, le xénon 133) qui sont complètement rejetés dans l'environnement lors des processus de fission nucléaire, en particulier le krypton 85 de longue durée, sont connus comme capables de former de l'ozone qui se répartit et s'accumule.

Comme on l'a déjà dit, les promoteurs du nucléaire ne démentent pas ces réactions en ce qui concerne la qualité, mais les croient négligeables quantitativement. Ils ne tiennent pourtant pas assez compte des valeurs de pointes si importantes pour les êtres vivants. Reichelt (88) attire l'attention sur des calculs de Kollert (52) qui indiquent que la densité d'ionisation artificielle à proximité de centrales nucléaires peut être en moyenne de deux à trois ordres de grandeur en dessous de l'ionisation naturelle, mais qu'elle peut par moment se trouver à deux jusqu'à cinq puissances au-dessus, et que des paquets d'air de radionucléides non mélangés sont emportés sur de grandes distances. Selon Metzner (147), de telles trainées

porteuses de dommages ont pu être remarquées à plus de cinquante, et même quelque fois à plus de cent kilomètres. Et si l'on prend la production d'ozone par kilomètre carré d'une usine de retraitement et qu'on la compare à celle issue de sources naturelles par kilomètre carré, il peut résulter une augmentation de la concentration locale d'ozone de plusieurs ordres de grandeur (147).

Il est frappant qu'il y ait une constante augmentation de la concentration d'ozone à 900 mètres d'altitude dans l'hémisphère Nord (Johnston 1984) (48) et qu'on ne puisse absolument pas l'expliquer par le smog photochimique actif, surtout pendant les mois d'hiver (129). Reichelt suggère que la théorie du smog soit réexaminée, en particulier ce qui est en rapport avec la lumière à ondes courtes pour les climats tempérés (88).

Nous n'affirmons pas ici — il faut le souligner! — que les pluies acides ou tout l'ozone (les changements du niveau d'ozone par saisons iraient à l'encontre de ces affirmations) sont exclusivement produits par la radioactivité artificielle, mais il faut cependant rendre à nouveau attentif aux expériences faites par Vohra, qui découvrit des mécanismes de réactions inattendues et non élucidées en grande partie. Les sciences physiques et chimiques de l'atmosphère ont beaucoup de retard à rattraper. Ce retard ne sera pas comblé par une discussion théorique autour d'une table ronde, à quoi on se limite aujourd'hui, mais par des recherches à la fois bien ciblées et globales, telles que Vohra les avait déjà exigées en 1975.

Les promoteurs du nucléaire ne sont évidemment pas intéressés par de telles études qui pourraient leur apporter des résultats peu favorables. Les modèles de diffusion pour les émissions des cheminées des centrales nucléaires ne sont par exemple pas tous certains. Ils supposent en partie une répartition (et de ce fait une dilution) homogène, relativement rapide et aisée dans l'atmosphère, ce qui n'est pas toujours le cas.

Il faut souligner que la Communauté Européenne (CEE) a implanté le Centre européen de recherches pour les mesures de purification de l'air dans le Centre de recherches nucléaires de Karlsruhe! La recherche sur le dépérissement des forêts est également faite et coordonnée par des centres de recherches nucléaires en RFA — d'autant plus qu'on est dans le domaine de la compétence du Ministre fédéral de la recherche (133)... On ne s'étonnera pas, par conséquent, que l'hypothèse de la radioactivité dans la recherche sur les dégâts forestiers n'y soit pas incluse.

L'hypothèse du stress

Des produits toxiques contenus dans l'air, des conditions météorologiques extrêmes et des agents pathogènes agissent sur les plantes comme un stress. Par conséquent, les produits toxiques contenus dans l'air sont également des facteurs de stress et ces produits influencent le métabolisme phyto-hormonal*. (Conséquence de telles perturbations conditionnées par le stress, on a observé un vieillissement prématuré, une largeur d'ouverture amoindrie, des chutes de feuilles prématurées et des perturbations de la croissance" (110).

Selon Schütt, l'hypothèse du stress part du fait que, depuis des décennies déjà, il se produit une perturbation constante de la photosynthèse par de faibles concentrations de produits toxiques dans l'air. Ces doses de produits toxiques provoquent un constant déficit dans la production d'hydrates de carbone. De ce fait, la vitalité est amoindrie, le renouvellement des racines et du feuillage est perturbé et on constate donc une plus forte sensibilité face aux dégâts secondaires (109, 110). Tous les faits connus du dépérissement des forêts sont donc rassemblés en une image à l'aspect de mosaïque dans l'hypothèse du stress. *Et on laisse ainsi également la porte ouverte à l'action d'autres facteurs inconnus.*

Schütt (110) cite en effet d'autres arguments qui s'opposent à l'hypothèse du stress, ainsi par exemple la question de savoir pourquoi les produits toxiques n'ont pas agi plus tôt, du moins localement, puisqu'il existe depuis longtemps des combinaisons de produits toxiques en faibles concentrations. Et le brusque début des dégâts forestiers ne trouve pas non plus une explication convaincante.

Les syndromes

On ne voudrait pas entrer ici dans les détails des nouveaux symptômes de la maladie. On attirera plutôt l'attention sur l'excellent livre du prof. P. Schütt (110). On trouve partout les nouveaux dégâts sylvestres, dans les jardins, dans les parcs, dans les vergers, dans les plantations d'arbres fruitiers. On trouve des variations frappantes des couches annuelles et du degré d'humidité dans le cœur des sapins. "Le tableau des dégâts typiques est un éclaircissement royal: un changement de coloration d'aiguilles plus anciennes chez les épicéas et les sapins, des "nids de cigognes" et des branches "collées" chez les sapins, un feuillage affaibli de certaines branches

* Phytohormone = produit végétal nécessaire à la croissance.

et un changement de coloration automnal précoce chez les hêtres" (24). Il y a aussi des déformations remarquables des rameaux et des feuilles.

Chez l'épicéa, on a trouvé que des arbres malades ont des floraisons annuelles importantes et forment des pommes de pins et des semences en nombre supérieur à la moyenne. Même de jeunes épicéas fleurissent, ce qui jusqu'ici était inconnu. Mais on sait par d'autres domaines de la biologie que certains organismes se mettent à se reproduire en grande quantité lorsque leurs conditions de vie se dégradent de façon dramatique (110). Ceci semble se confirmer dans le dépérissement des forêts. C'est ainsi par exemple que les hêtres portent beaucoup plus de fâines depuis trois ans, les pommiers, les poiriers et les cerisiers portent une riche récolte, bien qu'ils soient déjà visiblement malades. Personne ne sait où cela peut conduire.

L'action "Arche de Noé"

Une évaluation particulièrement inquiétante serait l'éventuel ralentissement de la reproduction des forêts qui s'opérerait parallèlement au dépérissement. Pour la pérennité des forêts, la conservation de la multiplicité génétiquement conditionnée et de ce fait leur capacité d'adaptation devient une condition indispensable (110).

Les forêts possèdent un bien génétique marqué par la sélection naturelle, préparé durant des générations. C'est ainsi que des espèces adaptées à des conditions d'environnement locales et régionales pourraient disparaître définitivement car chaque arbre est en harmonie avec son lieu d'implantation d'une façon particulière. Ce n'est que par des semences correspondantes qu'un reboisement pourrait être rendu possible plus tard. C'est pourquoi on commence déjà en Suisse à collectionner des semences d'essences précieuses (l'action "Arche de Noé" de l'Institut fédéral de recherches forestières à Birmensdorf).

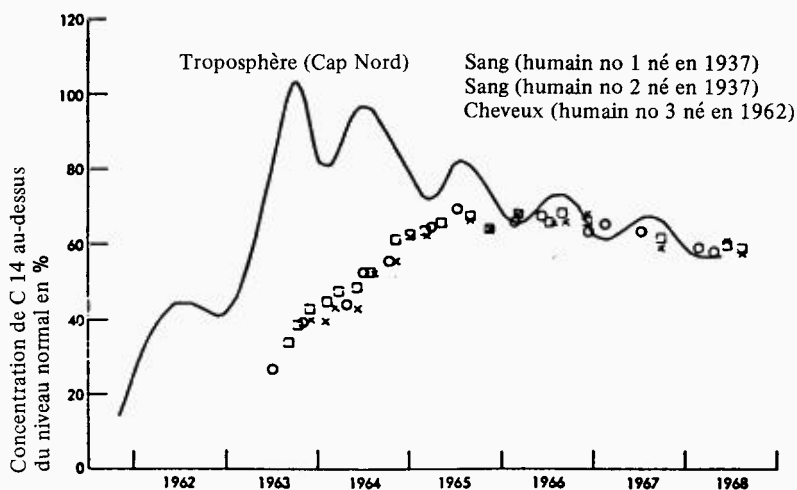
D. Trois radio-éléments particulièrement dangereux

Carbone radioactif C 14

Le carbone radioactif C 14 (rayonnement bêta) est produit par le rayonnement cosmique (C 14 naturel) et d'autre part par les essais de bombes

atomiques et les centrales nucléaires (C 14 artificiel). Libéré totalement, il se répartit d'une façon homogène dans l'air (comme le gaz carbonique CO_2). Sa longue durée de vie est particulièrement dangereuse comme les atteintes correspondantes à caractère génétique et sanitaire (cancer) (77, 123). Le carbone C 14 est nocif par d'autres aspects que l'effet irradiant: il se décompose en azote et peut ainsi détruire d'importantes molécules. Dans les bilans de rejets des centrales nucléaires, où il n'est pas retenu, on l'a tout simplement "oublié" jusqu'en 1973.

Les anciens rapports de l'UNSCEAR sont malgré tout des mines (7, 77) de renseignements en ce qui concerne la pollution de notre environnement par les essais de bombes atomiques. Dans l'édition de 1969, l'auteur a trouvé des valeurs numériques très intéressantes (34, 132): le carbone C 14 avait augmenté de 100% en 1963 dans la troposphère Nord par rapport à sa teneur naturelle (cf. le schéma ci-dessous) et en 1984 encore de 25 % (55, 61).



Concentration de C 14 dans la troposphère (couche d'air jusqu'à huit et même dix kilomètres) et dans le sang et la chevelure humains en Scandinavie.

La figure montre également que la teneur en C 14 dans le sang et les cheveux humains va de pair avec la teneur plus élevée de C 14 dans la troposphère, et ceci depuis le début de l'ère nucléaire (on possède des courbes pour la période de 1961 à 1968). Mais dans les environs de diverses cen-

trales nucléaires, on a trouvé d'importantes augmentations de concentration de C 14 dans les feuilles et dans les écorces d'arbres (55, 57, 60, 76, 95, 145). Une étude américaine demande même qu'on renonce pour cette raison à l'agriculture dans les environs de centrales nucléaires (26).

Aujourd'hui tout le monde parle de pollution de l'air et pense aux produits toxiques classiques déjà cités. La pollution beaucoup plus terrible de notre biosphère par la radioactivité artificielle est passée sciemment sous silence. Mais en 1972 déjà, l'Académie américaine des sciences avait constaté dans le rapport BEIR (3):

“Avec le développement de l'énergie nucléaire, il est inévitable que la biosphère soit exposée à une irradiation grandissante.”

Selon l'UNSCEAR, la dose collective pour la population s'est centuplée de 1960 à 1980 (130). On mentionne également que de telles doses ne sont que des valeurs moyennes et qu'elles ne représentent pas l'exposition radiologique réelle de n'importe quel individu!

Le C 14 ne se laisse pas nettoyer de l'air par des précipitations (pluie ou neige) à la différence d'autres produits toxiques classiques. C'est aussi le cas du gaz carbonique qui contient du carbone normal C 12. Il peut donc se produire des accumulations (cf. illustration).

Seelig et aussi P. Soom (dans son mémorandum à propos du dépérissement des forêts) ont attiré l'attention sur le travail du dendrologue spécialiste des arbres E. Hollstein à Trèves (40, 98), qui a trouvé dans des bois anciens de la période entre 700 avant J.-C. et le temps présent, une relation entre les variations de longue durée de la croissance du chêne en Europe Centrale et la variation de la teneur globale naturelle de C 14 dans la biosphère. *Une augmentation de la radioactivité de seulement 1 % correspond à long terme à une atteinte de la croissance de l'arbre d'environ 18 %* (40).

Ces variations de la teneur en C 14 dans les couches annuelles des arbres sont attribuées à l'action des taches solaires (période de onze ans du cycle des taches solaires)* (115). Même l'UNSCEAR a, en 1962 déjà, attiré

* Le taux de la production de C 14 dans l'atmosphère dépend de l'irradiation cosmique. Cette dernière subit une variation relativement brève par l'activité du soleil (période de onze ans du cycle des taches solaires). Le C 14 est ingéré par les plantes par photosynthèse avec l'acide carbonique (CO₂) et déposé entre autres dans les couches annuelles. De ce fait, la teneur en C 14 des couches annuelles correspond également à l'état respectif de l'atmosphère en ce qui concerne le C 14 (115). D'éventuels effets synergétiques pourraient compliquer considérablement cette image.

l'attention sur ce fait (130). Il reste à savoir si les ralentissements de la croissance — pour une teneur plus élevée de C 14 — ont été provoqués par les variations climatiques dues à l'activité solaire variable ou bien directement par l'effet nuisible de la teneur en C 14 élevée (entre autres également dans les couches annuelles). L'Office fédéral pour la protection de l'environnement à Berne attire l'attention sur la problématique de l'inclusion du C 14 dans les arbres (145). Selon Stuiver et Quai, il est apparemment difficile d'établir la preuve d'une relation entre l'activité solaire et le climat (120). D'après Süss, cela n'est pas à exclure (103).

Il faut exiger une recherche approfondie sur cette question. Une inclusion augmentée de C 14 conduit à des dégâts dans les végétaux, ce que Reichelt a déjà établi par des recherches bibliographiques (85). En 1982, la teneur en C 14 dans les feuilles d'arbres étaient toujours de 25 % au-dessus de la valeur naturelle d'avant l'ère atomique! (56) Cette augmentation provient essentiellement des retombées des bombes atomiques et diminue chaque année d'environ 2 %.

Il est intéressant que ces augmentations globales de C 14 dans l'atmosphère de l'hémisphère Nord, telles qu'on n'a jamais pu les observer auparavant (et en même temps que d'autres augmentations de produits de fission comme par exemple le tritium, le krypton 85), s'opèrent parallèlement aux ralentissements de croissance globale des arbres jamais vus et ce jusqu'à l'Himalaya. Et il faut exclure les variations de climat (14, 23, 115).

Le tritium (H^3 = hydrogène radioactif)

Le tritium naît par irradiation cosmique dans l'atmosphère supérieure en petite quantité (tritium naturel), mais également lors de la fission de l'atome (tritium artificiel). L'importance de son effet a longtemps été sous-estimée. "Il est devenu presque impossible de faire le tour de la littérature sur le tritium", estime F.N. Flakus de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (27). Ce n'est qu'en 1950 qu'il a été découvert. Il émet un rayonnement bêta et possède une demi-vie de 12,3 ans.

Le tritium peut s'accumuler dans la matière organique (par exemple dans la chaîne alimentaire) à cause de son temps de séjour prolongé dans des systèmes écologiques d'ensemble et à cause de ce qu'on appelle l'effet d'isotopie. A ce sujet, il existe une littérature abondante (voir 10, 44, 62, 90, 92, 127, 139, 141).

D'autre part, Seelig a montré que le tritium peut être inclus plus facilement et en quantité supérieure dans la matière organique, en présence

d'iode, de certains métaux lourds, de micro-ondes ou "d'explosions silencieuses" et ceci jusqu'à un facteur de 10 à 100 (92, 93, 139). Les conséquences possibles devraient être examinées de façon urgente.

En 1975 à Stockholm, des scientifiques du nucléaire avaient exigé la retenue du tritium dans les centrales nucléaires. Mais même aujourd'hui, il n'existe pas encore de méthode économique pour ce faire (112). Le tritium peut pratiquement s'introduire dans toutes les cellules et peut être contenu dans l'eau. Lorsqu'il a pénétré dans la thymine (thymine = une partie des chromosomes), les chromosomes portent un fardeau génétique de 50 à 50 000 fois plus important que s'ils étaient simplement liés à l'eau. Et d'après un rapport de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), la thymine contenant du tritium est en tout cas 100 fois plus dangereuse que si elle ne contient que de l'eau simple (dans la comparaison d'activité) (44). Sur des souris, on a trouvé un effet de 1000 à 2000 fois plus important en ce qui concerne des atteintes du développement et d'autres (83). L'atteinte génétique (ainsi que la formation de cancer et une réceptivité augmentée aux infections) a été prouvée aussi chez les souris en ce qui concerne les faibles irradiations par le tritium (18, 83).

Dans la photosynthèse des plantes, le tritium s'introduit de préférence dans des molécules organiques. Les pommes de terre ont été repérées comme étant la nourriture critique, parce qu'elles ont le plus important facteur de transfert pour le tritium parmi les produits de la terre examinés (passage du sol dans la plante) et qu'elles sont un élément nutritif important du monde occidental (51). C'est ainsi que la teneur en tritium dans la chair de vaches nourries avec de l'herbe contaminée est 10 fois supérieure à celle des animaux laitiers qui ingèrent le tritium seulement par l'eau de l'abreuvoir (50). Même le centre de recherche nucléaire de Karlsruhe a trouvé une concentration de 9 fois supérieure dans la masse sèche d'aiguilles de pin par rapport à leur part humide (67).

Le tritium a un effet particulier: lorsqu'il entre dans une combinaison chimique, il se produit une décomposition par "auto-irradiation". En effet, lors de la décomposition spontanée du tritium par rayonnement bêta, il se forme de l'hélium (un gaz rare). La combinaison primitive peut dans ce cas ne plus être active ou, selon sa constitution, avoir un effet toxique (25). Des atteintes génétiques sont aussi prouvées pour de telles transmutations (30).

En 1984, la revue scientifique renommée *Bulletin of the Atomic Scientists* a mis en garde contre le tritium (11). Mewissen a trouvé, pour la première

fois chez des souris, un nouveau cancer des intestins provoqué par le tritium. Ce cancer ne s'est manifesté qu'après la 25^e génération et s'est ensuite transmis héréditairement! Jamais encore un cancer héréditaire n'avait pu être produit chez des animaux par irradiation.

Il est très inquiétant que la teneur moyenne en tritium dans la pluie d'Europe Centrale provoquée en 1963 par les essais de bombes atomiques fut supérieure d'un facteur de 700 qu'à l'état normal (selon une réponse du Conseil fédéral suisse: 7000 pCi/l par rapport à 10 pCi/litre) (75). D'après le rapport de l'UNSCEAR 1964, on a mesuré dans les pluies du Canada des valeurs extrêmes de 10 000 unités de tritium par rapport à 1 à 10 UT dans l'eau de pluie normale. En 1982 encore, on a constaté en Europe Centrale une augmentation moyenne d'un facteur de 12 (75). Les centrales nucléaires et, en particulier les usines de retraitement, libèrent également sans cesse du tritium.

Qu'il faille là aussi compter avec des accumulations très élevées, les valeurs mesurées entre autres en 1976 dans l'usine de retraitement de Karlsruhe le montrent. Dans le liquide tissulaire du feuillage de charmes, on a trouvé jusqu'à 29 000 pCi/l de tritium, dans l'humidité de l'air un maximum de 455 000 pCi/l, dans le liquide tissulaire de l'épicéa 45 200 pCi/l, etc. (138). Avant l'utilisation de l'énergie nucléaire, la teneur en tritium dans la pluie se trouvait, comme il a été dit plus haut, près d'un maximum de 10 pCi/l! Le vin de la région de la centrale nucléaire de Neckarwestheim contenait en 1976 deux fois plus de tritium que l'eau de pluie (138).

C'est ainsi que même l'Agence internationale pour l'énergie atomique émet l'idée en 1981 que le tritium pourrait donner au monde de l'inquiétude vers la fin du siècle (44). Le problème du tritium n'est pas éliminé par l'affirmation du biologiste nucléaire W. Burkart de l'Institut fédéral de Würenlingen selon laquelle l'on pourrait négliger le tritium parce que ce ne sont que quelques millionièmes de rem qui contribuent à l'irradiation moyenne du Suisse (15).

Mais ce qui importe, ce ne sont pas les valeurs moyennes. Les dangers viennent avant tout des valeurs extrêmes, ils sont tout simplement ignorés. Pourtant c'est justement sous leur action que la sensibilité normale des êtres vivants réagit le plus! Weiss et al. montrèrent qu'en Europe Occidentale et en Europe Centrale, on a détecté des sources grandissantes de tritium et de krypton provenant des centrales nucléaires; ils atteignirent après 1970 des poussées dépassant de 40 fois le fond local des retombées de bombes (137). Et des aiguilles de pin contenaient 10 fois plus de tritium dans les alentours (jusqu'à 10 miles) des centrales nucléaires selon

la direction du vent (119). Tout cela, Reichelt l'a déjà signalé. Ainsi, les modèles servant aux calculs des exploitants des centrales nucléaires, qui comptent avec une raréfaction rapide et régulière, ne se révèlent visiblement par toujours justes (85, 86).

Le krypton 85

Il s'agit d'un gaz rare qui n'est présent dans la nature qu'en quantités infimes. Sa demi-vie est relativement longue: 10,7 ans. C'est un irradiant bêta, il se dépose surtout sur la peau. Son rayonnement ne pénétrant tout au plus qu'à 2 mm dans le tissu, il a été beaucoup sous-estimé. Le krypton 85 s'introduit aussi dans les poumons et se dilue de façon diverse dans les liquides du corps (6, 136).

Une diminution de la concentration dans l'air par un dépôt ou par lavage ne se produit presque pas, ce qui est grave. 97 % du krypton 85 restent dans l'atmosphère; il se réduit seulement par sa décomposition radioactive, ce qui peut durer des décennies (111).

Dans les centrales nucléaires, cependant, presque tout le krypton produit est retenu dans les éléments de combustion. Dans les usines de retraitement, lors de la dissociation des éléments de combustion usés avec l'acide nitrique bouillant (pour récupérer du combustible ou pour en séparer le plutonium), tout le krypton 85 est rejeté sans but dans l'air. Ces entreprises sont encore moins étanches que les centrales nucléaires. On appelle cela ensuite "décontaminer"! Déjà en 1975, des scientifiques du nucléaire avaient exigé la rétention (112). La longue durée de vie provoque une irrésistible reconcentration. Le gaz est plus lourd que l'air, mais il se répartit dans l'atmosphère de la planète. Déjà aujourd'hui, la concentration de l'air par le krypton 85 s'est augmentée des millions de fois par rapport à l'époque d'avant la fission de l'atome (61).

Lorsque le krypton atteint seulement 1 % de la concentration maximale admise dans l'air (300 nCi/m^3), il pourrait se produire des changements globaux, déjà mesurables, des conditions électriques dans l'atmosphère, rapporte W.L. Boeck, président du groupe de travail sur le krypton 85 de la Commission internationale de l'électricité de l'atmosphère (en 1975 déjà) (6). La conductibilité électrique augmenterait immédiatement au-dessus des océans de 43 % (6). La résistance électrique entre la surface de la terre ou de l'eau et la ionosphère serait diminuée, et peut-être par des rétroactions électriques, des foudres venant de régions très éloignées pourraient se réunir. Des changements météorologiques inattendus pourraient se produire (6).

Au niveau de la mer, l'irradiation cosmique est faible (à l'opposé de l'atmosphère supérieure) parce que les couches d'air freinent l'irradiation venant du cosmos. Même l'irradiation naturelle par le radon (et les produits de sa famille) est faible. Le radon est seulement émis par les surfaces terrestres de roches primitives et est ensuite lavé dans l'atmosphère. C'est pourquoi l'air maritime ne contient pas de radon. Et si une masse d'air continental passe au-dessus de la mer, elle est coupée de sources de radon (roches primitives sur terre) (6).

Seeling avance une hypothèse selon laquelle des conditions modifiées d'électricité de l'air, même pour une brève durée, pourraient dès à présent avoir une influence sur les dégâts en forêt (91, 93, 94). Ses réflexions devraient être prises en compte dans les recherches. Dans le rapport d'expertise sur Cattenom par l'EDF (pages 11 à 42), on a indiqué que l'action électrostatique d'une centrale nucléaire atteignait quelquefois l'ordre de grandeur des fronts d'orage (92, 93).

E. Illustrations des dégâts forestiers et de la radioactivité

Introduction

Les recherches scientifiques du très renommé prof. Günther Reichelt ont montré des indices particulièrement importants qui étayaient les revendications soutenues du prof. Schütt pour l'inclusion de la radioactivité dans la recherche sur les dégâts forestiers.

Reichelt s'était fait connaître en Allemagne et en France par sa méthode totalement nouvelle d'approche des dégâts forestiers (la méthode des échantillons) (78, 79, 80). La France officielle a toujours proclamé ses forêts saines. C'est ainsi que le Secrétariat français des eaux et forêts avait répondu à un sondage du journal *Welt am Sonntag* du 5 juin 1983 "La forêt française se porte à merveille." La France est le pays qui a le plus de centrales nucléaires. Seuls "quelques hectares de forêts" auraient subi des dommages, une petite douzaine de parcelles de forêts à proximité d'installations industrielles (79).

Au contraire, Reichelt (79) trouva qu'en comparaison des régions atteintes du sud de l'Allemagne, les dégâts dans la plupart des forêts françaises se trouvaient être plus importants. Une détérioration élevée a été trouvée

dans les régions occidentales et centrales de France. En Bretagne, des essences principales de bois naturel, tels les chênes pétiolés et les hêtres rouvres ainsi que les épicéas et les pins, montrent des dégâts de grande ampleur. Le dépérissement des ormes a pris des dimensions effrayantes. Les landes d'ajoncs sont brunes sur de grandes étendues.

Dans cette situation, il est étonnant que la France ait un rejet beaucoup plus faible de soufre et d'oxydes d'azote que la RFA. Pour 1982, les chiffres sont les suivants (en million de tonnes) (101):

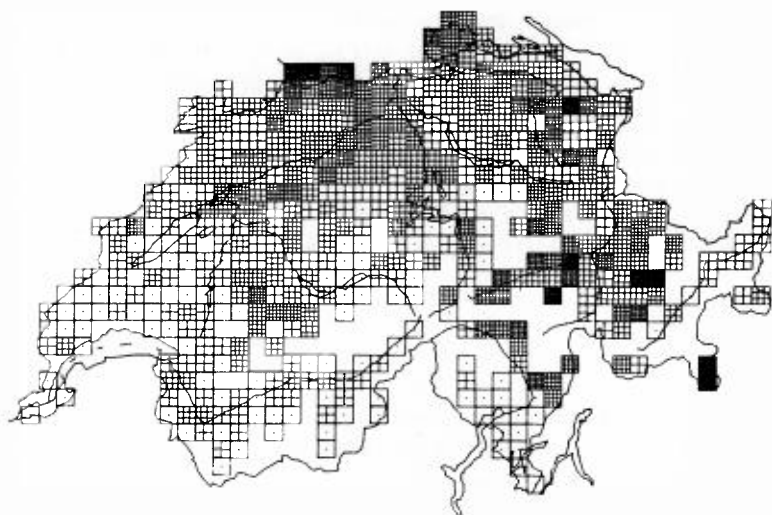
	<i>Soufre</i>	<i>Oxyde d'azote</i>
France	2,4	1,3
RFA	3,5	3

Il faut ajouter que la France a une superficie double avec une densité industrielle moins importante, et que les vents d'ouest venant de la mer n'apportent pas de produits toxiques.

Le prof. Reichelt indique que l'atteinte de base devrait être considérée ici avec la participation probable d'émissions radioactives (87). Les essais d'explication qui soulignent seulement la participation de photo-oxydations, en particulier l'ozone, sont, semble-t-il, insuffisants. Reichelt (87) pense que les conditions de formation d'ozone, dans les régions à dommages importants à proximité des côtes, ne sont pas suffisamment expliquées par le smog photochimique. Il demande par conséquent qu'une "information des conditions de formation des dégâts de base soit immédiatement entreprise, car c'est là que se situe le vrai problème du dépérissement des forêts" (87).

La méthode inédite par échantillons du prof. Reichelt

Elle est meilleure pour relever les dégâts forestiers que les méthodes pratiquées jusque-là avec des moyennes par surfaces selon des districts forestiers ou selon un quadrillage. C'est ainsi que lors de la première étude Sanasilva en 1983 (relevé de dommages dans des forêts suisses), la Suisse a encore été répartie en carrés réguliers (champs quadrillés) et on a recherché dans chaque champ les dommages totaux, indépendamment des variétés d'essences (cf. illustration).



		Niveaux de dégradations						
Toutes les espèces		0 x		11 - 20 x		31 - 40 x		> 50 x
Malades ou mortes								
Etat automne 83		1 - 10 x		21 - 30 x		41 - 50 x		

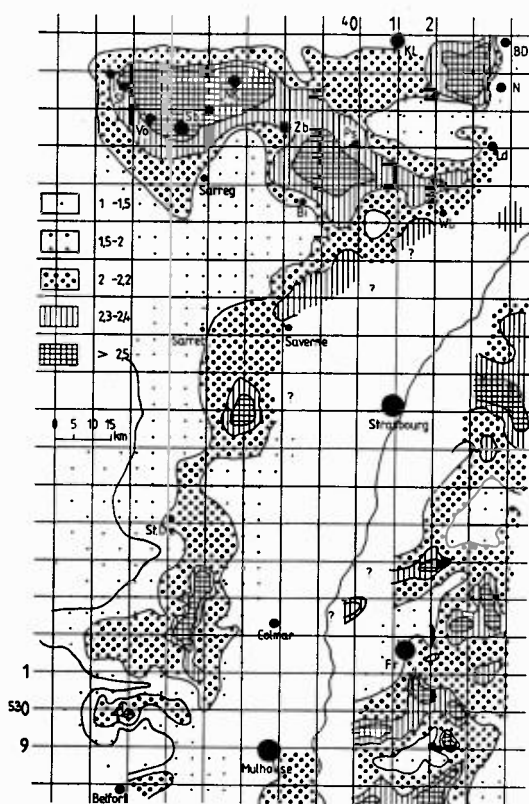
Développement des dégâts forestiers en 1983: relevés faits en été 1983 et programme immédiat Sanasilva-état en automne 1983 à propos de l'atteinte des sapins, des épicéas et des hêtres (23).

La méthode du quadrillage a de grands inconvénients. Si un carré ne contient pas de conifères, mais uniquement des feuillus, le carré apparaît alors comme sain. Avec des conifères au même endroit, on aurait certainement, en 1983 déjà, constaté des atteintes.

Reichelt travaille d'après un tout autre principe, analogue aux cartes météorologiques, où tous les lieux avec la même température ou la même pression atmosphérique sont reliés par des lignes. Il relie de même tous les lieux dans les forêts dont les atteintes sont de la même importance, par des lignes (qu'on appelle des "isomales"*). Le choix des lieux n'est pas fixé de

Isolame: néologisme que nous reprenons de la version allemande, construit par analogie avec isotherme, isobare; c'est une ligne qui, sur une carte, relie des points de dégradations égales (*Ndr*).

façon “aveugle” dès le départ, sur la carte par un quadrillage, mais les échantillons (des coups de sonde) se règlent sur la réalité, d’après la répartition précise des variétés d’arbres (par exemple l’épicéa). On calcule pour chaque endroit apte à l’échantillonnage une échelle moyenne de dégât, et ceci pour un ensemble de 10 à 20 arbres examinés. Après report sur une carte géographique, on peut construire des lignes de “mêmes niveaux d’atteintes” (isomales) lorsqu’on a une densité d’échantillons suffisante. Ci-dessous, une illustration inédite des isomales dans les Vosges et sur une partie de l’Allemagne du sud (79). Plus les surfaces sont foncées, plus les atteintes sont importantes dans les forêts.



L'Office des eaux et forêts de Strasbourg a confirmé au printemps 1984 les atteintes enregistrées par Reichelt en été 1983. Précédemment, tout cela était contesté (69). En 1985 déjà, des communes des Vosges intervinrent à Paris pour demander l'aide de l'Etat parce que leur réserve forestière était endommagée à 80 % (144).

Une comparaison des deux cartes montre que la méthode de Reichelt permet mieux de cerner les auteurs des dommages (les sources d'émissions). Avec les points fixes des quadrillages, par contre, nous n'obtenons pas, en règle générale, de modèles aussi précis des atteintes — également en raison de la répartition irrégulière de la forêt. Comme pour les cartes météorologiques, il n'est pas nécessaire, lors de relevés de dégâts forestiers, d'établir systématiquement un poste d'observation tous les 500 mètres. Par la voie de formation de lignes d'isomales, on peut facilement représenter les modèles d'atteintes dans leur conformité et dans leur individualité (82). La méthode de Reichelt a été reconnue par des services officiels et des experts connus (78, 79, 86, 145). Les nouvelles études de Sanasilva en Suisse vont également être conduites selon la méthode des échantillonnages.

Prof. Reichelt: illustrations des atteintes forestières près des installations industrielles (combustibles fossiles)

Tant que Reichelt n'a établi ses conclusions que pour des sources de produits toxiques fossiles avec sa cartographie, tout allait bien (78, 79, 80). Personne ne protestait. A l'aide des modèles de répartition des dégâts forestiers, il a pu repérer des installations industrielles connues qui émettent SO_2 , NO_x , des hydrocarbures, des combinaisons de fluor et de chlore (ce sont avant tout des raffineries, des centrales thermiques, des usines chimiques, des tuileries, des manufactures de porcelaine). *Ses cartes montrent que des mesures sont nécessaires pour endiguer les émissions provenant de sources fossiles (SO_2 , NO_x) et que beaucoup de forêts pourraient être sauvées, à condition d'agir à temps* (85).

A propos de ses relevés en France, il mentionne même que la participation de photo-oxydations (comme par exemple l'ozone) pourrait avoir un effet décisif non seulement localement, mais aussi pour le Massif Central. L'atteinte de base dans l'ouest et le centre de la France est étonnante parce que sa cause en est incertaine (79).

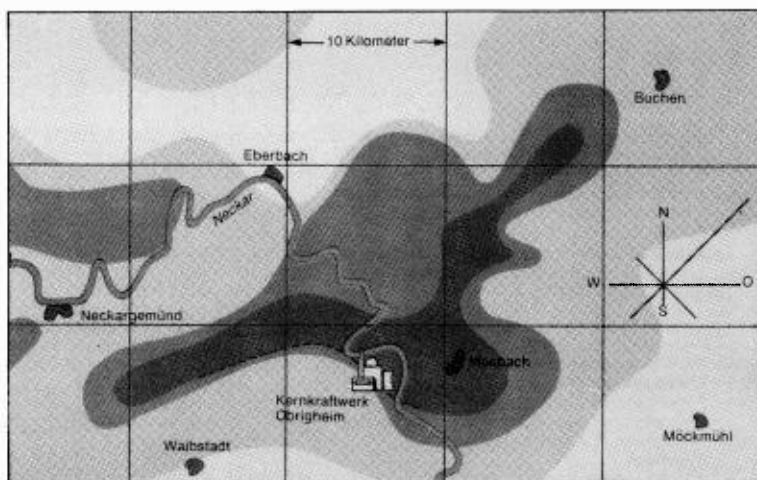
La revue *Natur* rend compte à quel point des professeurs connus ont été impressionnés par les travaux de Reichelt. Ainsi le prof. Mohr, de l'Institut de biologie de l'Université de Fribourg (RFA): "Un travail scientifique

d'un haut niveau." Le prof. Havlik, de l'Institut de météorologie d'Aix-la-Chapelle: "Une terre absolument nouvelle." Le prof. Weischet, de l'Université de Fribourg: "Un premier pas important dans la recherche des causes."

Prof. Reichelt: images des dégâts forestiers près des centrales nucléaires

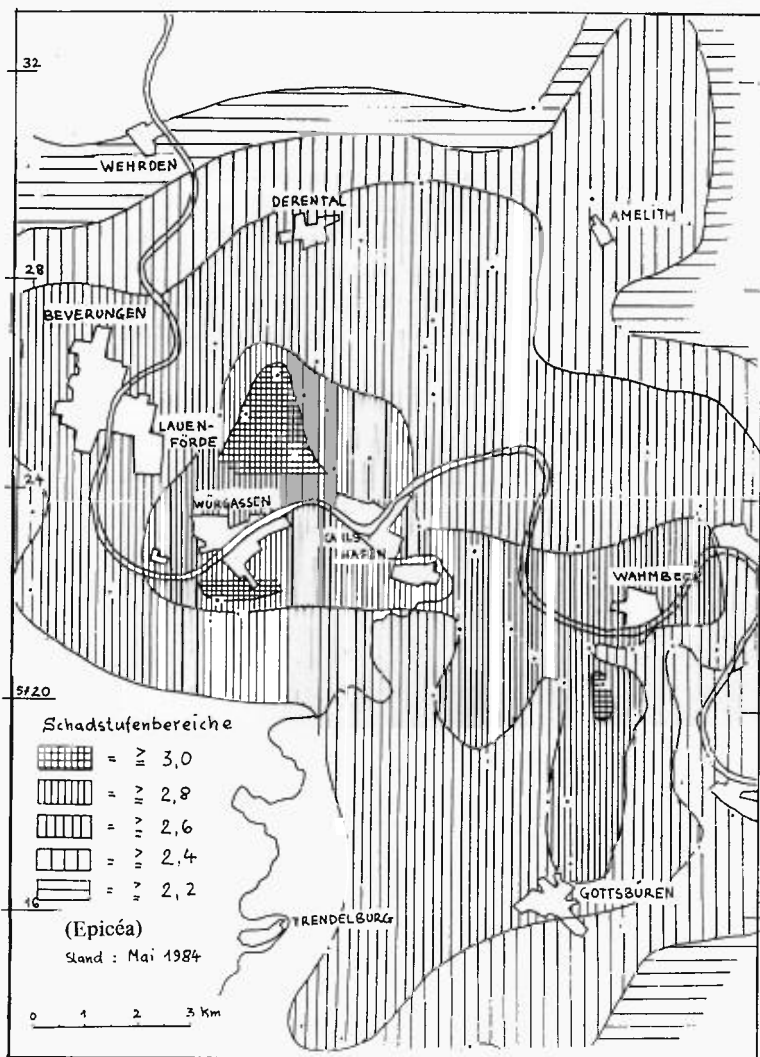
Lors d'interprétations récentes de ses cartes, le prof. Reichelt découvrit des îlots d'atteintes indiquant des dégâts également à proximité de centrales nucléaires en France et en Allemagne. Ils se trouvent en concordance avec les principales directions des vents locaux ou de la région (85). Ces îlots ne peuvent pas être expliqués par des produits toxiques soupçonnés jusqu'ici comme étant la cause du dépérissement des forêts. Cela concernait avant tout les centrales nucléaires d'Obrigheim, de Esenham et de Würzgassen en RFA ainsi que le réacteur à eau lourde de Brennilis (Bretagne) et de la centrale nucléaire de Bugey, près de Lyon. Dans ce cas, il ne s'agit même pas de recherches ciblées à priori sur les centrales nucléaires. Nous tenons à le souligner (85).

Ci-dessous, la représentation de la situation près de la centrale nucléaire d'Obrigheim (21, 35, 68).



Plus la surface est foncée, plus les dommages sont importants. La longueur des axes de la rose des vents correspond à la fréquence des vents dans la station de Buchen (à 25 km d'Obrigheim).

Sur une carte ciblée en mai 1984, le prof. Reichelt trouva ensuite le modèle des atteintes ci-dessous dans la région de la centrale nucléaire de Würgassen (83, 88). Plus les hachures sont foncées, plus les atteintes sont importantes.



Il arriva plus tard à l'hypothèse qu'il était fort probable que ce soit la centrale de Würgassen l'auteur principal du renforcement des atteintes. Plusieurs arguments étayés statistiquement se recoupent de telle façon qu'on pourrait même parler d'une preuve constituée par un faisceau d'indices concordants (88).

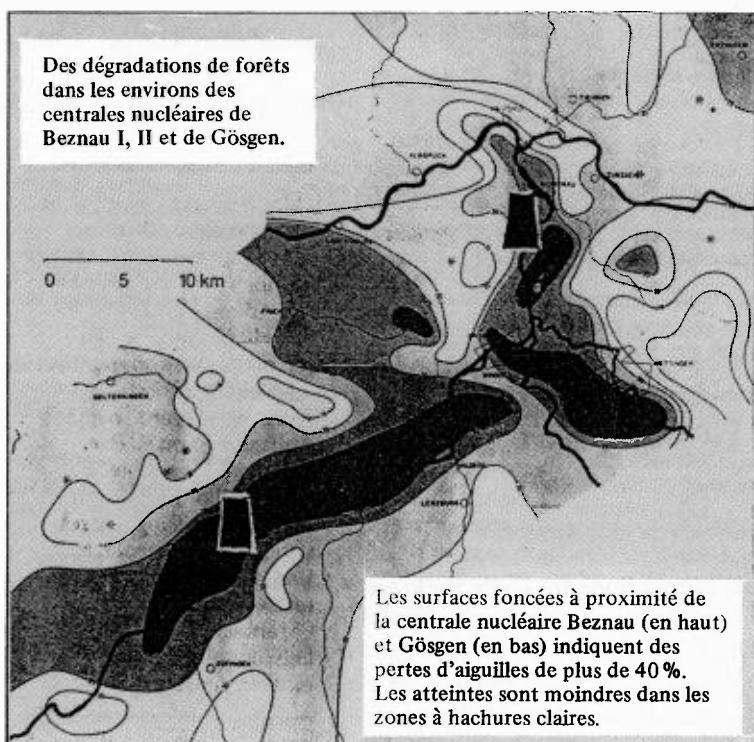
WWF: images d'atteintes forestières

Entre temps, le World Wildlife Found (WWF Suisse) avait été rendu attentif aux travaux de Reichelt. Le Bureau pour l'exploitation forestière et la planification de l'environnement à Rudolfstetten (AGI Suisse) établit sur demande du WWF un examen de dégâts des forêts autour des centrales nucléaires de Mühleberg, de Gösgen et de Beznau. Deux ingénieurs établirent ces cartes d'atteintes selon la méthode de Reichelt. De nouveau, on constata des valeurs extrêmes dans les environs immédiats des centrales et des îlots d'atteintes étendus. Les expertises conclurent que le recoupement spatial de centrales nucléaires et d'atteintes forestières était si étroit que l'on peut soupçonner une relation de cause à effet (142).

Pas de dégradations des forêts par la technique nucléaire ?

Les publications de l'illustration des dégradations de la centrale nucléaire d'Obrigheim dans *Natur* (67) et dans la *Basler Zeitung* (35) mirent les promoteurs du nucléaire en émoi. Ils réagirent de manière improvisée. Le prof. Reichelt fut dénigré de la manière habituelle. A la centrale d'Obrigheim, on lui reprocha d'avoir trouvé des dégradations dans des forêts qui n'existent même pas (Barth) (1). Mais tous les échantillonnages furent faits réellement dans des forêts, et on traça ensuite des lignes reliant les points ayant les mêmes niveaux de dégradation. La carte des isomales en question reproduit la dégradation géographique pour l'épicéa, indépendamment du fait qu'on trouve partout des épicéas (81). Ceux qui critiquaient ne possédaient pas même les connaissances techniques suffisantes.

On fit un autre reproche à Reichelt: les directions des vents près d'Obrigheim ne correspondaient pas (1). La revue *Natur* avait fait une erreur en indiquant que la rose des vents valait pour Obrigheim. Reichelt indiqua cependant que dans son manuscrit original, elle valait pour une étude sur des hêtres, à 25 km de là. A cette époque-là, la rose des vents d'Obrigheim n'était pas encore à disposition. La direction des vents y change quelque peu. C'est ainsi qu'en été, le vent souffle à Obrigheim vers l'est, et en hiver vers l'ouest (selon une expertise sur laquelle s'appuie la centrale nucléaire) (69).



Pour la répartition des produits toxiques, les conditions des vents à l'endroit des émissions ne sont pas seules déterminantes. Des conditions météorologiques d'inversion et de répartition sous un vent absent ou très faible peuvent participer à déterminer le type de dégradations (88). Une publication de l'Office fédéral suisse pour la protection de l'environnement à Berne constata par la suite que Reichelt a infirmé les reproches de Barth (1) lors d'une conférence de presse du 26 juin 1984 à Berne.

Le centre de recherche nucléaire à Karlsruhe essaya, lui aussi, de contredire, par des considérations théoriques, les observations du prof. Reichelt dans deux publications (53, 54). Reichelt s'exprime ainsi par rapport aux modèles servant à ces calculs:

"Ils éliminent par exemple les fautes dues aux méthodes de mesures, aux variétés d'émissions et d'immissions, et prennent en considération de façon

incomplète des processus dynamiques – en particulier lorsque plusieurs facteurs y participent – qui ne peuvent, dans le meilleur des cas, être que des approximations auxquelles on ne peut pas attribuer une force probante ou une autorité décisive sur des effets observés (ou aussi des effets “possibles”) (...) En tout cas, des écarts entre les mesures réelles de la dégradation et du comportement prévu par les calculs sur des modèles ne rendent pas les mesures moins vraisemblables, mais devraient bien plutôt mener à un examen des modèles et de leurs présupposés.” (87) Partout où “la vie” est concernée, c’est l’effet observé qui est décisif. Cette réalité vivante ne cadre pas avec les calculs sur des modèles.

L’étude de Karlsruhe s’appuie de plus sur une étude faite sur des conifères et des feuillus qui ont été irradiés de l’extérieur par de fortes doses de rayons gamma. On est donc de nouveau face à des puissances élevées des doses (100). C’est ainsi que 50 % des chênes moururent lorsqu’ils furent irradiés en 16 heures avec 3650 rad (LD_{50})*. Pour un bois de pins, la dose nécessaire n’est plus que de 692 rad ($= LD_{50}$). Karlsruhe se rassure en constatant qu’avec la baisse de la puissance des doses, l’effet dégradant de la dose LD_{50} diminue; s’appuyant sur cela et sur d’autres calculs théoriques, ils déduisent que les plus faibles doses et les plus faibles puissances de doses sont inoffensives, c’est-à-dire qu’il est impossible que des dégradations forestières se fassent sous l’action d’émissions radioactives venant d’installations de technique nucléaire (53, 54).

Mais l’étude citée par Karlsruhe (100) admet elle-même qu’il manque encore beaucoup de connaissances pour se prononcer de façon fiable sur l’influence des retombées actives. De plus, on souligne la connaissance insuffisante de l’effet du rayonnement bêta et du rayonnement gamma. Ceci rend le transfert des effets (trouvés lors de doses élevées) sur les conditions des retombées encore plus difficile.

Il n’est certainement pas question dans le dépérissement des forêts de telles doses mortelles LD_{50} , ni de savoir si avec des doses plus faibles il meurt moins d’arbres. Selon l’hypothèse du stress, de laquelle nous devons partir aujourd’hui, il s’agit davantage de discuter si par exemple la vitalité des arbres n’est pas influencée de prime abord. Mais des dégradations à long terme ne sont pas non plus à négliger. L’étude citée par Karlsruhe (100) montre que même les connaissances radiologiques sont insuffisantes pour

* La valeur LD_{50} est la dose de radiations mortelle pour les 50 % d’êtres vivants irradiés.

pouvoir faire des prédictions sur les influences nuisibles sur la croissance et le rendement de futures récoltes. La dose LD₅₀ ne renseigne pas beaucoup à ce propos. Même chez les hommes et les animaux, la dose LD₅₀ donne peu de renseignements sur le spectre entier des effets dégradants lors de faibles doses radioactives!

Les rapports de Karlsruhe (53, 54) se réfèrent ensuite à une étude de l'Agence internationale pour l'énergie atomique (IAEA) de 1981 qui était orientée vers l'étude du comportement du tritium dans des systèmes écologiques pour déterminer la signification biologique de ce radio-isotope dans différentes conditions naturelles. Les expositions des surfaces sous irradiation étaient aussi très élevées, de trois à cinq ordres de grandeur au-dessus des valeurs possibles des installations de technique nucléaire. Selon Karlsruhe, on n'a pas pu constater d'atteintes sur les plantes. C'est pourquoi il n'est pas imaginable qu'il puisse y avoir des dégradations forestières pour des doses de tritium se manifestant dans la technique nucléaire. Mais l'effet Petkau n'est absolument pas cité.

Cette étude dit "que le tritium pourrait être un motif de grande inquiétude pour l'environnement à la fin du siècle" (44). Tout un catalogue de recherches nécessaires est établi, qui démontre à quel point nos connaissances sont lacunaires, mais aussi combien nos craintes sont grandes à propos du tritium libéré de façon tellement irresponsable dans l'environnement. Et des effets possibles synergiques (des effets complexes de produits toxiques) n'ont pas été pris en compte.

Et lorsque le gouvernement fédéral allemand répond à une motion parlementaire en été 1984: "Eu égard à la relation entre le dépérissement des forêts et l'énergie nucléaire, il n'existe pour le gouvernement fédéral aucune nécessité de continuer des recherches" (21), il devient apparent que de telles recherches sont indésirables.

Que de faibles doses puissent avoir des effets plus nocifs, on l'avait déjà découvert en 1967. A l'époque, on étudiait l'influence possible des cellules Hela dans de l'eau contenant du tritium sur la vitesse de croissance des racines dans des semences (*Vicia Faba*) (37). A une puissance élevée de dose de 32 rad par heure (0,32 Gy), il résultait une atteinte de moitié moindre que pour une puissance de 0,5 à 3 rad par heure (0,005 à 0,03 Gy). Cette dernière reste pourtant 10 000 fois plus grande que la puissance de dose naturelle! Il faut donc s'attendre qu'avec l'effet Petkau des puissances très faibles de doses puissent être relativement plus nuisibles même sur les plantes — qu'on ne pourrait l'attendre des essais avec des puissances de doses élevées.

L'exemple de la plante *tradescantia* montre le faible pouvoir de démonstration des expériences réalisées avec des doses radiologiques trop élevées. Le rapport BEIR de 1972 (3) signale que cette plante, irradiée par une forte puissance de dose de 30 à 40 rad par jour (0,3 à 0,4 Gy) pendant 15 semaines, subit une influence. Mais le savant japonais Sadao Ichikawa (de la Faculté d'agriculture de Kyoto) trouva dans des fleurs de *tradescantia* plantées aux environs de centrales nucléaires des changements génétiques spontanés se situant déjà à 30 % au-dessus de la moyenne (45). Pour cette variété de plantes, les mutations génétiques des étamines du bleu vers le rose se remarquent particulièrement facilement.

D'autres augmentations importantes de fréquences de mutations dans la *tradescantia* furent relevées à 10 kilomètres au sud-est d'Esensham (RFA) dont la centrale nucléaire d'Unterweser est proche (63, 85). Et c'est près de cette centrale que le prof. Reichelt observa des atteintes dans des réserves d'épicéas (85).

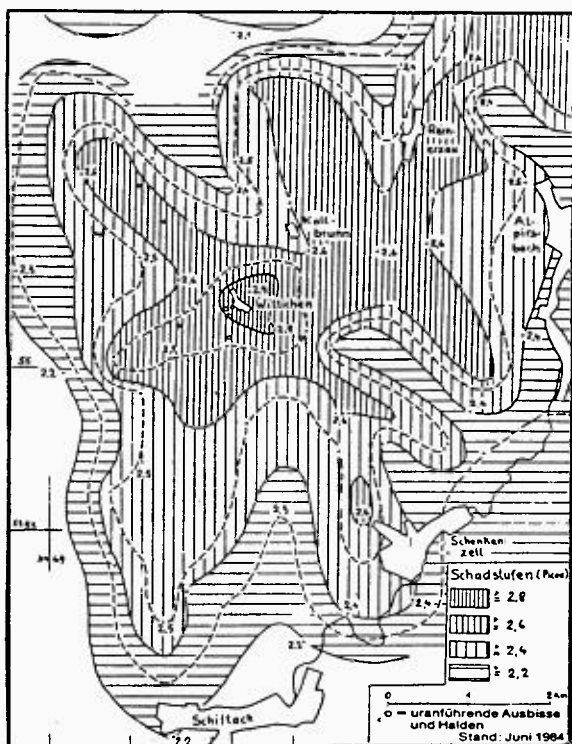
Le soupçon se concrétise ainsi également pour le monde végétal, les situations expérimentales avec des doses élevées et des puissances élevées de dose ne fournissent que des résultats incomplets. *Tout cela devrait être examiné de façon urgente.*

Le travail de Reichelt au sujet d'Obrigheim avait déjà été accepté au mois de janvier 1984 par la revue d'un niveau élevé *Forstwissenschaftlichen Centralblatt* et y a paru en septembre 1984 malgré toutes les critiques faites par les spécialistes pronucléaires (1, 53, 61). Cela pourrait vouloir dire que ces critiques ne sont pas prises au sérieux. Le prof. Schütt est d'ailleurs membre du comité de publication de cette revue.

Les dégradations des forêts à proximité de mines d'uranium

Il s'agit là d'un des plus importants travaux de Reichelt à propos de l'influence de la radioactivité sur la dégradation en forêt. Il fut alerté par des géologues sur l'effet possible des mines d'uranium. Reichelt dressa la carte de six gisements de minerai d'uranium dans la forêt de l'Oberpfalz (Palatinat) et dans la Forêt Noire avec pour résultat que les atteintes étaient beaucoup plus importantes à proximité immédiate du gisement et qu'elles diminuent après 2,5 kilomètres (69, 84, 86, 87).

L'illustration ci-dessous montre le quadrillage des anciennes mines d'argent et de cobalt contenant de l'uranium. Plus les surfaces sont foncées, plus les atteintes forestières sont importantes (84, 86).



Schadstufen = degré d'atteintes
uranführende Ausbisse und Halden = trous crassiers contenant
 de l'uranium

Carte des atteintes forestières autour des mines contenant de l'uranium près de Wittichen dans la Forêt Noire.

Malgré un faible taux de SO_2 et de NO_x de l'air, de jeunes épicéas et sapins sont jaunes et rabougris. L'air contient cependant une radioactivité plus élevée à cause de la présence du radon, gaz rare naturellement radioactif occasionné par l'uranium.

Les surfaces autour de Wittichen montrent des atteintes très élevées. De là, les atteintes diminuent non pas de façon concentrique, mais dans toutes les directions avec des frontières irrégulières. Comme s'il y avait à Wittichen une installation à forte émission. Mais les quelques maisons sont de petites

maisons individuelles, un tout petit couvent, pas d'industrie produisant des éléments toxiques, pas d'usine. Et le résultat de la carte est confirmé par l'exploitation des images infrarouges aériennes de l'Institut de recherches et d'essais forestiers en juillet 1983 (84, 87).

Reichelt a fait entre temps les mêmes observations dans des mines d'uranium en France et dans le nord-est de la Bavière. "Dans plusieurs cas, l'observation des dégradations en forêt fut même un travail de détective, puisque des atteintes élevées ont conduit à la découverte de mines non inscrites sur les cartes" (82).

Il pense que la réaction découverte en 1975 par le prof. Vohra (directeur du Centre nucléaire indien à Bombay) devient ici efficace, c'est-à-dire que le radon radioactif cause une rapide transformation de SO_2 en SO_3 , en acide sulfurique (86, 88). Une faible teneur en radon, dès 50 picocuries par m^3 d'air, suffit à déclencher la réaction.

Pour Wittichen, en dessous du terril *Alte Schmiede*, l'ordre de grandeur de cette limite est atteint et même dépassé de beaucoup (88). Reichelt peut dans ce cas s'appuyer sur des mesures faites par Schmitz et al., en 1982, et calculer ainsi des valeurs de 11 000 à 135 000 pCi/ m^3 (166).

Selon Vohra, la concentration minimale nécessaire de SO_2 dans l'air est seulement de 5,2 microgrammes par m^3 . A Wittichen, elle est dépassée avec une moyenne de 20 microgrammes par m^3 d'air.

Reichelt admet que cette situation toxique pour les végétaux — par l'effet de SO_2 — est aggravée de façon décisive par la radioactivité et peut augmenter dans des proportions dramatiques lorsque la radioactivité se trouve sous forme d'aérosols dans le brouillard et la pluie. Un dépôt par temps sec de produits toxiques sur les aiguilles et les branches pourrait causer un autre effet, encore plus fort. Il attire l'attention sur Subba Ramu et al., 1981, qui ont montré que ces réactions activées par la radioactivité se déroulaient de façon beaucoup plus énergiques lorsque dans l'air humide, s'ajoute la présence d'ozone et d'hydrocarbure (88).

Il est remarquable que dans ce cas la radioactivité naturelle comme cause unique entre à peine en ligne de compte (88). Des photos de l'année 1956 prouvent en effet qu'à Wittichen il y avait des réserves particulièrement belles de sapins et d'épicéas. Les anciens terrils s'étaient à nouveau couverts de forêts. Mais depuis 1962, des dégradations dans l'étendue de la forêt sont intervenues. Visiblement les dégradations se formèrent sous l'action combinée de la radioactivité provenant des mines et de faibles quantités de produits toxiques fossiles dans l'air (par exemple de l'anhydride sulfureux).

Mission gouvernementale de recherche

Il est extrêmement significatif que le prof. Reichelt ait obtenu le 3 août 1984 une mission de recherche du Ministère du Bade-Wurtemberg de l'alimentation, de l'agriculture, de l'environnement et des forêts. Il devait procéder aux relevés des dégradations forestières dans des régions choisies de la République Fédérale.

Malheureusement une demande faite précédemment par Reichelt en vue d'un travail beaucoup plus vaste fut refusée: il s'agissait de faire des photos aériennes à l'infrarouge parallèlement aux relevés et d'analyser systématiquement des échantillons de feuilles et de terres pour y déceler des radioisotopes et des produits chimiques toxiques (88). Est-ce qu'on craignait un tel travail aussi ciblé, aussi dense et ample? Une mise en évidence plus tardive des relations pourrait être plus difficile du fait de l'abattage des arbres malades. Le prof. Metzner fut, par contre, chargé de fournir une bibliographie ayant pour thème "la radioactivité et les atteintes provoquées dans les organismes végétaux" (66, 88).

En avril 1985, la recherche du prof. Reichelt était terminée. Il put discuter de son travail avec des scientifiques. Les relevés traités ont été faits dans la période d'avril 1984 à octobre 1985, pendant laquelle 760 échantillonnages ont été effectués pour les cartes des isomales.

Parmi d'autres résultats, il constate que pour tous les relevés (sept centrales nucléaires et un terril de minerai d'uranium), des dégradations aggravées des forêts apparaissent de façon significative, même là où d'autres sources d'émissions sont à exclure (88). Il montre aussi que des émissions provenant d'installations nucléaires et des émissions industrielles se renforcent dans leur action de dégradations des forêts (Stade, Grundremmingen, Beznau) (88). Il note que ses images des dégradations sont corroborées par les photos aériennes officielles là où elles existent.

Le prof. Reichelt demande que d'autres recherches concrètes soient menées, mais pas par les centres de recherches nucléaires, pour assurer l'indépendance des examens.

F. Radiations et écologie des forêts

Tout, ou presque, reste à étudier

Lors d'expériences en laboratoire, il est important de savoir que pour des plantes ayant grandi dans des systèmes écologiques libres, l'atteinte peut dépendre d'une multitude de facteurs, pas seulement de la dose d'irradiation (100). On ne peut pas uniquement manœuvrer la dose.

L'atteinte dépend tout d'abord des augmentations relatives des quantités par rapport à un état primitif, lorsqu'il s'agit d'une façon écologique de penser (sans influence de la société développée). Et de tous les produits toxiques dus à la société développée, ce sont les radionucléides artificiels qui indiquent les taux d'augmentations les plus élevées par rapport à la production naturelle (138).

L'utilisation militaire et civile de l'énergie nucléaire est responsable de cette augmentation massive des produits toxiques radioactifs dans la biosphère. La pollution se fait aussi par des radionucléides (produits toxiques radioactifs), qui n'existaient pas autrefois ou uniquement à de très faibles quantités.

Par exemple, la concentration dans l'air de krypton 85 est augmentée de millions de fois par rapport à l'état primitif, et pour le tritium en Suisse, le facteur d'augmentation était de 700 fois en 1963 et encore 12 fois plus élevé en 1984 (valeurs moyennes annuelles) (23). Les produits toxiques provenant de l'énergie fossile classique ont augmenté au maximum d'un facteur 2 à 3 (82); dans certaines régions, on constata des augmentations jusqu'au facteur 9 pour NO_x (par exemple pour la Suisse dans la période de 1950 à 1982) (23).

Mais de telles moyennes annuelles peuvent induire en erreur. Elles ne sont pas seules décisives. Les êtres vivants réagissent aux charges de pointe et et non pas seulement aux valeurs moyennes annuelles, trompeuses sur les dangers. C'est ainsi qu'on peut mettre un homme avec une jambe dans de l'eau glacée et l'autre dans de l'eau à 80 degrés, pour ensuite affirmer qu'il ne lui arrive rien, puisqu'il se trouve dans une agréable moyenne de 40 degrés!

Dans sa recherche bibliographique déjà citée et récemment terminée (portant sur 800 titres), le prof. Metzner de Tübingen constate (147) que les isotopes radioactifs des gaz rares — pareils à l'iode dans la glande thyroïde de l'homme — peuvent s'accumuler de façon sélective dans des parties particulièrement sensibles des plantes (dans les membranes cellulaires, dans

les porteurs de l'information génétique d'une cellule ainsi que dans d'autres parties de la cellule telles que les chloroplastes et les mitochondries). Si on néglige cette possibilité d'accumulation, on ne pourra pas non plus prévoir les atteintes attendues dans l'organisme. Finalement l'accumulation de produits radioactifs dans les aiguilles et dans les feuilles pourrait, par exemple, par la chute de feuilles, mener vers une pollution des couches superficielles du sol, ce qui pourrait de nouveau provoquer des atteintes dans les racines particulièrement sensibles. La radioactivité pourrait retourner à nouveau dans la plante par les racines, de sorte qu'un cycle infernal s'installerait.

Metzner propose d'autres recherches pour examiner les accumulations radioactives dans les feuilles, les aiguilles et le bois dans les environs de centrales nucléaires. L'institut du prof. Münch de Heidelberg a déjà obtenu du Ministère de l'environnement une mission de recherche correspondante. Les mécanismes de concentration sournois de la radioactivité artificielle sont extrêmement décisifs. "On a des preuves certaines, par exemple, d'accumulations transcontinentales importantes de nucléides irradiants et de produits de décomposition provenant des retombées des bombes des années cinquante et soixante dans les feuilles, les aiguilles et les sols. Ceci est aussi valable pour le plutonium, le tritium, l'américum et le C 14. Ces accumulations vont quelquefois dans *des proportions allant de trois à cinq dizaines* (1000 jusqu'à 100 000 fois) par rapport aux niveaux des sources naturelles" (82, 138). *En ce qui concerne les produits toxiques classiques, de tels chiffres sont inimaginables.*

Le prof. Armin Weiss, de l'Université de Munich, constate que le dépérissement des forêts a débuté avec force dans toute la moitié nord du globe, lorsque les radionucléides de longue durée issus des essais de bombes atomiques ont pu atteindre les zones des racines des arbres (87, 138). Reichelt montre que beaucoup de nucléides d'abord introduits dans des feuilles et de la paille se sont ensuite introduits dans les racines par compostage. On peut donc facilement imaginer que la dégradation du sol qu'on observe un peu partout est à mettre en relation avec ces processus (82, 87).

L'effet Petkau dans les plantes

On a tout motif de s'inquiéter car l'effet Petkau se manifeste également dans les plantes. Comme pour les innombrables expériences faites sur des animaux, les recherches sur les plantes ont été réalisées presque exclusive-

ment avec des doses élevées et des puissances élevées de doses, par conséquent dans des zones tout à fait inadéquates!

C'est pourquoi le rapport BEIR de 1972 écrit (3):

“Il existe peu de données sur l'effet d'irradiation chronique faible sur des plantes. Des liliacées et des tradescantias ont subi une atteinte par irradiation de 30 à 40 rad par jour (durée de l'irradiation 15 semaines). Des conifères comme le pin ou l'if ont été irradiés par environ 2 rad par jour (99). Des effets chroniques se sont montrés chez des chênes qui avaient été irradiés pendant dix ans par environ 7 rad par jour.” (64)

Whicker, lui aussi, rend compte d'expériences d'irradiations dans la nature avec des doses bien trop élevées. En descendant jusqu'à 1 rad, on constata dans la forêt, lors d'une irradiation par rayons gamma, une réduction de la production de biomasse, et des couches annuelles du tronc plus serrées. On rapporte aussi des anomalies de croissance, une germination et une croissance amoindries. Il est vrai que dans certains cas isolés, on a également observé une production multipliée (stimulation). Dans ce cas, une concurrence réduite avec d'autres plantes ou des changements des conditions environnantes jouèrent sans doute un rôle. Des arbres en train de mourir peuvent par exemple améliorer les conditions compétitives (entre autres une plus grande ouverture à la lumière), d'arbres et de plantes plus résistants aux irradiations.

Zvitovski rend également compte d'une étude importante de la Commission américaine pour l'énergie atomique (AEC) (143) de l'époque. Elle devait clarifier l'influence du rayonnement ionisant sur des systèmes écologiques de forêts typiques d'Amérique du Nord. On prévoyait d'irradier pendant cinq périodes estivales consécutives. On installa une source de rayons gamma de 10 kCi de césium 137, et on irradiait les arbres quotidiennement pendant 20 heures (de 12.30 à 8.30 h). Dans le rayon d'essai de 150 m de distance, la dose totale de radiations se montait d'environ 60 à 50 000 rad. La dose quotidienne se trouvait entre 0,5 et 500 rad. Dans une zone de contrôle plus éloignée, on a également observé des arbres “non irradiés”.

Mais au lieu d'irradier durant cinq périodes estivales comme prévu, on ne l'a fait que pendant l'été 1972 (de mai à octobre) et en 1973, l'AEC a interrompu les autres irradiations, prétendument pour des raisons financières et d'autres priorités. La forêt fut cependant observée avant et après l'irradiation avec soin (1972 et 1973-74).

L'effet irradiant se manifesta dans des arbres morts ou en train de mourir par une multitude de phénomènes prématurés ou retardés tels que *bourgeonnement, décolorations de feuilles, chutes de feuilles, floraison et production de fruits*. Ce qui était caractéristique avant tout, c'était un trop *grand calme de la végétation*. On constate aussi une *feuillaison insuffisante*. Des effets commencèrent à se montrer un ou deux ans après l'irradiation ou bien montrèrent à ce moment-là seulement leur plein développement. A-t-on eu peur et arrêté les observations sans suivre le programme, bien qu'elles fussent devenues vraiment intéressantes (atteintes tardives)? Il faut ajouter que les différentes variétés d'arbres présentent des sensibilités très différentes aux irradiations.

Bien qu'un nombre effrayant d'effets nocifs contribuant parallèlement au dépérissement des forêts soient décrits dans cette étude, on a irradié durant ces expériences avec des puissances de doses bien trop élevées et de durées trop brèves. Des dégradations possibles par des irradiations durant des années par de faibles puissances de doses provoquées par une multitude de radionucléides artificiels — qui pourraient agir éventuellement sur le dépérissement des forêts — ne peuvent pas être saisis de cette façon. Tous les effets synergiques avec des produits toxiques d'origine fossile ne furent pas pris en compte.

Contrairement à ce qu'on a fait avec des animaux et des hommes, il semble qu'on n'ait pas encore procédé à des recherches sur les plantes, qui pourraient tester l'effet Petkau. Bien qu'on parle d'atteintes dans les membranes cellulaires des arbres par l'effet additionné de SO_2 et de NO_x , et également de l'ozone, on exclut l'effet de la radioactivité. Il faudrait rapidement clarifier si l'effet Petkau n'occupe pas aussi une position clé parmi les causes complexes des nouvelles dégradations forestières. Les produits de fission de la radioactivité artificielle agissent de l'extérieur par l'air sur les feuilles et les aiguilles, dans le sol sur les racines et, s'ils sont inclus dans la substance organique, aussi de l'intérieur sur les membranes cellulaires. Selon Schütt, les atteintes de membranes cellulaires peuvent avoir des conséquences écologiques allant très loin, entre autres sur la croissance des racines (110). Il faut noter aussi que le radon naturel, présent depuis toujours, a un rayonnement alpha et est pour cette raison relativement moins actif pour l'effet Petkau que le rayonnement bêta artificiel (celui du tritium par exemple). Lors de l'effet d'ionisation concentrée d'un rayonnement alpha dans un liquide cellulaire, un nombre croissant de radicaux libres d'oxygène s'associera à nouveau et perdra de ce fait sa dangereuse efficacité. Par contre, avec un rayonnement bêta pauvre en énergie, bien plus de radicaux

échapperont à l'association et auront de cette façon une chance plus grande d'atteindre la membrane cellulaire et de l'endommager.

Une étude du *Brookhaven National Laboratory*, New York, attire l'attention sur les lacunes des données radiobiologiques sur les plantes. En particulier lorsqu'il s'agit d'évaluer les effets nuisibles sur le monde végétal du rayonnement bêta et des effets synergiques possibles du rayonnement gamma.

Des études gouvernementales font sensation

Dans le rapport du Département fédéral de l'Intérieur (Suisse) du mois de septembre 1984, "Dépérissement des forêts et pollution de l'air", on admet pour la première fois officiellement des connaissances insuffisantes radioécologiques à propos du dépérissement des forêts (23):

"Comme d'autre part la plupart des recherches à propos d'effets biologiques d'irradiation radioactive se sont concentrées jusqu'ici sur l'homme, toutes les questions concernant les influences sur un système écologique comme la forêt ne peuvent pas encore trouver de réponses définitives."

Schütt avait déjà attiré l'attention (110) sur le fait que les travaux de recherche de Reichelt auraient comme effet que — contre la résistance des milieux pronucléaires — des premières séries d'expériences soient réalisées pour clarifier la relation possible entre la radioactivité et le dépérissement des forêts.

La plus grande sensation se situe en juillet 1985 lorsqu'une publication d'un office officiel de protection de l'environnement (Berne) confirma pour la première fois au monde le principe des résultats du prof. Reichelt (145). Tous les détracteurs pronucléaires de Reichelt sont désavoués, eux qui sans exception avaient avec la plus grande assurance affirmé qu'une relation entre la technique nucléaire et le dépérissement des forêts ne pouvait pas exister. Cela touche aussi le gouvernement fédéral allemand (21).

Le rapport de Berne ne fait pas que reconnaître explicitement la méthode de Reichelt pour le recensement des atteintes et la représentation cartographique à l'aide d'isomales comme étant une méthode valable, mais constate entre autres (145):

"Dans les environs de diverses centrales nucléaires et d'installations nucléaires (mines), des atteintes plus importantes ne peuvent se manifester qu'à des emplacements comparables mais sans installations

nucléaires. L'importance des nuisances est comparable à celles des zones qui se trouvent sous l'influence des émissions industrielles."

Cette déclaration va dans le sens des examens décidés par le WWF dans les environs des centrales nucléaires suisses. L'étude fait cependant une restriction, il reste encore à prouver la validité générale de la déclaration, et conclut: "L'exploitation des travaux ne permet pas encore actuellement un jugement définitif dans ce différend. Trop de questions ne sont pas encore clarifiées, trop d'hypothèses restent à élucider." Les auteurs du rapport croient qu'avec des programmes bien ciblés de recherche, on pourra trouver une explication générale, en l'espace de quelques années, sur le point de savoir si et dans quelle mesure des émissions radioactives provenant d'installations nucléaires participent à la dégradation des forêts (145).

Controverses

En 1985, en collaboration avec le physicien Roland Kollert, Reichelt a publié un livre sur ses recherches (160). L'Université de Heidelberg (prof. Fezer) a procédé à un relevé de contrôle des recherches de Reichelt près de la centrale nucléaire d'Obrigheim et a confirmé ses résultats. Deux groupes indépendants de chercheurs ont, comme Reichelt (qui avait une nouvelle fois affirmé sa méthode), constaté une augmentation de la dégradation de l'état des forêts près de la centrale nucléaire d'Ohu (RFA).

Mais les milieux officiels et économiques pronucléaires ne cèdent pas si facilement du terrain! On a affaire au même scénario que pour les statistiques sur la mortalité infantile due au cancer aux Etats-Unis. Comme on ne peut pratiquement plus contester les conclusions de Reichelt, on déplace le sujet. L'Office de recherches forestières de Fribourg-en-Brisgau se livre à de savants calculs par ordinateur pour déterminer l'importance de certaines variables (situation des arbres, espèces vulnérables, etc.) et aboutit au résultat qu'il n'y a pas de dégradation particulière (147, 158)... mais il se refuse à rendre publics ses modes de calcul. Reichelt conteste donc ces résultats (Schöpfer, 158) dans une revue spécialisée en juin 1986 (159) et demande à diverses reprises un examen des protocoles de recherche par un groupe de scientifiques indépendants. En 1988, cet examen n'a toujours pas eu lieu...

Coauteur du livre de Reichelt (160), Kollert a pris lui aussi position, dans une communication à l'Université de Brême sur la chimie de l'air et de la radioactivité (161). Il montre entre autre que le gouvernement alle-

mand n'est pas du tout intéressé par une recherche ciblée sur les relations entre la radioactivité et la mort des forêts!

Les promoteurs du nucléaire semblent paniquer. Des experts pronucléaires essayent de sauver la face. La clarification objective des causes complexes concernant le dépérissement des forêts est compliquée par le fait que la Commission fédérale de surveillance de la radioactivité réassure qu'on peut exclure une relation entre les centrales nucléaires et le dépérissement des forêts (149): l'office gouvernemental aurait simplement publié une étude d'une entreprise privée, sans en faire une évaluation (!) C'est cette évaluation que la commission entreprendrait à présent...

Cet exemple montre une fois de plus le degré des résistances à laisser pénétrer dans le champ politique de nouveaux acquis scientifiques qui contredisent la position officielle en faveur de l'énergie nucléaire.

Et une étude publiée en juin 1988 par la Station fédérale de recherches forestières de Birmensdorf sur les atteintes à la forêt dans la région des sites nucléaires de Beznau et de Würenlingen tient une relation entre la radioactivité et la mort des forêts pour peu vraisemblable, mais affirme clairement que les recherches actuelles ne permettent pas de se prononcer scientifiquement (157).

Malheureusement ce rapport ne demande pas que la démarche scientifique soit complétée. En Suisse comme en Allemagne, on ne veut pas chercher plus loin. Au reste, toute recherche ultérieure devra tenir compte des nombreux apports de Reichelt et d'autres. D'ailleurs, dès août 1988, Reichelt s'est inscrit en faux contre cette étude de Birmensdorf: la source principale des atteintes forestières réside sans aucun doute dans les dépôts nucléaires de Beznau/Würenlingen (162).

Perspectives générales

Si on lit aujourd'hui la littérature scientifique concernant la mort des forêts, on passe en revue tous les produits toxiques classiques et leurs effets, ainsi que leur répartition dans l'environnement. On cherche des valeurs limites pour les émissions de chaque composant: on présuppose qu'il est possible véritablement de prévoir les effets (c'est-à-dire que des charges de l'air identiques causent des nuisances identiques). Ce "principe de causalité" nous guide dans notre compréhension de tous les jours (9).

La science physique moderne a apporté avec la "théorie des catastrophes" (*Chaos-Theorie*) (19) un point de vue qui montre que ce principe de causalité n'est pas toujours valable. Beaucoup de systèmes sont extrêmement sensibles aux conditions initiales, et même de petites anomalies peuvent

avoir des conséquences énormes, "catastrophiques". *Ces causes semblables n'ont plus d'effets semblables* (19). Les prévisions météorologiques nous en donnent un exemple: malgré tous les calculs des ordinateurs, elles gardent une marge d'incertitude car le système atmosphérique est trop complexe (19).

Ainsi voilà que le Dr B. Bucher de l'Institut fédéral de recherches forestières à Birmensdorf indique dans la *Forstwissenschaftliches Centralblatt* (4/1984) que le phénomène du dépérissement des forêts conditionné par les émissions pourrait devenir plausible par la théorie des catastrophes (9). "Même de très faibles différences dans les paramètres de l'environnement naturel (conditions environnantes), par exemple les conditions météorologiques ou bien des circonstances dues aux lieux, auront des effets décisifs et imprévisibles sur les plantes, pour une "charge" similaire de l'air." (9)

On admet de façon générale que les produits toxiques naturels peuvent être augmentés jusqu'à un certain seuil. Cela peut être valable pour certains composants. Mais déjà pour deux produits toxiques, cela ne peut plus être accepté. C'est ainsi que le NO_x , sous forme de gaz, a un effet "engrais", c'est-à-dire un effet positif. Lorsqu'il y a en même temps du SO_2 , la croissance est ralentie, par conséquent l'effet est négatif (9).

A cause des principes de la théorie des "catastrophes", la preuve scientifique de la responsabilité des émissions concernant le dépérissement des forêts ne pourrait éventuellement pas être apportée, selon Bucher, on devrait en rester à la preuve épidémiologique* (9).

Aujourd'hui on exige que la charge de l'environnement par des produits toxiques classiques comme SO_2 , NO_x et les hydrocarbures (et les métaux lourds) soit réduite à l'état des années cinquante. On doit essayer le plus rapidement possible d'atteindre cela à l'aide d'installations de filtres adéquats, de catalyseurs et de prescriptions en ce qui concerne les qualités des combustibles fossiles utilisés. Somme toute, il y va de notre base vitale. Mais même tout cela ne pourrait pas suffire. D'après des calculs faits par les ordinateurs de l'Institut d'analyse systémique appliquée à Laxenbourg (Autriche), *le dépérissement des forêts s'accélérerait de lui-même*. Toujours plus d'arbres malades et moins d'arbres sains filtreront moins de produits toxiques dans l'air de sorte que même en cas de rejets réduits, la

* Preuves épidémiologiques concernant le dépérissement de la forêt: des images de dégradations des forêts obtenues par des cartographies et des photos aériennes par exemple.

teneur en produits toxiques dans l'air restera identique ou pourrait encore augmenter!

Cet institut fait preuve de peu de scientificité en excluant au départ de ses calculs l'influence de la radioactivité, bien qu'elle ait des effets catalytiques sur des produits toxiques d'origine fossile. La technique nucléaire ne doit pas tout simplement être "oubliée" dans la recherche de la dégradation forestière. Les premiers signes du dépérissement des forêts coïncident avec la première apparition de la radioactivité artificielle dans notre environnement, à la suite d'essais de bombes atomiques et de la technique nucléaire développés dans les années cinquante et soixante, comme avec les autres développements industriels. C'est pourquoi il faut aujourd'hui, de façon prioritaire, clarifier complètement l'influence de la radioactivité sur notre environnement.

Même le sol meurt

Ce n'est que ces dernières années qu'on a reconnu le devoir urgent de protéger le sol. On tient d'importants colloques, on établit des expertises (148). La conception de la protection du sol admise jusqu'ici est insuffisante. Le Dr O.J. Furrer de la Station fédérale de recherche en chimie agricole et sur l'hygiène de l'environnement déclare à ce sujet (31): "Le sol est un système écologique bien stable (...) Des atteintes par produits toxiques apparaissent de ce fait rarement. Des effets à long terme sont cependant d'autant plus inquiétants; si des produits toxiques s'accumulent de plus en plus dans le sol, ils peuvent conduire à n'importe quel moment à des dégradations graves. Un sol contaminé de cette façon ne peut plus être assaini dans bien des cas. Le dommage est irréparable, le sol est perdu, mort (...) Pour déterminer des valeurs limites pour la quantité de produits toxiques tolérée par le sol, on est parti de la supposition d'une teneur totale acceptable par le sol et on a prétendu que cette teneur n'est pas atteinte avant une longue période (par exemple 100 ans). Le plus souvent on n'a pas pris en compte la totalité de tous les produits toxiques de toutes les sources d'émissions, mais on a déterminé des valeurs limites pour certaines sources, par exemple: l'air, les boues d'épuration, l'eau."

Furrer demande (31) que le sol ne soit pas protégé pour un certain temps, *mais pour toujours*. Les sols présentent des capacités très diverses pour l'immobilisation de produits toxiques, et il faudrait donc tenir compte de toutes les sources de produits toxiques, c'est-à-dire de la pluie, de l'air, des engrais chimiques, des produits pulvérisés, des boues d'épuration, des compostes de déchets et de la poussière. Une protection à long terme ne

serait possible que si la circulation des substances reste en équilibre. Il n'est pas admissible qu'on fasse entrer sans cesse plus de produits toxiques dans le cycle qu'on ne peut réduire ou qui ne peuvent pas quitter le cycle.

La situation est par conséquent beaucoup plus grave qu'on ne le pense aujourd'hui. J.B. Bucher croit que les troubles et les dégradations forestières actuelles doivent amener à cette conclusion: il ne peut absolument pas subsister de "seuil d'atteinte" (9). Un tel changement ne mènerait pas au chaos: il faudrait élaborer des modèles scientifiques en accord avec un changement de la société sur de nouvelles bases éthiques. Une politique de prévoyance écologique devrait viser à l'élimination des plus grands risques. Dans une telle société moderne, l'énergie nucléaire n'aurait évidemment pas de place. Il est tout à fait clair qu'il faudrait dès aujourd'hui interdire le rejet de radioactivité artificielle pour protéger le sol: elle n'est pas désintégrable dans le sol et peut – dépendant de facteurs complexes – s'accumuler de plus en plus dans la biosphère (3).

IV. Conséquences à caractère sociopolitique

Le prof. F.A. Tschumi, professeur de biologie de l'environnement à l'Université de Berne, a déclaré, il y a quelques années déjà, que trois piliers importants de notre société reposent sur des bases qui ne sont plus conformes à l'environnement: notre morale individualiste, notre éducation scolaire et l'ordre économique (125, 126).

La morale individuelle problématique

L'homme moderne reconnaît sa responsabilité *en premier lieu* envers l'individu humain, sa famille et l'Etat. Mais il ne reconnaît que bien mal sa responsabilité à l'égard de l'humanité en tant que population, des systèmes écologiques et même de la biosphère. Sans connaissances concernant l'écologie, on croyait autrefois que "la vie" c'était l'individu.

Cette attitude a permis à l'humanité de s'accroître au point que les systèmes écologiques risquent de s'effondrer. Or, sans systèmes écologiques, l'individu ne peut pas vivre. Le planning familial est par conséquent devenu une condition pour la protection de la vie sinon toutes les mesures en faveur de l'environnement ne serviraient à rien à long terme. Un tel plan-

ning familial devrait se baser sur une conception éthique de parents responsables et devrait être présente avant de donner naissance.

Il est normal de protéger par tous les moyens les hommes malades, faibles et menacés de mort. Mais ce n'est possible que par des formes de régularisation sur une base supra-individuelle !

Nous devons accorder la priorité à la protection de la vie entière sur terre. Par analogie, on prend conscience d'une responsabilité au niveau des systèmes écologiques et finalement même de la biosphère. Cette "responsabilité planétaire" nécessaire, nous devons y faire face. Ce devoir impliquera la démarche décisive de se contenter de respecter le merveilleux cycle de la nature et de s'y insérer à nouveau.

Tout homme qui se sent aujourd'hui responsable envers son prochain, sa famille, sa profession et l'Etat pourra admettre cette nouvelle responsabilité (ou devra un jour la reconnaître). Malheureusement trop de gens, malgré une grande intelligence et un savoir étendu, sont encore dans l'ignorance à ce sujet. Il n'existe pas non plus un engagement de la société. Ni la politique, ni la science, ni la technique ne se sentent engagées vis-à-vis de cette nouvelle dimension.

Une éducation scolaire mal orientée

La mauvaise conception de notre éducation scolaire est aussi responsable de la triste situation actuelle de l'environnement. Elle néglige les principes de base nécessaires à la vie dans une société développée. Apprendre les facteurs qui influencent notre environnement ne représente qu'une petite part de notre formation.

On s'attarde trop sur des disciplines liées au passé, et même dans ce cadre, on ne prend pas en compte la continuité des événements historiques se rapportant à la vie, ni les relations écologiques qui sont indispensables pour comprendre la situation actuelle de notre environnement et pour penser l'avenir. On ne transmet que les bribes d'une éducation qui nous prépare pour l'avenir. L'écologie devrait devenir une branche prioritaire dans chaque école.

Quelle que soit son orientation professionnelle, chaque futur citoyen trouve à l'école, comme jamais dans le passé, la possibilité d'acquérir des connaissances et des savoir-faire... qui ne lui donnent pourtant pas les moyens de reconnaître, de comprendre et d'aider à éliminer nos problèmes d'environnement. Presque toute la scolarité tend encore à préparer les jeunes à faire le meilleur parcours sur les voies habituelles de notre société

de performance et de consommation. La pensée technico-économique reste prépondérante.

Depuis peu, les politiciens parlent volontiers d'un équilibre qu'on est en train de chercher entre l'économie et l'écologie. A quelque exceptions près, il ne s'agit que de vœux pieux: il manque les préalables à des mesures vraiment efficaces. Une conception autoritaire du pouvoir des voies légales sont autant d'entraves. D'autre part, il ne faut pas perdre de vue que, trop souvent, il manque l'intérêt pour une réflexion vers le futur (exemple: l'énergie nucléaire).

C'est pourquoi la formation de la plupart de nos scientifiques est toujours orientée dans le sens de l'économie et de la technique et forme ainsi des aides dociles. Ces scientifiques ne réfléchissent pas trop pour savoir si leurs travaux se justifient sous l'angle de la vie en général et de l'avenir. Ils voient leur responsabilité uniquement dans le secteur délimité de leur activité. Ils le font en totale conformité avec une science si suffisante à elle-même, et sans problèmes d'éthique. Il est sûr qu'il existe des amorces de changements dans la façon de penser, mais elles n'ont actuellement encore aucune signification pratique. De tels scientifiques prennent leurs perspectives à ras du sol comme l'image du monde. Cela ne veut pas dire que nous n'avons pas besoin de spécialistes. Bien au contraire. Mais il devrait y avoir des gens dont le champ de vision ne soit pas rétréci par des connaissances trop spécialisées et une situation de dépendance, qui puissent donc être capables de penser les phénomènes dans le cadre d'une conception écologique. C'est là qu'il faudrait introduire une nouvelle conception de la formation, dans laquelle la technique nucléaire n'aurait aucune chance!

Un ordre économique faussé

Le troisième pilier pourri, c'est notre ordre économique faussé à la base. Il méprise, on l'a déjà dit, des principes importants d'écologie: il renonce à un système de cycle, néglige les porteurs d'énergies renouvelables, et consommateurs et producteurs manquent des agents producteurs de décomposition pour leurs déchets. Sur cette base, seule une toute petite partie de l'humanité peut arriver à un confort de plus en plus grand. La constatation que les riches deviennent de plus en plus riches et les pauvres de plus en plus pauvres ne peut pas être rejetée comme un vulgaire slogan: il s'agit de la triste réalité. Elle nous apprend que beaucoup de choses qui nous paraissent normales, se perdent pour *tous* les hommes — nous pouvons y inclure notre santé. En devenant plus riches, nous mettons en danger de plus en plus ces conditions de vie que les hommes ne peuvent

pas créer, mais qu'ils peuvent simplement conserver (par exemple la forêt, la mort des forêts, l'extermination d'espèces végétales et animales, l'empoisonnement du sol, l'érosion, l'empoisonnement de l'atmosphère).

Une pensée donnant la primauté à la technique et à l'économie avec de fausses mesures de valeur nous a amenés dans un monde en ruine, mais plaisant et confortable. Nous nous jouons des scénarios dans lesquels l'homme n'a presque plus besoin de travailler de ses mains mais peut aller dans des centres de remise en forme, se nourrit d'aliments synthétiques et profite, grâce à des ressources dirigées par ordinateur, de tout le confort possible et d'une mobilité de plus en plus grande. Ceci ne semblait pas tellement faux il n'y a pas encore si longtemps. En tout cas Eugène Rabinowitsch, ancien rédacteur en chef du *Bulletin of Atomic Scientists* écrivait ce qui suit en 1972: "Les seuls animaux dont la disparition pourrait menacer la capacité biologique de vie de l'être humain au monde, ce sont les bactéries qui vivent normalement dans notre corps. Pour tous les autres, il n'existe pas de preuve convaincante que l'homme ne puisse pas survivre comme unique espèce animale. Si des procédés économiques pouvaient être développés pour synthétiser des aliments issus de produits inorganiques — ce qui pourra être réalisé tôt ou tard —, l'homme sera même indépendant des plantes dont il dépend encore aujourd'hui pour sa nourriture..." Rabinowitsch ne semble manifestement jamais avoir entendu parler d'écologie.

Il faut renoncer à de telles conceptions — conséquence d'une formation erronée — et s'orienter autrement. La technique et le développement n'ont un sens que s'ils ne se dirigent pas *contre* la nature, mais se trouvent dans une relation d'échange *avec* elle, qui prenne en compte les limites de la capacité de "charge" des systèmes écologiques et de notre propre santé.

La disparition possible de forêts, d'espèces animales et végétales ne peut pas seulement s'exprimer en valeurs monétaires (comme des pertes pour l'économie politique) si ces calculs montrent, par exemple, qu'une destruction des forêts coûterait des milliards aux régions montagneuses. Mais ce n'est pas le problème central. Il y a des valeurs supérieures qu'on ne peut pas exprimer en chiffres. Il y va de la création et des fondements de la vie en général.

L'économie actuelle se trouve devant un tas de déchets. Le prof. C. Binswanger de l'Université de St-Gall avait déjà fait allusion de façon précise aux données totalement nouvelles de la situation (5). Selon lui, la dépendance entre les problèmes écologiques et économiques conduit vers de nouvelles dimensions de la théorie économique. Il attire l'attention sur

Aristote qui avait déjà fait la distinction entre deux sortes d'“économies”. Le penseur grec oppose un art “naturel” de gagner sa vie à un art de gagner sa vie allant à l'encontre de la nature. Alors que le premier représente une économie dirigée vers les besoins en denrées vitales et d'autres choses nécessaires à la vie, le deuxième pourrait être placé au même niveau que l'économie financière. Binswanger pense que le premier devrait prendre à nouveau plus d'importance dans le commerce mondial, et qu'il faudrait avant tout y inclure la sphère écologique. Le terme économie prendrait à ce niveau plus élevé une nouvelle dimension. Economie et écologie se fondraient en une nouvelle unité, qu'on ne peut aujourd'hui que seulement pressentir (5).

Le prof. W. Kapp de l'Université de Bâle pense aussi “que l'économie politique n'a pas anticipé les effets de la technologie moderne sur l'environnement (qui) se trouve devant des tâches totalement nouvelles”. Les systèmes économiques devraient être considérés comme des systèmes ouverts, qui forcent à prendre en considération des questions écologiques et même aussi à une façon de penser interdisciplinaire (5).

Des économistes perspicaces ont reconnu depuis longtemps qu'une conscience nouvelle, capable de penser en relation avec l'écologie, est nécessaire dans l'idée que “la vie”, aussi celle de l'homme, ne dépend pas de la technique, mais de la capacité fonctionnelle des systèmes écologiques naturels.

Tout cela ne veut pas dire qu'il faille démolir l'économie et l'industrie. Au contraire! Mais nous devons faire connaître les limites de la technique et des sciences “autosuffisantes”. Seule une population informée sera prête à des renoncements qui ont souvent été exigés, et à un changement de mentalité. De plus, il ne s'agit pas uniquement de renonciation, mais d'un abandon conscient de besoins éveillés artificiellement. Personne ne voudrait faire un échange entre un standing de vie élevé contre la maladie, les infirmités et la mort.

C'est pourquoi l'information et encore l'information sont d'autant plus nécessaires. On doit procurer au citoyen, dans son langage, les résultats de la science d'un point de vue écologique global. Il faut qu'on parle davantage des merveilleux cycles biologiques et des merveilles de la nature et de l'intelligence insaisissable qui se trouve derrière la création et qui a produit tout cela, au lieu uniquement d'apparentes contraintes économiques, de pollution classique de l'environnement et d'empoisonnement.

La catastrophe de Tchernobyl en mai 1986 devrait montrer clairement à chaque homme que le “moindre risque” de l'énergie nucléaire était inac-

ceptable. Elle a démontré à chacun les nouvelles formes de pollution par des produits de fission radioactifs, et en même temps notre impuissance à nous en protéger. Dans les mass médias et dans les écoles, il faut maintenant montrer ouvertement le caractère inacceptable de l'énergie nucléaire. Son abandon doit être exigé partout.

Il faut discuter des fondements de notre santé qui est finalement ancrée dans un sol biologiquement actif à conserver par des méthodes biologiques proches de la nature, en relation avec une technique faisant des économies d'énergie, une technique de petite ou moyenne dimension à la mesure de la nature et de l'homme.

Tchernobyl et la véritable prise de conscience qui a suivi auront des conséquences économiques et sociales qu'il ne faut pas craindre si elles amènent une population désormais consciente à refuser un développement catastrophique basé sur la destruction de nos bases vitales. Il est urgent de développer une nouvelle responsabilité: protéger la vie sur une base écologique. Ce livre tente d'y apporter sa contribution.

V. Les conséquences de Tchernobyl

A Tchernobyl, il est arrivé le 26 avril 1986 ce qui n'aurait jamais dû se produire: un réacteur civil à graphite a été détruit par une importante explosion d'hydrogène. De ce fait, des produits de fission radioactifs ont été libérés et rejetés loin dans l'atmosphère. Les vents transportèrent les retombées au-delà de la Pologne orientale et des Pays Baltes vers la Suède orientale, où la radioactivité a été enregistrée pour la première fois le 28 avril près de la centrale nucléaire Forsmark, au nord de Stockholm (2).

Selon les affirmations du *service responsable de la sécurité des centrales nucléaires en Suisse*, une énorme activité de 30 à 50 millions de curies (1.10^{18} - 2.10^{18} Bq) fut libérée en l'espace de 10 jours (erreur $\pm 50\%$). Les gaz rares qui se sont dégagés ne sont pas contenus dans ce chiffre. Ont été libérés 10-20 % d'isotopes volatiles, tels l'iode, le césium et le tellure, 3-5 % d'isotopes lourds volatiles, tels le barium le strontium et le plutonium, 2,8-4 % de la quantité totale de combustible fut rejetée, c'est-à-dire environ 15 tonnes, dont 1,8-2,5 % déposés dans un rayon de 20 km, le reste de 1-1,5 % à une distance plus grande.

Un incendie de graphite suivit l'explosion, incendie qui dura plusieurs jours, et pendant ce temps de la radioactivité continuait à se dégager. Des vents changeants répandirent les radioéléments dans diverses directions. Le 29 avril, ils atteignirent l'Autriche, le 2 mai la Turquie (2). La catastrophe irradia presque toute l'Europe. Le 9e jour après l'explosion, une partie des retombées s'étendit sur la France et l'Espagne dans la direction de l'Afrique du Nord (2). Le premier nuage de retombées partit vers Terre-Neuve en passant par le nord-ouest de la Suède, pour aller en direction du continent nord-américain (2). Une troisième partie avançait vers le sud, vers l'Arabie, l'Iran et l'Afghanistan. Une quatrième enfin, par la Sibérie, vers la Mongolie et la Chine (2).

Environ 200 radioéléments différents se sont déposés de cette façon sur l'Europe Centrale. Ils ne contenaient que de petites quantités de certains éléments, tel le plutonium, puisque certains avaient été déposés dans les environs du lieu de la catastrophe.

Le degré de pollution des différentes régions ne dépendait pas seulement de la nature et de la quantité des radioéléments contenus dans les nuages qui passaient, mais essentiellement des conditions météorologiques, en particulier des quantités de précipitations.

Parce qu'on ne peut ni la calculer, ni la maîtriser, l'homme est impuissant devant l'ampleur d'une pollution lors de pareilles catastrophes. *Ni dans des ordres de grandeur semblables, ni dans les irradiations à un niveau plus profond, une protection radiologique, telle que le citoyen se l'imagine, n'est possible.*

En Wurtemberg oriental, on trouve une irradiation allant jusqu'à 164 000 Bq/m² avec une part de 20 % de rayonnement de longue durée. L'Institut IFEU de Heidelberg compte avec une irradiation moyenne du sol de 20 000 Bq/m² en Allemagne (1). Dans les dispositions allemandes de protection radiologique pour la contamination superficielle (pollution du sol), la valeur limite est de 3700 Bq/m² en dehors des zones d'entreprises sous surveillance (1). En dépassant ces valeurs limites, il faudrait installer, selon ces dispositions, des signaux d'alarme aux radiations en quantités suffisantes, bien en vue et durables! Voilà comment se présente la vraie irradiation!

L'irradiation jusqu'au 10 mai par césium 137 (demi-vie 30 ans) se trouvait en Bade-Wurtemberg autour de 10 000-30 000 Bq/m², soit 2 à 5 fois aussi élevée que la quantité déposée les trente dernières années par les essais de bombes atomiques (1, 2). En Suisse, on a mesuré une activité de césium allant jusqu'à 26 000 Bq/m² au sol (3.2). L'irradiation naturelle fut multipliée par moment de 2 à 18 fois! En particulier, le canton du Tessin subit à la suite de violents orages une forte pollution. C'est ainsi que la consommation des poissons du Lac de Lugano était encore interdite en juin 1988 — à cause d'une teneur trop élevée en césium.

Aux Etats-Unis, une augmentation de la radioactivité fut enregistrée pour la première fois le 7 mai sur la côte est à Vermont et dans l'Etat de New York près d'Albany. Les eaux de pluie contenaient le 11 mai près de Montpelier (Vermont) 61 Bq/l (2). C'est là qu'on trouva en même temps la plus forte irradiation du sol de 455 Bq/m² par l'iode 131, c'est-à-dire 100 fois moins qu'en Europe (2). Selon le prof. Sternglass, elle atteignit pour l'homme dans certaines régions 37-74 Bq à la suite d'ingestion combinée de radioactivité par la respiration, le lait et les légumes, de sorte que des charges de la glande thyroïde de 400 à 800 mrem apparurent chez des fœtus dans le nord-ouest et le nord-est des Etats-Unis. Ceci se trouvait sous

les valeurs limites du gouvernement que Sternglass estime beaucoup trop élevées.

Pour que le cours des choses puisse continuer normalement dans la Communauté Européenne, les dispositions ont été adaptées à la pollution, et on fixe des valeurs limites particulièrement élevées:

- 600 Bq/kg pour toutes les denrées alimentaires y compris l'eau potable:
- 370 Bq/l pour le lait, ce qui vaut aussi pour des femmes enceintes et des jeunes enfants. A ce sujet, la CIPR écrivait en 1984 déjà que nous avons des connaissances insuffisantes en ce qui concerne le comportement du métabolisme et de la sensibilité radiologique de l'embryon et du fœtus. De nouveaux radioéléments pourraient même s'avérer plus dangereux (4). En outre, un représentant de la CIPR confirma lors de la réunion sur Tchernobyl à Berne en 1986 que pour l'apparition de retards mentaux à la suite d'irradiation *in utero* (dans le sein de la mère), il n'y avait pas lieu d'admettre une dose seuil (3.4).

Tout ce qui se trouve sous les valeurs limites de la Communauté Européenne est présenté comme consommable sans problème. C'est ainsi que la population est induite en erreur en ce qui concerne les risques. Même des denrées alimentaires, dont l'irradiation se trouve au-dessus des valeurs limites de la CEE, sont courantes en Europe. On a constamment trouvé de tels produits, comme par exemple du lait en poudre pour les pays sous-développés, du thé turc, des noisettes en Suisse, des herbes sauvages en France, du maïs en Italie, etc. Il n'est pas possible de tout contrôler.

Selon les calculs de l'Institut IFEU à Heidelberg, le risque individuel d'atteintes tardives en Allemagne dans les prochaines 70 années est de 1:1000 à 1:4000 pour des habitudes moyennes en matière de nourriture. On compte également avec un accroissement du nombre de tumeurs de 15 000 à 60 000, c'est-à-dire pour l'Europe: 150 000 à 600 000 (1). Dans des régions à fortes irradiations, le risque se trouve même de 1:250 à 1:1000 (1). Cependant les experts parviennent à des données très variables. Parmi les experts suisses pronucléaires, certains comptent pour les prochaines 70 années avec 300 cas mortels de cancer supplémentaires. Le prof. Gofman (Etats-Unis) arrive au chiffre de 600 000 pour l'Europe. Le prof. Gale — qui exécuta des transplantations de moelle épinière sur des victimes de Tchernobyl — croit qu'il y aura 150 000 cancéreux rien qu'en Allemagne, en Pologne et en Italie. La Communauté Européenne calcula pour son territoire 1000 cas mortels de cancer supplémentaires.

Le prof. Sternglass prévoit une mortalité totale de plus d'un million d'hommes pour l'Europe dans les trente prochaines années. Il arrive à

ce chiffre élevé en tenant compte de nouvelles recherches en dehors du cancer: maladies cardiaques, des attaques d'apoplexie et maladies infectieuses. Le prof. Sternglass signale dans son rapport sur Tchernobyl (2) l'extrême danger du rayonnement bêta dans le corps. Il écrit: " La raison de cette grande toxicité est qu'à chaque émission d'électron depuis l'iode 131 correspondent quelques millions de volts d'énergie." Des millions de liaisons organiques de molécules peuvent ainsi être détruites dans des cellules vivantes. C'est pourquoi des radio-isotopes qui se concentrent dans certains organes — tels l'iode 131 dans la glande thyroïde, le strontium 90 dans les os ou la moelle osseuse — sont par unité de poids des millions de fois plus toxiques que les produits chimiques habituels poisons, comme le plomb et poisons tératogènes (causant des malformations) comme la thalidomide." (2)

Qu'on ne puisse pas encore évaluer de façon certaine les conséquences radiobiologiques de Tchernobyl, le Dr J.F. Valley de l'Université de Lausanne (Suisse) l'a affirmé dans son discours lors de la session sur Tchernobyl à Berne (1986). Les modèles d'évaluation contiendraient trop d'incertitudes (3.3). Un an après Tchernobyl, cela semble confirmé. Selon des comptes rendus de presse des médecins chefs de cliniques gynécologiques en Allemagne et en Suisse, on observe une recrudescence de malformations, de défauts cardiaques et de mongolisme chez des nouveau-nés. De plus, l'organisation pour l'environnement "l'Arche de Noé", dans l'arrondissement de Miesbach (RFA), a trouvé lors d'examens dans 122 exploitations agricoles un triplement des naissances de veaux mort-nés. L'irradiation du sol se montant dans cette région en automne 1986 à 30 000-50 000 Bq/m², seulement pour le césium 137.

Le problème non résolu des particules chaudes

Les masses d'air amenées de Tchernobyl contenaient de grandes quantités de fines particules de poussières microscopiques avec une radioactivité spécifique élevée (ce qu'on appelle *hot particles* ou particules chaudes). Elles peuvent pénétrer dans les poumons. On les connaissait déjà par les retombées des bombes, mais il s'agissait alors d'un rayonnement alpha (le plutonium entre autres). Les retombées de Tchernobyl, par contre, nous amenèrent avant tout des rayonnements bêta, dont l'irradiation possède un caractère tout différent. Introduit dans les poumons, les deux sortes d'irradiations forment des sources de radiations ayant ponctuellement une dose incroyablement élevée, mais il existe une différence décisive dans leur distribution de dose dans le tissu pulmonaire.

L'activité des particules de Tchernobyl se situait à près de 10-10 000 Bq par particule de poussière, et leur part générale à la radioactivité de l'air se trouvait dans l'ordre de plusieurs pourcents (3.6). Elles contenaient avant tout des radioéléments peu volatiles, tel le barium, le ruthenium, le zircon et le cérium (3.6, 3.10). On évalue la dose accumulée (additionnée) dans le poumon par une seule particule pouvant aller jusqu'à 10 mSv, c'est-à-dire à 1 milliard de rem! (3.7). Vous avez bien lu: 1 milliard de rem!

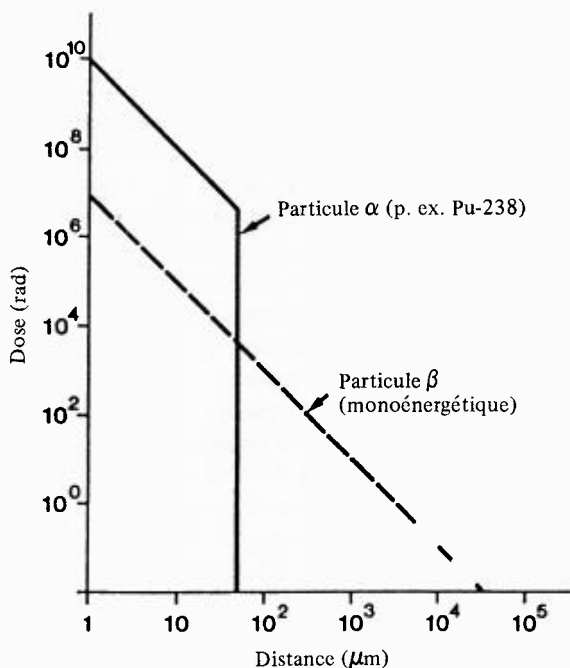
"Des recherches théoriques et épidémiologiques, ainsi que des expériences sur des animaux donnent une image complexe, et donc établir un modèle réaliste des effets ionisants dans l'entourage des particules chaudes n'est pratiquement pas possible", écrit le biologiste nucléaire W. Burkhart de l'Institut P. Scherrer (ex. EIR) (3.5). C'est que pour pouvoir faire des comparaisons on part, entre autres, de l'idée que l'irradiation élevée part d'un point pour se répartir régulièrement sur tout le poumon. On admet pour une part une courbe d'effet de dose linéaire, et pour une part une courbe quadratique. Or la possibilité de l'importante relation supra-linéaire (effet Petkau) n'est pas même citée (3.12). Personne ne peut dire aujourd'hui si et dans quelle mesure les dangers sont minimisés. On sait bien, par exemple, qu'il ne faut pas répartir sur tout le corps l'énergie d'un coup mortel sur le crâne! Les conséquences du coup en seraient minimisées. A vrai dire, dans 2 groupes de 25 anciens ouvriers du plutonium avec des particules chaudes dans leurs poumons, après 10 et respectivement 30 ans, des cancers du poumon ne se sont pas manifestés. Ils avaient cependant été pollués avec des rayonnements alpha (3.8). Pourtant, et pour différentes raisons, cela ne peut pas servir de preuve d'innocuité. Le débat sur ce sujet n'est pas encore terminé (7).

Les particules ionisantes bêta de Tchernobyl manifestent une toute autre répartition des irradiations dans le tissu pulmonaire et pourraient faire courir en principe des risques plus importants. La différence va être brièvement discutée:

1. Répartition de la dose lors d'irradiation alpha. Elle n'agit que sur de courtes distances. Seule une petite zone clairement délimitée reçoit une dose élevée dans un rayon d'un 50 millionième de mètre (50 μ m). Elle mène dans un laps de temps très court à la mort de la cellule. En dehors de cette zone mortelle, la dose n'a pratiquement pas d'effet (3.9). (Voir la figure) (3.13). C'est-à-dire à droite de la ligne verticale, sur laquelle les particules α sont indiquées par une flèche. La dose entière est ingérée de ce

fait par un tissu pratiquement mort, ce qui correspond à un “trou” dans le poumon.

Evolution différente des doses de radiations dans un champ de sources ponctuelles qui émettent des rayons alpha ou des rayons bêta



De tels “trous” issus de cellules mortes devraient être de “bonnes” cellules, parce que des cellules mortes ne peuvent plus se transformer en cellules cancéreuses (3.9). Cependant, ce raisonnement que la CIPR soutient aussi correspond à une morale qui n’est pas acceptable pour la protection de la vie. Un expert nucléaire connu pensait de la même façon que le problème du cancer par irradiation trouverait une solution dès qu’on aurait trouvé un médicament contre le cancer! Nous ne voulons pas de tels “trous” dans les poumons, même si ceux-ci se cicatrisent plus tard. La nature elle-même ne provoque pas ces “trous”, car il n’existe pas de particules chaudes naturelles!

2. Répartition de la dose d'irradiation bêta. Ici la répartition de la dose a un tout autre aspect (voir la figure), ce qui donne lieu aux plus grandes craintes. A droite du point d'intersection de la ligne hachurée (particule β) avec la ligne verticale des particules α à 50 μm (50 millionième de mètre), il existe une grande zone où l'irradiation bêta émet une dose non mortelle (zone grise), de sorte que des cellules peuvent devenir des cellules cancéreuses. Ce qui se passe dans cette zone grise, tant quantitativement que qualitativement, n'est pas vraiment connu car la dose diminue avec l'augmentation de la distance de la source irradiante *vers un ordre de grandeur proche de zéro*. Il y aurait à combler des connaissances lacunaires par la recherche scientifique!

Mais il existe une vive controverse sur le point de savoir combien de ces particules chaudes ont atteint la Suisse par exemple. Selon l'Institut P. Scherrer (ex EIR), seul un Suisse sur cent aurait depuis Tchernobyl une grande particule (2 μm) chaude dans ses poumons. Et seulement un Suisse sur deux aurait une seule particule chaude plus petite (0,43 μm) (3.5). Cette affirmation se base sur des mesures faites dans des filtres à air.

Le physicien suisse A. Masson a pu, par contre, déceler une grande quantité de particules chaudes, de différente activité, sur des échantillons de poussières de provenances diverses (5). Il les a trouvées dans la poussière des rues, sur des plantes et dans la terre, sur des boîtes aux lettres, etc. L'Université de Constance les a trouvées dans les déchets ménagers (3.14). En soulevant de telles poussières pour toutes sortes de raisons (par exemple: le vent, des travaux de jardinage, sur des aires de jeux d'enfants, en passant l'aspirateur), on a dû respirer — en plus de l'inhalation habituelle (sur laquelle s'appuie la recherche dans les filtres à air) — des particules supplémentaires totalement incontrôlables et on en respire encore!

La recherche nucléaire n'a pas enquêté sur ce sujet. C'est pourquoi Masson a proposé d'examiner des coupes de poumons et de ganglions d'animaux morts et d'hommes en vue de trouver des particules chaudes (6). Le problème des particules chaudes de Tchernobyl doit être considéré comme non résolu et ne peut pas encore être pris en compte dans les effets radiobiologiques de Tchernobyl. Lors d'une session de la Commission pour la protection de l'association suisse *Physicians for Social Responsibility* (PSR) à laquelle prirent part le Dr Masson, l'auteur et le biologiste nucléaire W. Burkhart de l'Institut P. Scherrer (ex EIR), ce dernier ne put pas écarter ni répondre aux préoccupations des médecins, de Masson et de l'auteur (6).

1986: un été mortel aux Etats-Unis

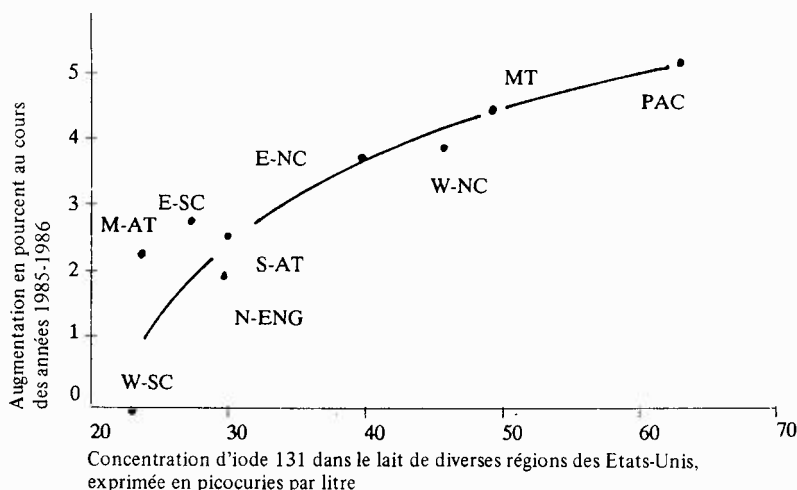
Le Dr Jay Gould de l'*Institute of Policy Studies* à Washington, statisticien renommé et ancien conseiller scientifique du gouvernement Carter, a publié récemment, en compagnie du prof. E.J. Sternglass de l'Université de Pittsburgh, une étude sur les effets possibles de Tchernobyl aux Etats-Unis. Cette étude a secoué l'Amérique (8, 9, 10, 12). Les chercheurs ont décelé, durant les quatre mois de 1986 qui ont suivi l'arrivée du nuage radioactif le 7 mai, un accroissement de la mortalité globale, un accroissement de la mortalité infantile (au cours de la première année de vie des enfants) et une diminution du taux des naissances.

Ces trois modifications constituant trois critères indépendants d'évaluation des effets mortels du nuage, et toutes trois étant en corrélation étroite avec l'accroissement de la concentration en iode 131 dans le lait, la probabilité d'un hasard se situe à moins de 1:1000!

Augmentation de la mortalité globale

Selon cette étude, 35 000 à 40 000 personnes *de plus* que d'ordinaire sont mortes durant les mois de mai à août 1986 aux Etats-Unis. La répartition saisonnière de la mortalité globale est très stable depuis 80 ans. En 1986, le taux a atteint sa plus haute valeur de ce siècle, se situant 1,3 % au-dessus de la valeur moyenne des années 1983-1985. Selon Gould, la probabilité d'un hasard est de 1:1 million.

Le tableau de la page 197 montre que dans la région West-South Central (W-SC), qui comprend l'Arizona, la Louisiane et le Texas, l'augmentation du taux des décès durant l'été 1986 en comparaison de 1985 a été nulle. Cette région fut aussi celle qui connut les plus faibles valeurs de radioactivité du lait. A l'opposé, la Pacific Region (PAC) connut les plus fortes concentrations d'iode 131. Dans cette région, la mortalité globale augmenta de 4,9 %. La Californie notamment, Washington et l'Oregon font partie de cette région.



Variation en pourcent de la mortalité globale dans diverses régions des Etats-Unis durant la période de mai à août 1986, en regard de la même période en 1985, comparée aux taux de concentration de l'iode 131 dans le lait.

Les analyses statistiques réalisées ont montré que la courbe d'effet supra-linéaire logarithmique bombée vers le haut de la figure ci-dessus possède un coefficient de corrélation extrêmement élevé, et que la probabilité d'un hasard n'est que de 1:1000 ($p < 0,001$). L'effet Petkau aussi se caractérise par une courbe d'effet logarithmique.

Augmentation de la mortalité infantile au cours de la première année de vie
 Là aussi, c'est la Pacific Region, où furent mesurées les plus fortes retombées, qui connaît l'accroissement le plus fort. Comme pour le taux de mortalité globale, une relation statistiquement significative s'établit avec le taux de concentration d'iode 131 dans le lait ($p < 0,02$). Pour l'ensemble des Etats-Unis, le maximum fut également atteint en juin 1986, soit un accroissement de 14%.

Recul des naissances

Dans l'ensemble des Etats-Unis, on constate un recul du nombre des enfants nés vivants. Durant les mois de juillet et d'août, ce recul est de 8,3% par rapport à avril 1986. C'est le taux de fertilité le plus bas jamais

observé (61,9 naissances d'enfants viables pour 1000 femmes âgées de 15 à 44 ans). Ici encore, les modifications régionales par rapport aux mêmes périodes de 1986 et 1985 manifestent une relation significative avec le taux de concentration de l'iode 131 dans le lait ($p < 0,002$).

Causes possibles

Le nuage radioactif a "traité" les 230 millions d'Américains comme des cobayes en laboratoire. Une expérience toutefois qu'on ne pourrait guère reproduire à cause du nombre trop élevé de cobayes qu'elle nécessiterait... Dans les neuf régions d'Amérique, les taux de concentration de radioactivité dans le lait ont varié entre 20 et 60 picocuries environ par litre (0,74 à 2,3 bequerels). En Europe, ces valeurs ont été de cent à mille fois supérieures! Que tous ne soient pas morts vient, selon le prof. Sternglass, du fait que la courbe d'effet supralinéaire croît fortement dans les petites valeurs pour s'aplatir ensuite. Les effets en Europe doivent néanmoins être plus intenses. Toutefois, en raison d'une population moins nombreuse d'une part, et faute de statistiques mensuelles détaillées concernant la mortalité, la maladie et la radioactivité de l'autre, il sera sans doute difficile de trouver en Europe des résultats analogues. D'autre part, à la différence des Etats-Unis, des interdictions ont été prononcées dans le domaine de l'alimentation et des recommandations faites dans celui des habitudes de vie. Ce qui peut fausser les résultats.

Abaissement de la barrière immunitaire ensuite des retombées

De telles nuisances frapperaient en priorité deux catégories de gens, les vieux et les faibles (y compris les fœtus et les nouveau-nés) ainsi que les malades. Ceux dont le système immunitaire a été affaibli à la naissance par les essais atomiques atmosphériques sont également menacés. Gould et Sternglass ont rencontré des cas de ce genre.

En comparaison de la moyenne des étés 1983-1985, les décès de sujets âgés de *plus de 65 ans* durant l'été 1986 ont crû de 7,4% aux Etats-Unis. On voit bien que quelque chose a dû hâter leur mort.

Durant la période de mai à août 1986, les décès par *pneumonie* ont été de 13,1% plus nombreux pour tous les groupes d'âges que durant la période correspondante en 1985. Les décès ensuite de *maladies infectieuses* se sont accrus de 22,5% et ceux causés par *le sida et les infections qui en découlent* ont même augmenté de 60,3%. Le tableau suivant montre que les modifications au cours des quatre premiers mois de 1986 furent bien plus faibles que durant les mois suivants et qu'au cours du dernier trimestre de 1986,

les taux ont de nouveau reculé. Une énergie mortelle a bien dû sévir ici aussi durant les mois de mai à août 1986.

Mortalité aux Etats-Unis en 1986			
nombre de décès ensuite de:	Changement en pourcent par rapport à l'année précédente		
	janvier à avril	mai à août	septembre à décembre
pneumonie	— 5,7	+ 18,1	— 3,4
toutes maladies infectieuses	+ 2,3	+ 22,5	+ 15,7
infections liées au sida	+ 11,6	+ 60,3	+ 19,8

Le Dr Gould a aussi découvert qu'en faisant abstraction des décès consécutifs aux accidents, au suicide, à l'abus de drogues et à la violence, le taux de mortalité des 25 à 34 ans accusait une augmentation de 5,3 % en 1986 par rapport à 1985. Ce groupe d'âge est né au cours des années cinquante, la décennie où eurent lieu le plus d'explosions expérimentales en atmosphère. Quand ce groupe a vieilli, son taux de mortalité a cru nettement plus vite que celui de sujets nés entre 1935 et 1944, donc avant les essais nucléaires.

Ces recherches de Gould et Sternglass, qui n'en sont qu'à leurs débuts, sont les plus importantes entreprises à ce jour pour évaluer l'effet de doses minimales de radiations sur des humains. Leurs résultats hautement significatifs corroborent par ailleurs les résultats de toutes les études présentées dans ce volume au sujet des effets biologiques de faibles doses de radioactivité. Ils montrent aussi de façon exemplaire la réalité d'une courbe d'effet supralinéaire dans le domaine des doses minimales, une preuve supplémentaire de la réalité de l'effet Petkau (11).

VI. Le Sida est-il provoqué par la radioactivité artificielle ?

Différentes causes qui auraient mené à l'épidémie du Sida ont déjà été citées. C'est ainsi que l'Association suisse contre les expériences sur les animaux affirme avec certitude que le Sida est né dans les laboratoires lors d'expériences sur les animaux avec des virus de cancer. Elle se réfère à des experts tel le prof. Segal, ancien directeur de l'Institut de biologie de l'Université de Berlin (2). Il manque cependant des preuves solides. On dit aussi que le virus aurait été produit dans des laboratoires qui travaillent pour la guerre biologique, et qu'il a été dispersé à partir de ces laboratoires (2). Ces hypothèses sont certainement fausses. On a la preuve qu'une famille norvégienne était contaminée par le virus HIV en 1966. Le père était marin et avait fréquenté des ports à diverses reprises avant 1966 (10). Mais avec une rapidité remarquable, la science s'est contentée de l'explication suivante: le virus HIV (autrefois appelé HTLV III/LAV) serait né par mutation d'un virus presque identique isolé en 1985 sur des cerpythèques verts (guenons) en Afrique Centrale et dispersé à partir de là. Mais en 1986, les prof. E. Sternglass (de l'Université de Pittsburgh) et J. Scheer (de l'Université de Brême) ont publié une hypothèse extrêmement explosive (3, 4). Elle peut s'appuyer sur différents indices. Les deux chercheurs attirent l'attention sur des aspects jusqu'ici inexplicables de l'épidémie du Sida: la forte augmentation des cas de Sida de 1980 à 1982 et la très forte concentration au début en Afrique Centrale, aux Antilles, ainsi que sur les côtes est et ouest des Etats-Unis.

1. Durant les essais de bombes atomiques, il s'est produit une mutation d'un virus humain ou animal ressemblant au virus HIV déjà existant, occasionnée par l'irradiation du rayonnement bêta du strontium 90 dans des cellules de moelle osseuse ou par d'autres radio-isotopes s'introduisant dans les os. C'est de cette façon que le virus du Sida aurait pu se former.

Mais il se pourrait aussi — ainsi que le chercheur français Montagnier l'affirme en 1987 — que le virus soit beaucoup plus ancien et qu'il se soit manifesté d'abord chez quelques espèces de singes et qu'il se soit répandu ensuite dans les populations de l'Afrique Centrale.

2. A l'époque des essais atmosphériques des bombes atomiques (point culminant en 1963) naquit un important groupe d'individus humains très sensibles. Leur système immunitaire était affaibli – peu avant ou un peu après la naissance, alors qu'il était en train de se développer – à la suite de l'irradiation des myéloblastes de la moelle osseuse par le strontium 90.

A peu près 18 ans plus tard, c'est-à-dire en 1980-1982, il y a eu une forte augmentation des cas de Sida lorsque ces enfants qui portaient en eux le virus mutant furent arrivés à maturité sexuelle et que la période de 3-5 ans entre contamination et mort fut passée. Avec la maturité sexuelle, les jeunes étaient exposés aux maladies sexuellement transmissibles. La multiplication des T-lymphocytes, si importantes pour leur résistance immunitaire, s'était déclenchée et en même temps l'apparition du virus HIV latent. Ce dernier utilise justement les T-lymphocytes pour sa multiplication et de ce fait elles meurent. C'est ainsi que le virus a pu se répandre dans des conditions qui lui sont favorables (par relations sexuelles ou bien directement par voie sanguine) (9).

90 % des retombées, et avec elles le strontium 90, parviennent sur terre avec les précipitations. *C'est pourquoi l'épidémie de Sida débuta, selon la nouvelle hypothèse, dans les régions à forte pluviosité*, telles l'Afrique Centrale ou les Antilles proches de la latitude géographique des endroits où se déroulèrent les essais de bombes atomiques dans le Pacifique et augmenta également dans les régions très pluvieuses des côtes ouest et est des Etats-Unis. Il y a beaucoup moins de cas de Sida dans les régions sèches d'Afrique du Nord et du Sud ou dans les plaines de l'intérieur du pays aux Etats-Unis. Les auteurs peuvent étayer également leur hypothèse par la teneur en strontium 90 dans la nourriture de ces populations. C'est ainsi que dans le Sud-Est asiatique il n'y a eu que peu de cas de Sida – bien qu'il y ait également de fortes précipitations de pluie – parce que le riz et le poisson ont un rapport bien plus bas en strontium/calcium que le lait, le pain, la viande, les fruits, les pommes de terre et les légumes qui prédominent dans la nourriture aux Etats-Unis, aux Antilles et en Afrique. (Plus le rapport strontium/calcium est élevé dans la nourriture, plus il s'insère de strontium dans les os.) Selon l'UNSCEAR 1962, on a trouvé, parmi 22 pays examinés, les plus fortes concentrations de strontium 90 dans les os précisément dans les pays tropicaux d'Afrique Centrale.

Malheureusement il n'est pas possible de citer tous les arguments que les auteurs présentent pour étayer leur hypothèse. Pourtant on donnera deux travaux importants:

— de nouvelles études en laboratoire ont montré que des radio-isotopes s'infiltrant dans les os tel que le strontium 90 et 89 qui ont été injectés à une souris, rendent inactifs de façon bien ciblée certains globules blancs qui se forment dans la moelle osseuse. Ce sont "les lymphocytes-killers" qui servent à résister à des globules porteurs de maladies et aux virus (5). On comprend aujourd'hui de mieux en mieux comment ces globules tueurs, par ailleurs au service de notre résistance immunitaire, détruisent leurs cibles (8).

— S'y ajoutent que même de très faibles doses de strontium 90 dans un domaine de 10 à 100 mrem causent un affaiblissement significatif des cellules de la moelle osseuse chez les rongeurs aussi, selon des études faites en laboratoire (6). Cet effet peut s'expliquer par une atteinte indirecte à la suite de la libération de radicaux d'oxygène O_2^- sur des membranes cellulaires (effet Petkau). Lorsqu'il y a moins de cellules de moelle osseuse, la moelle osseuse produit naturellement moins de cellules ayant leur importance pour la résistance immunitaire.

Le prof. Sternglass admet que l'une des conséquences les plus sérieuses des retombées est l'effet inattendu et persistant de longue durée de la faiblesse immunitaire acquise dans le sein de la mère déjà. Cette faiblesse peut passer inaperçue et se manifester seulement des années plus tard, lorsque le corps est frappé par des maladies infectieuses ou par les maladies transmises par une sexualité effrénée dans les pays les plus pauvres du monde, comme par exemple en Afrique Centrale et dans les Iles Caraïbes. Lorsque s'ajoute l'effet d'irradiation par des isotopes tel le strontium 90 faisant muter un virus déjà existant dans la moelle osseuse — ou qui se trouvait auparavant dans le corps — tout le système de résistance peut s'effondrer et la mort par maladies infectieuses ou par cancer survenir. C'est le cas pour le Sida.

Le prof. Sternglass a, depuis de nombreuses années déjà, attiré l'attention sur le fait que les lois actuelles pour la protection contre les radiations reposent sur l'hypothèse fausse que le cancer par irradiation se forme uniquement par une pernicieuse mutation dans le noyau cellulaire. Or on a constaté chez les victimes du Sida à quel point un système immunitaire intact est important pour la résistance au cancer. En cas d'effondrement de ce système, il ne se développe pas uniquement des maladies infectieuses,

mais également le cancer, en particulier le lymphome et le sarcome de Kaposi (un cancer de la peau mortel).

Depuis la découverte de l'effet Petkau en 1972, le prof. Sternglass a été le premier à soupçonner que l'irradiation pouvait augmenter tous les risques de santé. Et des recherches plus récentes rendent l'action de l'effet Petkau plus compréhensible. C'est ainsi que Sternglass attire l'attention sur une étude de Marx (1) qui montre l'importance des radicaux d'oxygène libres O_2^- générateurs de nombreuses maladies. Naturellement de tels radicaux ne se produisent pas uniquement par irradiation, mais également lors de réactions biochimiques. On reconnaît à présent pour la première fois concrètement de telles relations!

Sternglass fait une remarque importante (4, 7): le physicien A. Sakharov, prix Nobel et dissident célèbre, avait, *dès 1958*, prévu le rôle déterminant des radicaux libres dans les atteintes à la santé par les retombées — et ainsi l'affaiblissement de la résistance humanitaire de l'homme. Sakharov exprimait également la crainte que les retombées favorisent la mutation des virus vers des formes de virulence plus grandes (agressives).

Références

L'édition française de ce livre reproduit les références de la 3e édition allemande, augmentées des notes introduites par l'auteur jusqu'en juin 1988.
Les citations de la CIPR et de l'UNSCEAR ont été traduites d'après l'édition allemande. Seule la version anglaise fait foi.

Quelques abréviations:

- BEIR Reports of the Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation. National Academy of Science. National Research Council, Washington D.C. 2008
- CIPR En anglais: *ICRP*. (Publications de l')International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press Ltd, Oxford
- S. (abréviation allemande de *Seite*) = p. (page)
- UNSCEAR (Publications du) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, New York

I. Considérations écologiques

II. Bombes atomiques et énergie nucléaire

- 1 Arbeitsgruppe «Wiederaufbereitung» an der Universität Bremen: «Atommüll», Rowohlt Taschenbuch, 1977.
- 2 Archer V.E.: «Geomagnetism, cancer, weather and cosmic radiation». *Health Physics*, 34, 1978, S. 237–247.
- 3 Alvarez R.: «Radiation standards and A-bomb survivors». *Bull. of the Atom.Scient.* Okt. 1984, S. 26–28.
- 4 Barcinski M. et al.: «Cytogenetic Studies in Brazilian Populations exposed to Natural and Industrial Radioactive Contamination». *Am. J. Human Genetics*, 27, 1975, S. 802.
- 5 Basler Zeitung: «Bundesrepublik verbietet Rheumamittel». 27.1.1984.
- 6 Beaver County (PA)-Times: «State panel Questions, Radiation Safety». 7. Juni 1974.
- 7 BEIR 1972, S. 2, 18.
- 8 BEIR 1972, S. 22.
- 9 BEIR 1972, S. 44.
- 10 BEIR 1972, S. 45.
- 11 BEIR 1972, S. 46.
- 12 BEIR 1972, S. 48.
- 13 BEIR 1972, S. 56/57.
- 14 BEIR 1972, S. 58.
- 15 BEIR 1972, S. 62.
- 16 BEIR 1972, S. 69/70.
- 17 BEIR 1972, S. 83, Kapitel VII.
- 18 BEIR 1972, S. 90.
- 19 BEIR 1972, S. 91.
- 20 BEIR III, 1980, S. 3.
- 21 BEIR III, 1980, S. 72.
- 22 BEIR III, 1980, S. 80.
- 23 BEIR III, 1980, S. 96.
- 24 BEIR III, 1980, S. 98.
- 25 BEIR III, 1980, S. 110.
- 26 BEIR III, 1980, S. 180.
- 27 BEIR III, 1980, S. 193.
- 28 BEIR III, 1980, S. 243.
- 29 BEIR III, 1980, S. 31, 244.
- 30 BEIR III, 1980, S. 245.
- 31 BEIR III, 1980, S. 227–253 (E.P. Radford) S. 254–260 (H. Rossi)

- 32 BEIR III, 1980, S. 463–469.
- 33 Bleck J. & Schmitz-Feuerhake I.: «Die Wirkung ionisierender Strahlung auf die Menschen». Universität Bremen. Vertriebs-Nr. K 012, 1979.
- 34 Boeck W.L.: «Meteorological Consequences of Atmospheric Krypton-85». Science. 193. 16.7.1976, S. 195–197.
- 35 Brunner H.: «Die sanften Mörder, Warnruf oder Schauermärchen». Tages Nachrichten, Bern, 6.5.1972.
- 36 Brunner H.: «Buchbesprechung. Die sanften Mörder – Atomkraftwerke demaskiert». Broschüre des Sekretärs des Fachverbandes für Strahlenschutz, Zürich, 1972, S. 2 und 12.
- 37 Bucher J.B.: «Bemerkungen zum Waldsterben und Umweltschutz in der Schweiz». Forstwissenschaftliches Centralblatt. April 1984, S. 23/24.
- 38 Bulletin of the Atomic Scientists: «The Deepest Hole in the World». 29.6.1984, S. 1420.
- 39 Bulletin of the Atomic Scientists: «First Look at the Deepest Hole». 29.9.1984, S. 1461.
- 40 Bundesminister des Innern (BMI): «Strahlenschutz-Forschungsbericht 1982». St.sch. 812, Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS), Schwertnergasse 1, 5000 Köln.
- 41 Bundesminister des Innern (BMI). Strahlenschutz-Forschungsbericht 1982. «Radiologische Langzeituntersuchungen in bayerischen Oberflächengewässern». St.Sch. 501 GRS, 5000 Köln.
- 42 Burri M.: «Überforderte Geologen?» Basler Zeitung, 6.8.1981.
- 43 Chelack W.S.: «Radiological Properties of Acholeplasma Laidlawii B.». Canadian Journal of Microbiology. 20, 1974.
- 44 Costa-Ribeiro et al.: «Radiological Aspects and Radiation Level Associated with Milling of Monazite Sands». Health Physics, 28, 1975, S. 225.
- 45 De Groot M.: «Statistical Studies of the Effect of Low Level Radiation from Nuclear Reactors on Human Health». Proceedings of the 6th Berkeley Symposium. Juli, 1971. University of California Press.
- 46 Dertinger et al.: «Molekulare Strahlenbiologie». Heidelberger Taschenbücher Nr. 57/58. Springer Verlag 1969, S. 4.
- 47 Drake G.: «A Report on Selected Charlevoix Country Statistics for the Aliquippa Hearings». 31.7.1973, Dr. G. Drake, Petrosky, Michigan, USA.
- 48 Eidg. Expertengruppe «Dosiswirkung»: «Wirkungen kleiner Strahlendosen auf die Bevölkerung». Bericht vom Juni 1981, S. 73.
- 49 Field R.W. et al.: «Iodine-131 in Thyroids of the Meadow Vole (Microtus pennsylvanicus) in the Vicinity of the Three Mile Island Nuclear Generating Plant». Health Physics, Vol. 41, August 1981, S. 297–301.
- 50 Frankfurter Allg. Zeitung: «Das Risiko natürlicher und künstlicher Strahlung». Hans Zettler, 23.5.1984.
- 51 Fridovich I.: «The Biology of Oxygen Radicals». Science, 201, 1978, S. 875.
- 52 Fritz-Niggli H.: «Strahlengefährdung, Strahlenschutz». Verlag Hans Huber, Bern 1975, S. 81, 212, 211, 210, 208.
- 53 Fritz-Niggli H.: SVA-Informationstagung vom 22./23.11. 1982, Zürich-Oerlikon. Vortrag.
- 54 Fritz-Niggli H.: «Problematik von Risikoschätzungen». SVA-Bulletin, Nr. 13, 1983.
- 55 Gentry J.T. et al.: «An Epidemiological Study of Congenital Malformations in New York State». Am J. Pub. Health, 49, 1959, S. 497–513.
- 56 Global 2000: «Bericht des Präsidenten der USA» Verlag Zweitausendeins, Postfach, 6000 Frankfurt 61. S. 426/427.
- 57 Gofmann J.W. & Tamplin A.R.: «Bericht für den Untersuchungsausschuss über Luft- und Wasserverschmutzung für öffentliche Arbeiten. Senat, USA. 91. Kongress, 18.11.1969.
- 58 Gofmann J.W. & Tamplin A.R.: «Ein Kongress-Seminar». Strahlenlaboratorium der Universität Berkeley, 7./8.4.1970.
- 59 Gofmann J.W. & Tamplin A.R.: «Populations Control through Nuclear Pollution». Nelson Hall Comp., Chicago 1970.
- 60 Gofmann J.W.: «Radiation and Human Health». Sierra Club Books, San Francisco, 1981.

- 61 Graeb R.: «Die sanften Mörder — Atomkraftwerke demaskiert». Albert Müller Verlag, 1972, Rüschlikon-Zürich. Als Taschenbuchausgabe: Fischer Taschenbuchverlag, Frankfurt, 1974.
- 62 Hampelmann L.H.: «Lancet», 1983, S. 273.
- 63 Hänni H.P.: «Ist künstlich erzeugte mit natürlicher Radioaktivität vergleichbar?». Basler Zeitung, 13.5.1981.
- 64 Harrison J.M.: «Disposal of Radioactive Waste». Science, 226, 5.10.1984, S. 11—14.
- 65 ICRP-Publikation Nr. 8, 1966, S. 2.
- 66 ICRP-Publikation Nr. 8, 1966, S. 8.
- 67 ICRP-Publikation Nr. 8, 1966, S. 56.
- 68 ICRP-Publikation Nr. 8, 1966, S. 60.
- 69 ICRP-Publikation Nr. 26, 1977, S. 27.
- 70 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 10.
- 71 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 11.
- 72 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 23.
- 73 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 28.
- 74 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 31/32.
- 75 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 37.
- 76 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 57.
- 77 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 112/113.
- 78 ICRP-Publikation Nr. 14, 1969, S. 115/116.
- 79 ICRP-Publikation Nr. 22, 1973, S. 3.
- 80 ICRP-Publikation Nr. 22, 1973, S. 10/11.
- 81 ICRP-Publikation Nr. 22, 1973, S. 12.
- 82 ICRP-Publikation Nr. 22, 1973, S. 13.
- 83 ICRP-Publikation Nr. 22, 1973, S. 14/15.
- 84 ICRP-Publikation Nr. 26, 1977, S. 5.
- 85 ICRP-Publikation Nr. 26, 1977, S. 17. Ziff. 84.
- 86 ICRP-Publikation Nr. 26, 1977, S. 21.
- 87 ICRP-Publikation Nr. 26, 1977, S. 45—47. S. 18.
- 88 ICRP-Publikation Nr. 27, 1977, S. 14. Ziff. 41.
- 89 ICRP-Publikation Nr. 39, 1984, S. 1.
- 90 ICRP-Publikation Nr. 39, 1984, S. 2.
- 91 ICRP-Publikation Nr. 39, 1984, S. 4.
- 92 ICRP-Publikation Nr. 39, 1984, S. 7.
- 93 ICRP-Publikation Nr. 39, 1984, S. IV.
- 94 ICRP-Publikation Nr. 39, 1984, S. I.
- 95 Jablon S.: «Letters». Science, 213, 20.9.1983, S. 6/7.
- 96 Jacobi W.: «Die Grenzen der Strahlenbelastung». SVA-Tagung v. 23.3.1973, Zürich-Oerlikon.
- 97 Kaku M. & Trainer J.: «Nuclear Power, Both Sides». Norton Company, New York 1982, S. 109—133.
- 98 Kettenreaktion, Nr. 7, März 1984 (Ein Verein zur Unterstützung der Kernenergie), Alpenstrasse 63, CH-3084 Wabern.
- 99 Kistner D.: «Radionuklide und Lebensmittel». Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelforschung, Karlsruhe, 1962.
- 100 KUER (Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Schweiz), Bericht 1973, S. 104.
- 101 KUER (Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Schweiz), Bericht 1983, S. 2/3.
- 102 KUER (Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Schweiz), Bericht 1983, S. 8.
- 103 KUER (Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Schweiz), Bericht 1983, S. 12.
- 104 Landtag von Württemberg — 8. Wahlperiode. Drucksache 8/4482 vom 22.11.1983. Ministerium der Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung.
- 105 Lave L. et al.: «Low Level Radiation and US-Mortality». Working Paper Nr. 19—701. Juli 1971, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pa. USA.

- 106 Levy et al.: «Radiation induced F-center and colloidal formation in synthetic NaCl and natural rock salt». Nuclear Instruments and Methods». Bl., 1984.
- 107 Lewis R.: «Shippingport — the Killer Reactor?» New Scientist. 6.9.1973, S. 552/553.
- 108 Little J.B. et al.: «Plutonium-238 Exposure and Lung Cancer in Hamsters». Science, 138. 1975, S. 737.
- 109 Lorenz K.: «Über Gott und die Welt». Natur, Nr. 6, 1981, S. 27.
- 110 Mac Candy R.B. et al.: «Exp. Lung Cancer» Springer Verlag, 1974, S. 485.
- 111 MacLeod G.: «TMI and the Politics of Public Health». Prepared for Presentation for the New York City and Chapters of Physicians for Social Responsibility on Nov. 22, 1980. Columbia University, International Affairs Auditorium, New York City.
- 112 MacMahon B.: «Prenatal X-ray exposure and childhood cancers». J. Nat. Cancer Inst. Nr. 28, S. 1173—1191.
- 113 Mancuso T.F. et al.: «Radiation exposure of Hanford Workers Dying from Cancer and other Causes». Health Physics, 33, 1977, S. 369.
- 114 Manstein B.: «Im Würgegriff des Fortschritts». Verlagsanstalt, 1961, S. 167.
- 115 Manstein B.: «Strahlen». S. Fischer Verlag, Frankfurt, 1977, S. 47, 49—51.
- 116 Marshall E.: «New A-Bomb Studies Alter Radiation Estimates». Science, 212, 22.5.1981, S. 900—903.
- 117 Marshall E.: «Japanese A-Bomb Data Will Be Revised». Science, 214, 2.10.1981, S. 31/32.
- 118 Mays C.W.: Proc. 3rd International Cong. IRPA, Sept. 1973.
- 119 Mehring C.: «Immunitätslage der Bevölkerung nach Erhöhung der Umweltradioaktivität». Vitalstoffkongress, Montreux, 12.9.1972.
- 120 Morgan K.Z.: «Cancer and low level ionizing radiation». Bull. o. Atom. Scientists. Sept. 1978, S. 30—41.
- 121 Nagra: «Nagra aktuell». Nr. 9, 9.9.1984 (Nagra, CH-5401 Baden).
- 122 Nagra: «Nagra aktuell». Nr. 1, Jan. 1985 (Nagra, CH-5401 Baden).
- 123 Natarajan T. & Colton T.: «Mortality from Leukemia and Cancer». The Lancet. 13.5.1978, S. 1018.
- 124 Nakaoka A. et al.: «Evaluation of Radiation Dose from a Coal-Fired Power Plant». Health Physics, Vol. 48, Febr. 1985.
- 125 Neue Revue: «Atompfusch in Gorleben bedroht uns alle». 4.1.1985.
- 126 Neue Zürcher Zeitung: «Die Kontroverse über Kernenergie in den USA». 30.10.1972.
- 127 Neue Zürcher Zeitung: «Aufregung um Rheumamittel». 7./8.1.1984.
- 128 Neue Zürcher Zeitung: «Schadenersatz für Opfer von Atomtests». 12./13.5.1984.
- 129 Neue Zürcher Zeitung: «Atomenergie-Investitionsruinen in Amerika», 28./29.4.1984.
- 130 Neue Zürcher Zeitung: «Eingeschränkter Verbrauch von Rheumamitteln». Nr. 79, 4.4.1985.
- 131 New Scientists: «Radiation experts row over the lethal dose». 14.4.1983.
- 132 New Scientists: «High cancer rates found in nuclear plants». 11.10.1984. S. 3—4.
- 133 New York Times: 6. Jan. 1984.
- 134 Pauling L.: «Genetic and Somatic Effects of Carbon-14» Science. 14.11.1958, S. 1183—1186.
- 135 Petkau A.: «Radiation Effects with a Model Lipid Membrane» Canadian Journal of Chemistry, Vol. 49 1971, S. 1187—1196.
- 136 Petkau A.: «Effect of Na²² on a Phospholipid Membrane». Health Physics. 22. 1972, S. 239—244.
- 137 Pohl R.O.: «Health Impact of Carbon-14». Laboratory of Atomic and Solid State Physics, Cornell University, Ithaca, New York 14853.
- 138 Polykarpow G.G.: «Radioecology of aquatic organisms». North Holland Publ. Comp. Amsterdam. Reinhold Book Div., New York, 1966.
- 139 Radford E.: «New A-Bomb Data Shown to Radiation Experts». Science, 2212, 19.6.1981, S. 1365.
- 140 Rausch L.: «Mensch und Strahlenwirkung». Piper-Verlag, Frankfurt, 1977, S. 112/113.
- 141 Report by the Governor's Fact Finding Committee: «Shippingport Nuclear Power Station», Harrisburg, PA. 1974.
- 142 Rimland B. & Larson G.E.: «The Manpower Quality Decline». Armed Forces and Society, Fall 1981, S. 21—78.

- 143 Ringwood A.E. et al.: «Stress corrosion in a borsilicate glass nuclear wasteform». *Nature*, 311, 1984.
- 144 Rotblat J.: «The risks of atomic workers». *Bull. o. the Atom. Scientists*. Sept. 1978, S. 46.
- 145 Rotblat J.: «Hazards of low-level radiation». *Bull. o. Atom. Scient.* Juni/Juli 1981, S. 32–36.
- 146 Ruf. M.: Bayerische Biologische Versuchsanstalt, München. «Die radioaktive Abfallbeseitigung aus Atomreaktoren in die menschliche Umwelt, mit besonderer Berücksichtigung der Gewässer». *Zentralblatt für Veterinärmedizin, Beiheft* 11, 1970.
- 147 Ruf. M.: «Eliminierungs- und Rekonzentrierungsvorgänge bei der Ableitung von radioaktiven Abfallprodukten in Oberflächengewässer». *Nabd* 22, Verlag Oldenburg, München.
- 148 Russel W.L.: «Studies in mammalian radiation genetics». *Nucleonics*. 23, 1965, S. 53–62.
- 149 Sanders C.I.: «Carcinogenicity of Inhaled Plutonium-238 in the Rat». *Radiation Research*, 56, 1973, S. 973.
- 150 Science: «Assessing the Effects of a Nuclear Accident». Vol. 228, 5.4.1985, S. 31–33.
- 151 Scott et al.: «Occupational X-Ray Exposure with increased Uptake of Rubidium by Cells».
- 152 Segi M. & Kurihara M.: «Cancer Mortality for Selected Sites in 24 Countries». *Japan Cancer Society*. Nov. 1972, Tohoku University, Tohoku, Japan.
- 153 Shapiro B. & Kollmann G.: «Nature of Cell Membrane Injury to Irradiated Human Erythrocytes». *Radiation Res.* 34, 1968, S. 335.
- 154 Sutow W. et al.: «Growth status of children exposed to fallout radiation on the Marshall Islands». *Pediatrics*, 1965, Nr. 36, S. 721–723.
- 155 Schleicher R.: «Atomenergie, die grosse Pleite». *AVA-Buch* 2000, Postfach 89, CH-Affoltern a/A.
- 156 Schmitz-Feuerhake I.: «Die Wirkung ionisierender Strahlung auf den Mensch». *Teil A*, Nr. 8, 1979, Universität Bremen.
- 157 Schwab G.: «Der Tanz mit dem Teufel» (1958). *Verein für Lebenskunde*, Postfach 6, A-5033 Salzburg.
- 158 Schweiz. Bundesrat: «Schriftliche Beantwortung der Motion Schalcher». Nr. 76'391, vom 23.6.1976. *Kernkraftwerke, Immissionen*.
- 159 Sternglass E.J.: «Cancer relation of prenatal radiation to development of the disease in Childhood». *Science*, Juni 1963, S. 1100–1104.
- 160 Sternglass E.J.: «Infant Mortality and Nuclear Power Generation». *Hearings of the Pennsylvania Senate Committee on Reactor Sitting*. Harrisburg, Okt. 1970.
- 161 Sternglass E.J.: «Infant Mortality Changes Near a Fuel Reprocessing Plant». *Testimony before the Illinois Pollution Control Board, Norris, Ill. USA*, 10.12.1970.
- 162 Sternglass E.J.: «Proceedings of the Sixth Berkeley Symposium». *University of California Press*, 1970.
- 163 Sternglass E.J.: «Infantmortality Changes near the Big Rock Point Nuclear Reactor Power Station Charlevoix». *Dep. of Radiology, University of Pittsburgh*, PA. 6.1.1971.
- 164 Sternglass E.J.: «Infant Mortality Changes Near the Peach Bottom Nuclear Power Station in New York County». *Dep. of Radiology, University of Pittsburgh*, PA. 7.2.1971.
- 165 Sternglass E.J.: «Low Level Radiation». *Ballantine Books*, New York, 1972.
- 166 Sternglass E.J.: «Significance of Radiation Monitoring Results for the Shippingport Nuclear Reactor». *Dep. of Radiology, University of Pittsburgh*, PA. 21.1.1973.
- 167 Sternglass E.J.: «Evidence for Excessive Radioactive Waste Discharges from the Shippingport Power Station». *Dep. of Radiology, University of Pittsburgh*, PA. 11.4.1973.
- 168 Sternglass E.J.: «Radioactive Waste Discharges from Shippingport Nuclear Power Station and Changes in Cancer Mortality». *Dep. of Radiology, University of Pittsburgh*, PA. 8.5.1973.
- 169 Sternglass E.J.: «Testimony Relating to Health Effects of Shippingport Nuclear Power Station». *Dep. of Radiology, University of Pittsburgh*, PA. 31.7.1973.
- 170 Sternglass E.J.: «Environmental Radiation and Cell Membrane Damage». *Dep. of Radiology, University of Pittsburgh*, PA. 28.2.1974.

- 171 Sternglass E.J.: «Implications of Dose-Rate Dependent Cell-Membrane Damage for the Biological Effect of Medical and Environmental Radiation». Proceedings of the Symp. on Population Exposure», Knoxville, Tenn. 21.8. 1974.
- 172 Sternglass E.J.: «Recent Evidence for Cell-Membrane Damage from Environmental Radiation». Testimony EPA Hearings on Radiation Standards for the Nuclear Cycle. Wash. DC. 10.3.1976.
- 173 Sternglass E.J.: «Health Effects of Environmental Radiation». Cincinnati Engin and Scientists, Vol. 2, Okt. 1977.
- 174 Sternglass E.J. in J.O.M. Bockris: «Environmental Chemistry». Kapitel 15, S. 489. Plenus Press, New York and London. 1977.
- 175 Sternglass E.J. & Bell S.: «Fallout and the Decline of Scholastic Aptitude Scores». Presented at the Annual Meeting of the American Psychological Ass. New York, NY, 3.9.1979.
- 176 Sternglass E.J.: «Infant Mortality Changes following the Three Mile Island Accident». Presented at the 5th World Congress of Engineers and Architects. Tel-Aviv, Israel, 25.1.1980.
- 177 Sternglass E.J.: «Secret Fallout». McGraw-Hill Book Company, New York, 1981.
- 178 Sternglass E.J.: «Fallout and Sat Scores: Evidence for Cognitive Damage during early Infancy». Phi Delta Kappa, April 1983.
- 179 Stewart A.M. & Kneale G.W.: «Mortality experiences of A-bomb survivors». Bull. o. Atom. Scient., Mai 1984, S. 62/63.
- 180 Stobaugh R. & Yergin D.: «Energie Report der Harvard Business School». C. Bertelsmann Verlag, München, 1980.
- 181 Stokke T. et al.: «Effect of Small Doses of Radioactive Strontium on the Bone Marrow». Acta Radiologica. 7.1968, S. 321.
- 182 Strohm H.: «Friedlich in die Katastrophe» Verlag Association, 2 Hamburg 19. 1973, S. 30/31.
- 183 Strohm H.: «Friedlich in die Katastrophe» Verlag 2001, D-6000 Frankfurt, 1981, S. 186.
- 184 Tages Anzeiger: «Ausverkauf von Kernkraftanlagen in Amerika». 1.6.1984, Zürich.
- 185 Tages Anzeiger: «Schnelle Brüter unwirtschaftlich». Zürich, 14.12.1984.
- 186 Teufel D.: «Waldsterben, Natürliche und kerntechnisch erzeugte Radioaktivität». IFEU-Bericht Nr. 25, 1983, Heidelberg, S. 32/32b.
- 187 The Nuclear Engineer: Vol. 24, Nr. 3, Juni 1983.
- 188 Tokanuga et al.: «Breast Cancer in Japanese A-Bomb-survivors». Lancet, 1982, S. 924.
- 189 Torrey L.: «Radiation cloud over nuclear power» New Scientist, 24.4.1980, S. 197 – 199.
- 190 Tredici R.: «Die Menschen von Harrisburg». Verlag 2001, Postfach, D-6000 Frankfurt a/M 61 (1982).
- 191 Tschumi P.: «Symposium über den Schutz unseres Lebens». 10./12.11.1970, ETH, Zürich.
- 192 Tschumi P.: «Allgemeine Biologie». Verlag Sauerländer, Aarau, 1970.
- 193 Tseng J.: «Statistical Investigations of Possible Relationship between Nuclear Facilities and Infant Mortality». Northwestern University, Evanston, Illinois, Juni, 1972.
- 194 UNSCEAR 1962, S. 10.
- 195 UNSCEAR 1962, S. 34.
- 196 UNSCEAR 1962, S. 145.
- 197 UNSCEAR 1964, S. 7.
- 198 UNSCEAR 1966, S. 122.
- 199 UNSCEAR 1972, Vol. II, S. 403/404.
- 200 UNSCEAR 1977, S. 27.
- 201 UNSCEAR 1982, S. 8/9.
- 202 UNSCEAR 1982, S. 11.
- 203 UNSCEAR 1982, S. 16, Ziff. 88.
- 204 UNSCEAR 1982, S. 27.
- 205 UNSCEAR 1982, S. 30.
- 206 Von Middlesworth L.: «Small Quantities of I-131 in Thyroids of Sheep from Wales». Health Physics, Vol. 40, April 1981, S. 525 – 527.

- 207 Wahlen M. et al.: «Radioactive Plume from the TMI Accident. Xenon-133 in Air at a Distance of 375 Kilometers». *Science*, 8.2.1980, S. 639.
- 208 Weish P. & Gruber E.: «Radioaktivität und Umwelt». 2. Aufl., G. Fischer Verlag, Stuttgart, 1979.
- 209 Wenz M.: «Gorleben versalzen». *Natur*, Nr. 3, März 1985, Verlag Ringier, Zofingen.
- 210 Wesely J.P.: «Background Radiation as the Cause of Fatal Congenital Malformation». *Intern. J. Rad. Bull.* 2, 1960, S. 297.
- 211 Zofinger Tagblatt: «Britische Soldaten als Opfer». 10.1.1983.
- 212 Zofinger Tagblatt: «Gewähr im Wandel der Zeit». 25.6.1984.
- 213 Zofinger Tagblatt: «Mexico revidierte Energieplanung». 16.8.1984.
- 214 Neue Zürcher Zeitung: «Schweizer Fachleute über mögliche Gesundheitsrisiken nach Tschernobyl». 25.5.86
- 215 Morgan K.Z.: "ICRP Risk Estimates – An Alternative view". In "Radiation and Health". Editors R. Jones and R. Southwood. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 1987.
- 216 Weish P. et Gruber E.: "Radioaktivität und Umwelt". Fischer Taschenbücher, Stuttgart, 3.Auflage, 1986.
- 217 Tages Anzeiger, Zürich, du 4.5.87. "Risiken genetischer Schäden ist gering". (Le risque d'atteinte génétique est faible).
- 218 Gould Jay M.: "US Mortality and Three Mile Island" Released May 24, 1987. Public Data Access Inc. 30 Irving Place, New York City, NY 10003.
- 219 Petkau A.: "Radiation Carcinogenesis from a membrane perspective". *Acta Physical. Scand.*, 1980, 492, 81-90.
- 220 Petkau A.: Protection and Repair of Irridated Membranes". *Free Radicals, Aging and Degenerative Diseases*, pages 481-508, 1986. Alan R. Liess Inc.
- 221 Johnson Carl J.: "Some Studies of Level Radiation and Cancer in the United States". Presented at the University of Basle, Zürich and Lausanne. June 1987. Contient 47 indications bibliographiques.
- 222 Burri Marcel: "Qu'en faire? Les déchets radioactifs: un problème non résolu." 1984. Editions d'en bas. 1000 Lausanne 17, case postale 304.
- 223 Strohm Holger: "Die Ansteckung. Was Sie alles über Aids wissen sollten". Rowohlt Verlag, 1987. (La contagion. Tout ce que vous devriez savoir au sujet du Sida).
- 224 Spiegel, 16.11.87, no 47. "Das Virus muss nur noch fliegen lernen." (Il faut simplement que le virus apprenne encore à voler).
- 225 NRPB Supplement to Radiological Protection Bulletin no. 86, 1987, Chilton, Didcot, Oxon. Statement from the 1987 Como meeting of the ICRP.
- 226 The Guardian Weekly 137: 22, 29.11.87. "Radiation workers face increased cancer risk" by Shyama Perera.
- 227 Johnson C.J.: "Mortality among Plutonium and other radiation workers at a Plutonium weapons facility" *American Journal of Epidemiology*, Vol. 127, No. 6, 1988.
- 228 Office fédéral de la santé publique: "Risques liés aux radiations et leur problématique", Berne. Juin 1987. Etude d'un groupe d'experts sur les relations dose/effets destinés à la Commission fédérale de la protection contre les radiations.
- 229 Graeb R.: "Die Realität des Petkau-Effekts". Vortrag gehalten am Symposium "Die Wirkung niedriger Strahlendosen auf den Menschen" vom 26/27.2.88 am Institut für Strahlenbiologie, Universität Münster (BRD). Im Druck, Springer Verlag).
- 230 Energie und Umwelt, Nr. 1, März 1988. "Der Treibhauseffekt und die Atomkraft oder wie Argumente sich verflüchtigen." Schweiz. Energiezeitung, Sihlquai 67, 8005 Zürich.
- 231 GSIEN/CRII-RAD: "Santé et Rayonnement" – Effets cancérigènes des faibles doses de rayonnement. Janvier 1988. Pour la commande, s'adresser à B. Belbéoch, 5 Boulevard Henri IV, 75604 Paris ou à la CRI-RAD, 8 rue Louise Gémard, F-26200 Montélimar.

- 232 Chelack W.S., Forsyth M.P., Petkau A.: "Radiobiological properties of *Acholeplasma laidlawii* B". *Can. J. Microbiol.* 20: 307-320. 1974.
- 233 Petkau A., Chelack W.S.: "Radioprotective Effects of Cysteine". *Int. J. Radiobiology*, 25: 321, 1974.
- 234 Petkau A., Chelack W.S., Pleskach S.D., Copps T.P.: "Radioprotection of Hematopoietic and Mature Blood Cells by Superoxide Dismutase". Paper presented at the annual Meeting of the Biophysical Society, Philadelphia, Pa. 1975.
- 235 Petkau A.: "Radiation carcinogenesis from a membrane perspective", *Acta Physical. Scand.* 1980. Suppl. 492: 81-90.
- 236 Szekely J.C., Perry K.A., Petkau A.: "Simulated responses to lognormally distributed continuous low radiation doses". *Health Physics* Vol. 45, No 3 (Sept.), S. 699-711, 1983.
- 237 Petkau A., Chuaqui C.A.: "Superoxide Dismutase as a Radioprotector". *Radiat. Phys. Chem.* Vol. 24, No 3/4, S. 307-319.
- 238 Petkau A., Szekely J.G., Perry K.A.: "Simulated responses to intermittent lognormally distributed doses at variable dose rates". *Health Physics*, Vol. 47, No 5 (November). S. 745-752, 1984.
- 239 Petkau A.: "Protection and Repair of Irradiated Membranes" in "Free Radicals, Aging and Degenerative Diseases", S. 481-508, 1986. Alan Liss Inc.
- 240 Petkau A.: "Scientific basis for the clinical use of superoxide dismutase". *Cancer Treatment Reviews* (1986), 13, 17-44.

III. La "mort des forêts" et la radioactivité

IV. Conséquences à caractère sociopolitique

- 1 Barth W.D.: «Zwischen den Waldschäden im Odenwald und dem KKW Obrigheim gibt es keinen Zusammenhang». *Basler Zeitung*. 12.4.1984.
Manuskript mit gleichem Titel erhältlich bei Kernkraftwerk Obrigheim, Postfach 100, D-6951 Obrigheim. März 1984.
- 2 *Basler Zeitung*: «Der japanische Wald hat keine Lobby». 10.1.1985.
- 3 *BEIR* 1972. S. 22, 30.
- 4 *Bild* vom 4.10.1984.
- 5 Binswanger C.H.: «Umweltkrise und National-Ökonomie». *Neue Zürcher Zeitung* v. 4.6.1972.
- 6 Boeck W.L.: «Meteorological Consequences of Atmospheric Krypton-85». *Science*. 193. 16.7.1976, S. 195 – 197.
- 7 Bonka H.: «Strahlenbelastung der Bevölkerung durch Emissionen aus Kernkraftwerken im Normalbetrieb». Verlag TUV, Rheinland (1982).
- 8 Bosch C.: «Die sterbenden Wälder». C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, München, 1983, S. 21/22.
- 9 Bucher J.B.: «Bemerkungen zum Waldsterben und Umweltschutz in der Schweiz». *Forstwissenschaftliches Centralblatt*, April 1984, S. 23/24.
- 10 Buchmann: *Chem. Communications*, 1970, S. 1631.
- 11 *Bull. of the Atomic Scientists*: «Tritium Warning». März 1984.
- 12 Bundesamt für Umweltschutz: «Luftbelastung 1983». Sept. 1983. EDMS, Postfach, 3000 Bern.

- 13 Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: «Waldsterben durch Luftverunreinigung». Heft 273, 1982. Landwirtschaftsverlag, D-4400 München-Hilftrug.
- 14 Bundesministerium des Innern: «Waldschäden und Luftverunreinigungen». Sondergutachten, März 1983 des Rates für Umweltfragen. Verlag Kohlhammer, Stuttgart, Juli 1983, S. 73, 72, 84, 29, 30.
- 15 Burkhart W.: «Waldsterben: Auch hier der schwarze Peter bei den A-Werken?». Basler Zeitung 30.11.1983.
- 16 Burkhart W.: «Nochmals Radioaktivität und Wald». Basler Zeitung. 17.2.1984.
- 17 Commission of the European Communities: «Acid Rain». Graham & Trotman Limited. London SWIV, IDE. 1983.
- 18 Commission of the European Communities: «European Seminar on the Risks from Tritium exposure». Mol, Belgium, 22. – 24. Nov. 1982. Report EUR 9065 en. 1984. Office of the European Communities, Luxembourg.
- 19 Deker U. & Thomas H.: «Unberechenbares Spiel der Natur: Die Chaos-Theorie». Bild der Wissenschaft, Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart, Nr. 1, 1983, S. 63 – 75.
- 20 Der Bund: «Auch der schwedische Wald beginnt zu kränkeln». Bern, 4.2.1985.
- 21 Deutscher Bundestag: 10. Wahlperiode, Drucksache 10/1730 vom 9.7.1984. Sachgebiet 2129.
- 22 EAWAG-Jahresbericht 1984: «Regen und Nebel als Träger umweltbeeinträchtigender Stoffe», S. 23 – 27. Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) CH-8600 Dübendorf.
- 23 Eidgenössisches Departement des Innern: «Waldsterben und Luftverschmutzung». Bern, 1984 (EDMS, Postfach, 3000 Bern).
- 24 Eidgenössische Anstalt für Forstliches Versuchswesen (EAFV): «Waldschäden in der Schweiz 1982». Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen. Okt. 1984, S. 817 – 831.
- 25 Enzyklopädie, Naturwissenschaft und Technik. Verlag moderne Industrie. Wolfgang & Co. D-5912 Landsberg a.L., 1981, S. 4636 – 4637.
- 26 Fairhall A.W.: «Potential Impact of Radiocarbon Release by the Nuclear Power Industry». Washington University in Seattle, 1980.
- 27 Flakus F.N.: «Symposium Strahlenschutzprobleme im Zusammenhang mit der Verwendung von Tritium und Kohlenstoff C-14 und ihren Verbindungen». Berlin, 14./16.11.1979. IAEA, Box 200, A-1400 Wien.
- 28 Führer J.: «Atmosphärische Einflussfaktoren der Waldschädigung». Informationstagung «Waldschäden durch Immissionen?» 29.11.1982, GDI-Institut, CH-8803 Rüschlikon.
- 29 Führer J.: «Formation of secondary air pollutants and their occurrence in Europe». Experientia, 41 (1985), S. 286 – 301. Birkhäuser Verlag, CH-4010 Basel.
- 30 Funk F. & Person S.: «Science», 166, 1969, S. 1629.
- 31 Furrer O.J.: «Massnahmen und Verordnungen – erste Schritte zur Neuorientierung». GDI-Schriften, Nr. 35, «Stirbt der Boden». 19./20.11.1984, GDI.Inst., CH-8803 Rüschlikon.
- 32 Georgii H.W.: «Global distribution of the Acidity in Precipitation. Deposition of atmospheric pollutants». Dordrecht, 1982.
- 33 Graeb R.: «Atomenergie: Mitverursacher des Waldsterbens?». Basler Zeitung, 5.11.1983.
- 34 Graeb R.: «Waldsterben und Radioaktivität». Basler Zeitung, 19.1.1984.
- 35 Graeb R.: «Waldschäden durch Atomanlagen?». Basler Zeitung, 9.3.1984.
- 36 Guild W.R.: «Hazards from Isotopic Tracers». Science 128, S. 1308, 1958.
- 37 Hall J.E. et al.: «The relative biological effectiveness of tritium beta particles compared to gamma radiation – its dependence on dose-rate» Brit. Journal of Radiology, 40, S. 704 – 710. 1967.
- 38 Hendrey G.R.: «Automobiles and Acid Rain». Terrestrial Land Aquatic Ecology Div. Brookhaven National Laboratory, Upton, L.I., New York. Science, 222. 7.10.1983.
- 39 Hofmann A.: «Pflanzenkundliche Überlegungen zum Waldsterben». Basler Zeitung, 6.10.1983.
- 40 Hollstein E.: «Säkulärvariationen des Eichenwuchses in Mitteleuropa». Kolloquium in Trier, 15./17.5.1980, Universität Trier.

- 41 Hommel H. und Käs G.: «Elektromagnetische Verträglichkeit des Biosystems Pflanze». Allg. Forst-Zeitung, Nr. 8, 1985, S. 172–174.
- 42 Hornbeck J.W.: «Acid-Rain & Facts and Fallacies». Journ. of Forestry. 79, 1981, S. 438–443.
- 43 Hüttermann A.: «The effects of acid deposition on the physiology of the forest ecosystem». Experientia, 41, Mai 1985, S. 578–583. Birkhäuser Verlag, CH-4010 Basel.
- 44 IAEA: «Tritium in some Typical Ecosystems». Technical Report Nr. 207, Wien, 1981, S. 1–116, 80, 79, 84–86.
- 45 Ichtikawa S.: Vortrag vom 1.5.1977 in Salzburg. Bürgerinitiative Lübeck e.V., Postfach 1926, A-2400 Lübeck.
- 46 Information des Zentralverbandes, Bürgerinitiativen gegen Atomgefahren. Nr. 1/84 (mit Unterschrift von Prof. Dr. H. Noller, o. Univ. Prof. für physikal. Chemie, Wien) Verlagspostamt 1128, Wien.
- 47 Johnson A.H. et al.: «Acid deposition and forest decline». Envir. Sci. Technol., 17, 1983, S. 294–305.
- 48 Johnston H.S.: «Human effects on the global atmosphere». Ann. Rev. Phys. Chem. 35, S. 481–505.
- 49 Kandler O.: «Waldsterben, Emissions- oder Epidemie-Hypothese?». Naturwissenschaftliche Rundschau Nov. 1983, S. 488–490.
- 50 Kirchmann et al.: «Health Physics», 21. 1971, S. 61–66.
- 51 Kirchmann R. / Molls M. / Streiffer C. / Mevissen J.: «Colloquium on the Toxicity of Radionuclides. Liège, 19./20.11.1982. Société belge de Radiobiologie.
- 52 Kollert R.: «Kerntechnik und Waldschäden». Studie im Auftrag der Stiftung mittlere Technologie, Kaiserslautern, Bremen / Perzelle, 1985.
- 53 König L.A. et al.: «Kerntechnik und Waldschäden». Kernforschungszentrum Karlsruhe. KFK 3704, März 1984.
- 54 König L.A.: «Umweltradioaktivität und Kerntechnik als mögliche Ursachen von Waldschäden?». KKF-Nachr. Jahrg. 17, 1/1985, S. 22–31.
- 55 KUER (Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Schweiz): «25 Jahre Radioaktivitätsüberwachung in der Schweiz». Nov. 1982. KUER, c/o Physikal. Inst. der Universität Pérolles, 1700 Freiburg (Schweiz).
- 56 KUER (Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Schweiz): Jahresbericht 1982.
- 57 KUER (Kommission zur Überwachung der Radioaktivität, Schweiz): Jahresbericht 1983.
- 58 Laughlin S. Mc und Bräker O.U.: «Methods for evaluating and predicting forest growth responses to air pollution». Experientia, Vol. 41. 15.3.1985, S. 310–319.
- 59 Leuthold P.: «ETH-Forschungsprojekt Manto. Drahtlose Nachrichtenübertragung eine Gefahr für die Umwelt?» Zwischenbericht 2, Studie 2. 24.12.1984. Inst. f. Kommunikationstechnik, ETHZ, Rämistr. 8049 Zürich.
- 60 Levin et al.: «The effect of anthropogenic CO₂ and C-14 sources on the distribution of C-14 in the atmosphere». Radiocarbon, 22.2.1980, S. 379–391.
- 61 Loosli H.: «Haben künstlich erzeugte Radionuklide wie Kr-85, C-14, H³ mit der Luftionisation, mit dem sauren Regen und dem Waldsterben zu tun?» SVA-Bulletin Nr. 3/84.
- 62 Mason B.J. et al.: «Environmental contamination by radioactive materials». IAEA, Wien, 1969.
- 63 Meier A. & Wallenschus M.: «Tradescantia: Ein Bioindikator für Radioaktivität». Universität Bremen. Information zu Energie u. Umwelt. Teil A. Nr. 18.
- 64 Mericle I.W. et al.: «Cumulative Radiation Damage in Oak Trees». Radiation Botany, Nr. 2. 1962, S. 265–271.
- 65 Messerschmidt H.: «Anmerkungen, Fragen und Kritik zu der Veröffentlichung KFK 3704, März 1984, Kerntechnik und Waldschäden des Kernforschungszentrums Karlsruhe GmbH». Manuskript v. H. Messerschmidt, vom 1.9.1984 / 20.11.1984. D-3130 Lüchow.
- 66 Metzner H.: «Künstliche Radioaktivität und Waldsterben». Literaturdokumentation für die Landesregierung Baden-Württemberg (1985). Druck in Vorbereitung.
- 67 Natur, Nr. 3, 1984.

- 68 Natur: «Auch Atomkraft schuldig?». Nr. 3, 1984 bzw. Nr. 11, 1983 und Nr. 1, 1984.
- 69 Natur: «Mit Strahlung gehts schneller». Nr. 8, 1984.
- 70 Neue Zürcher Zeitung: «Japan ohne Waldschäden?». Forschung und Technik, Nr. 278, Nov. 1984.
- 71 Neue Zürcher Zeitung: «Waldsterben — Worte oder Taten?». 18.1.1985.
- 72 Neue Zürcher Zeitung: «Das Autogewerbe zum Waldsterben». 4.2.1985.
- 73 Neue Zürcher Zeitung: «Sind Radiowellen für Pflanzen schädlich?». 20./21.4.1985.
- 74 New York Times: «Widespread Ills Found In Forests In Eastern U.S.». 26.2.1984.
- 75 Oehen M.: «Tritium Umweltbelastung». Motion Nr. 83.952 vom 15.12.1983. Antwort des Bundesrates (Schweiz).
- 76 Otlet R.L.: «The Use of C-14 in Natural Materials to establish the Average Gaseous Dispersion Patterns of Releases from Nuclear Installations». Radiocarbon 25.2.1983, S. 592—602.
- 77 Pohl R.: «Health Impact of Carbon-14». Nuclear Energy, 1975. Laboratory of Atomic and Solid State Physics, Cornell University, Ithaca, New York 14853.
- 78 Reichelt G.: «Untersuchungen zum Nadelbaumsterben in der Region Schwarzwald — Baar — Heuberg». Allg. Forst- und Jagdzeitung. 154, 1983, S. 66—75.
- 79 Reichelt G.: «Zur Frage des Waldsterbens in Frankreich». Landschaft und Stadt. Nr. 4, 1983, S. 150, 162. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- 80 Reichelt G.: «Der sterbende Wald in Süddeutschland und Ostfrankreich». Bund-Information Nr. 25, 1983, Stuttgart.
- 81 Reichelt G.: «Modellrechnungen sollten sich eigentlich nach der Wirklichkeit richten». Basler Zeitung, 12.4.1984.
- 82 Reichelt G.: «Zusammenhang zwischen Radioaktivität und Waldsterben». Vortrag Universität Hannover vom 25.5.1984.
- 83 Reichelt G.: Manuskript über Kartierungen vom Mai 1984 beim KKW Beznau (Schweiz) und Würgassen (BRD).
- 84 Reichelt G.: «Wo das Waldsterben begann». Basler Zeitung vom 24.8.1984.
- 85 Reichelt G.: «Zur Frage des Zusammenhangs zwischen Waldschäden und dem Betrieb von Atomanlagen — vorläufige Mitteilung». Forstwissenschaftliches Centralblatt, Sept. 1984, S. 290—297.
- 86 Reichelt G.: «Waldschadensmuster im Umkreis uranerzhaltiger Gruben und ihre Interpretation». Allg. Forst- und Jagdzeitung. Heft 7/8, 1984, S. 184—190.
- 87 Reichelt G.: «Zusammenhänge zwischen Radioaktivität und Waldsterben?». Ökologische Konzepte. Nr. 20, 1984. Georg Michael Pfaff Gedächtnisstiftung, D-6750 Kaiserslautern.
- 88 Reichelt G.: «Waldschadensmuster im Umkreis atomtechnischer und industrieller Anlagen im Vergleich zu industrieferneren Gebieten». Studienauftrag vom 3.8.1984 des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden Württemberg. Manuskript erhalten 13.6.1985 von Prof. Reichelt, Uhländstr. 35, D-7710 Donaueschingen.
- 89 Reiter et al.: «3rd Eur. Symposium on Physico-Chemical Behaviour of Atmospheric Pollutants». Varese 10.—12. April 1984, S. 480—481. Eds. Versino and Angletti D. Reidel Publ. Comp. Dordrecht, 1984.
- 90 Reitz & Kopp: Zeitschrift für physikal. Chemie. A. 179 (1937), 126, 184 (1939), 430.
- 91 Seelig K.J.: «12-Punkte-Programm». Lindau 7./9.6.1983. Adresse: Dr. med. K.J. Seelig, Kornmarkt, D-5521 Biersdorf.
- 92 Seelig K.J.: «Biopathogene, bislang verschwiegene, unbekannte Einflüsse des nuklearen Brennstoffzyklus auf die derzeitige Ökonomie». Nov. 1983, unveröffentlicht.
- 93 Seelig K.J.: «Material an die verantwortlichen Befürworter für grosstechnische Nutzung der Kernenergie insbes. zu Deuterium, Tritium, C-14 u.a. gasförmigen Freisetzungen». Manuskript, Sept. 1984.
- 94 Seelig K.J.: «Waldsterben und radioaktive Abgase aus KKW». Manuskript. 28.11.1984.
- 95 Segl M. et al.: «Anthropogenic C₁₄-variations». Radiocarbon. 25.2.1983, S. 583—592.
- 96 Seigneur C. et al.: «Computer Simulation of the Atmospheric Chemistry of Sulfate and Nitrate Formation». Science, 225, 1984, S. 1028—1029.
- 97 Shell Switzerland: Mitteilung vom August 1984. Badenerstr. 66, Zürich.

- 98 Soom P.: «Memorandum Soom, mit Materialien, Fragen und Meinungen zum Thema Waldsterben und Radioaktivität». Zu beziehen bei P. Soom, Ackerstr. 8, CH-Nussbaumen (1983/1984).
- 99 Sparrow A.H.: «Tolerance of Certain Higher Plants to Chronic Exposure to Gamma Radiation from Cobalt». Science, Nr. 118, 4.12.1953, S. 697—698.
- 100 Sparrow A.H. et al.: «The Effects of External Gamma Radiation from Radioactive Fallout on Plants with special References to Production». Radiation Botany, Vol. 11, 1971, S. 85—118.
- 101 Spiegel: «Le Waldsterben». 15.10.1984, S. 186.
- 102 Subba Ramu M.C.: «Ethylene in the Atmosphere and its Role in Aerosol Formation». Bhabha Atomic Research Centre, Bombay, India, Nr. 1128, 1981.
- 103 Süß H.E.: «Ist die Sonnenaktivität für Klimaschwankungen verantwortlich?» Umschau 79, S. 312—316, 1979.
- 104 Symposium «Electronic Compatibility». 5.—7. März 1985, ETH-Zentrum, 8092 Zürich. Bertaud A.J., S. 213—216 sowie Chen Q. et al. S. 199—204.
- 105 Schmitz et al.: «Emission von Radionukliden aus den Halden des alten Silber-Kobalt-Erzbergbaus von Wittichen». Glückauf-Forschungshefte 43, 4, 1982, S. 145—154.
- 106 Schöpfer W. & Hradetzky J.: «Der Indizienbeweis: Luftverschmutzung massgebliche Ursache der Walderkrankung». Forstwissenschaftliches Centralblatt, Sept. 1984, S. 244.
- 107 Schuhmacher E.: «Small is beautiful». Blond and Brigg Ltd., London, 1974.
- 108 Schuhmacher E.: «Es geht auch anders». Verlag Dash, München, 1973.
- 109 Schütt P.: «So stirbt der Wald». BLV-Verlagsgenossenschaft, München, 1983. 2. Auflage.
- 110 Schütt P.: «Der Wald stirbt an Stress». C. Bertelsmann Verlag, 1984.
- 111 Schüttelkopf H.: «Verhalten langlebiger Radionuklide in der Biosphäre». Fachtagung Radioökologie des Deutschen Atomforums e.V. vom 2./3. Okt. 1979.
- 112 Schwarz G. et al.: «Possible Future Effects on the Population of the Federal Republic of Germany of Gaseous Radioactive Effluents from Nuclear Facilities. IAEA, Wien 1975, S. 194—207.
- 113 Schwarzenbach F.H.: «Das Waldsterben als politische Herausforderung». EAFV, 8903 Birmensdorf, ZH. 31.8.1983.
- 114 Schweingruber F.H.: «Dichteschwankungen in Jahrringen von Nadelhölzern in Beziehung zu klimatisch-ökologischen Faktoren oder das Problem der falschen Jahrringe». Bericht 213, Mai 1980, EAFV, CH-8903 Birmensdorf, ZH.
- 115 Schweingruber F.H.: «Der Jahrring». Verlag Haupt, Bern. 1983, S. 202, 204, 210-211.
- 116 Schweingruber F.H.: «Eine jahrringanalytische Studie zum Nadelbaumsterben in der Schweiz». Bericht Nr. 253, August 1983, EAFV, CH-8903 Birmensdorf.
- 117 Schweiz. Gesellschaft für Bevölkerungsfragen. Bern. Rundschreiben vom 23.11.1973.
- 118 Sternglass E.J.: «Nuclear Power May Be Dangerous to Our Trees». New York Times. 13.3.1983.
- 119 Stewart et al.: «Tritium in Pine trees from selected locations in the USA, including areas of nuclear Facilities». U.S. Geological Survey, Prof. Paper, 800-B, 1972, S. 265—271.
- 120 Stuiver M.: «Atmospheric C-14 changes resulting from fossil fuel CO₂-releases and cosmic ray flux variability». Earth and planetary sciences letters, 53, 1981, S. 348—382.
- 121 Stumm W. et al.: «Der Nebel als Träger konzentrierter Schadstoffe». Neue Zürcher Zeitung, 16.1.1985.
- 122 Teufel D.: «Waldsterben, natürliche und kerntechnisch erzeugte Radioaktivität». IFEU-Bericht Nr. 25, 1983. IFEU-Inst. D-6900 Heidelberg.
- 123 Trotter J.R.: «Hazard to Man of Carbon-14». Science, 128, 12.12.1958, S. 1490—1495.
- 124 Tripet I. & Wiederkehr P.: «Etude du problème des Précipitations acides en Suisse». Ecole Fédérale Polytechnique Lausanne. Inst. du Genie de l'environnement. März 1983.
- 125 Tschumi P.: «Allgemeine Biologie» Verlag Sauerländer, 1970.
- 126 Tschumi P.: «Ursachen und Bekämpfung der Umweltkrise». Techn. Rundschau v. 6.3.1974. Hallwag Verlag, Bern.

- 127 Ullmann: «Enzyklopädie der techn. Chemie». 3. Aufl. Band 2/1, S. 955. München-Berlin, 1961.
- 128 Ullmann: «Enzyklopädie der techn. Chemie». 4. Aufl. 1981, Band 6, S. 226. Verlag Chemie, D-6940 Weinheim.
- 129 Umweltbundesamt: «Luftqualitätskriterien für photochemische Oxidantien». Berichte 5, 1985, Berlin.
- 130 UNSCEAR 1962, S. 213.
- 131 UNSCEAR 1964, S. 13.
- 132 UNSCEAR 1969, Nr. 13, S. 19.
- 133 Urban M.: «Waldsterben auch durch Radioaktivität?» Süddeutsche Zeitung vom 25.4.1985. München.
- 134 Vohra K.G.: «Combined Effects of Radioactive Chemical and Thermal Releases on the Environment». Symposium held in Stockholm 2. – 5. Juni, 1975, IAEA, Wien. 1975, S. 209 – 221.
- 135 Von Rotz A.: «Radioaktive Umweltverschmutzung und Vergiftung». Mitgliederzeitung der Schweiz. Krankenkasse Helvetia, Habegger AG, Solothurn Nr. 11, 1971.
- 136 Weish & Gruber: «Radioaktivität und Umwelt». Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 1975.
- 137 Weiss W. et al.: «Evidences of Pulsed Discharges of Tritium from Nuclear Energy Installations in Central European Precipitation». Inst. für Umweltphysik d. Universität Heidelberg. IAEA-SM 232/18, 1979.
- 138 Weiss A.: «Manuskript» vom 4.4.1984 für Prof. Reichelt (siehe auch Lit. Ziff. 87), Universität München.
- 139 Wenzel M. & Schulte P.: «Tritium-Markierungen nach der Wilzbach-Methode». Walter de Gruyter-Verlag 1972, Berlin.
- 140 Whicker F.W. & Schultz V.: «Radioecology: Nuclear Energy and the Environment». Vol. LL. CRC-Press Inc. Boca Raton, Florida, USA, 1982, S. 128, 153 – 162.
- 141 Wilzbach: J. Amer. Chem. Soc., 79, 1957, S. 1013.
- 142 WWF-Schweiz: «Schadkartierung an Fichten in der Umgebung der schweiz. Kernkraftwerke». Büro für Forstwirtschaft und Umweltplanung. CH-8964 Rudolfstetten, Juni 1984.
- 143 Zavitoski J. (Editor): «The Enterprise, Wisconsin Radiation Forest Radioecological Studies». Inst. of Forest Genetics, North Central Service. U.S. Dep. of Agriculture, Rhinlander, Wisconsin. TID-26113-P2. 1977, S. iii, 141 – 165.
- 144 Zofinger Tagblatt: «Elsässische Gemeinden machen gegen das Waldsterben mobil». Zofingen, 23.5.1985.
Nachtrag:
- 145 Bundesamt für Umweltschutz: «Radioaktivität und Waldsterben». Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 43 (1985). 3003 Bern.
- 146 Bundesamt für Umweltschutz: «Radio- und Mikrowellen als mögliche Ursachen für Waldschäden». Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 44 (1985). 3003 Bern.
- 147 Frankfurter All. Zeitung v. 20.7.1985. «Brisante Tübinger Studie», von Bert Hauser. Kommentar zu einer noch unveröffentlichten Literaturstudie von Prof. Metzner, Universität Tübingen.
- 148 Bundesministerium des Innern: «Umweltprobleme der Landwirtschaft». März 1985. Rat für Umweltfragen. Verlag Kohlhammer, Stuttgart.
- 149 Neue Zürcher Zeitung: «Kernkraftwerke unschuldig am Waldsterben». Stellungnahme des Eidg. Departements des Innern zu Heft Nr. 43 der BUS-Schriftreihe «Umweltschutz», 24./25.8.1985.
- 150 Forschungsbeirat Waldschäden/Luftverunreinigungen der Bundesregierung und der Länder: 2. Bericht", Mai 1986, Literaturabteilung des Kernforschungszentrums Karlsruhe, Postfach 3640, D-7500 Karlsruhe 1.
- 151 Volkrodt W.: persönliches Schreiben vom 30.1.88.
- 152 Volkrodt W.: div. Veröffentlichungen (Manuskripte). Adresse: Waldsiedlung 8, D-8740 Bad Neustadt.
- 153 Lang O: "Empfindlichkeit von biolog. Systemen für elektromagnetische Wellen". Mikrowellen Magazin, Vol. 12, Nr 1, 1986, 36.

- 154 "Unerklärlicher Effekt". Die Entdeckung der Hochtemperatur-Supraleiter brachte ein Denkgebäude der Teilchenphysik ins Wanken. Zeitschrift: "highTech." 1/88, S. 43/44.
- 155 Joos K. u.a.: "Untersuchung über mögliche Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Wellen auf den Wald". PTT-Mitteilungen, Nr. 1/1988. Redaktion, 3000 Bern.
- 156 Soom P.: "Orientierungsschrift über mögliche-nichtthermische Einflüsse von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern auf die Biosphäre". März 1987. Zu beziehen bei: EG für Umweltschutz, Schlossmühlestrasse 11, CH-8408 Winterthur.
- 157 EAFV: "Schaduntersuchung in der Umgebung in der Kernanlagen" (Kurzfassung) Bericht 256 von Oktober 1987 der EAFV in CH-8903 Birmensdorf.
- 158 Schöpfer W: Verstärkte Waldschäden durch Radioaktivität?". Allg. Forstzeitschrift, H 5, Jan. 1986.
- 159 Reichelt G.: Kritisches zur Kritik von Schöpfer" Allg. Forst-Zeitung, H 23, Juni 1986.
- 160 Reichelt G., Kollert R.: "Waldschäden durch Radioaktivität" Synergismen bei Waldschäden. 1985, 228 S. Verlag F. Müller, Karlsruhe.
- 161 Kollert R.: "Luftchemie und Radioaktivität". Reihe Information und Umwelt, Teil A. Nr. 27 (Nov. 1987.) Herausgeber: Universität Bremen.
- 162 Reichelt G.: "Waldschäden in der Umgebung atomtechnischer Anlagen im unteren Aaretal bei Beznau/Würenlingen." Manuskript vom August 1988 (G. Reichelt, Uhlandstr. 35, D-7710 Donaueschingen).

V. Les conséquences de Tchernobyl

- 1 Schmidt M., Teufel D. et al. "The Consequences of Chernobyl, "IFEU-Report" No. 43, 2nd Edition. Inst. for Energy and Environmental Research. Im Sand 5, D-8900 Heidelberg, W-Germany.
- 2 Sternglass E.J. "The Implications of Chernobyl for Human Health". Int. Journal of Biophysical Research. Vol. 8, No 1, pp. 7-36. (July 1986).
- 3 Schweiz. Gesundheitsamt. Bern, Switzerland. "Radioaktivitätsmessungen in der Schweiz nach Tschernobyl und ihre Wissenschaftliche Interpretation". Universität Bern, 20-22 Oktober 1986, Tagungsbereich.
3.1 S. 21 / 3.2. S. 106 / 3.3. S. 339-346 / 3.4. S. 740 / 3.5. S. 661-663 / 3.6 S. 36 / 3.7. S. 660 / 3.8. S. 668 / 3.9. S. 665 / 3.10. S. 321 / 3.11. S. 669 / 3.12. S. 660-669 / 3.13 S. 664 / 3.14. S. 320.
- 4 ICRP-Publikation 39, Vol. 14, No. 1, 1984.
- 5 Masson A. "Die heissen Tschernobyl-Teilchen sind in uns". Berne Zeitung vom 20.10.1986.
- 6 PSR-Schweiz, Postfach 1040, 4001 Basel. Konferenz in Zürich vom 14.4. 1987.
- 7 Weish P., Gruber E.: "Radioaktivität und Umwelt". Gustav Fischer Taschenbuchverlag, 3. Auflage, 1986.
- 8 Gould J.M.: Signifikant US-Mortality increases in the Summer of 1986". Paper presented by Dr. J.M. Gould at the Radiation Victims Conference in New York, Sept. 28. 1987.

- 9 Sternglass J.E.: "Initial Effects of the fallout from the Chernobyl Accident on the US-Population". Summary of paper presented at the First Global Radiation Victims Conference New York, Sept. 29. 1987.
- 10 Gould J.M. & Sternglass E.J.: "Immune System Damage in Cohorts-born after the Onset of Nuclear Testing" and Significant US Mortality Increase after Chernobyl Accident". Presented at the Symposium on the Effects of low level Radiation on Humans. Institut of Radiology, University of Muenster, West Germany, February 27, 1988 (im Druck Springer Verlag).
- 11 Graeb R.: "Die Realität des Petkau-Effekts". Referat gehalten am Symposium über die Wirkung niedriger Strahlendosen auf den Menschen, 26/27. Februar 1988, Institut für Strahlenbiologie an der Universität Muenster (BRD). Sammelband der Vorträge ist im Druck (Springer Verlag).
- 12 The Economist: "One deadly summer", January 30, 1988.

VI. Le Sida est-il provoqué par la radioactivité artificielle?

- 1 Merx John L.: "Oxygen Free Radicals Linked to Many Diseases". Science Vol. 235, 30.1.1987. S. 529-531.
- 2 Schär-Manzoli M.: "Aids Story". Mitteilungen Aktionsgemeinschaft Schweizerischer Tierversuchseegner. März 1987. Redaktion: Ch-6528 Camorino.
- 3 Sternglass J.E., Scheer J.: "Radiation Exposure of Bone Marrow Cells to Strontium-90 during early Development as a possible Cofactor in the Etiology of Aids". Paper delivered at the 1986 Annual Meeting of the American Association for the Advancement of Science. Philadelphia, Pennsylvania (USA), May 29, 1986.
- 4 Sternglass J.E.: "The Implications of Chernobyl for Human Health". Int. Journal of Biosocial Research. Vol. 8, Nr. 1, S. 7-36 (Juli 1986).
- 5 Heller O. and Wiozell H.: "Suppression of Natural Cell Activity with Radioactive Strontium: Effector Cells are Marrow Dependent". J. Immunology 1977, 118.
- 6 Stokke T., Oftedal P. and Pappas A.: "Effects of Small Doses of Strontium-90 on the Rat Bone Marrow". Acta Radiologica: 7, 321, 1968.
- 7 Sakharov A.D.: "Radioactive Carbon from Nuclear Explosions and Non-threshold Biological Effects". The Soviet Journal of Atomic Energy, 4, 757-762, 1958.
- 8 Marx Jean L.: "How Killer Cells Kill their Targets". Science, 21.3.1986, Vol. 231, S. 1367-1369.
- 9 Zaguri O., Bernard J., Leonard R. et al.: "Long term cultures of HTLV-III-infected Cells: A Modell Cytopathology of T-Cell Depletion in Aids. Science 231. 850-853, 1986.
- 10 The Lancet, June 11, 1988, p. 1344. "HIV-1 Infection in Norwegian Family before 1970".

TABLE DES MATIERES

	Page
I. Considérations écologiques	5
A. La préservation de la vie dans les systèmes écologiques	5
<i>Il existe cinq paliers de systèmes écologiques, 6 / Trois niveaux de production des systèmes écologiques, 7 / Mécanismes de régulation des systèmes écologiques, 8 / Les forêts tropicales – un exemple de système écologique, 9.</i>	
B. Comparaisons: économie naturelle et économie développée	10
<i>Le principe des cycles, 10 / La notion d'“émissions zéro”, 10 / Les énergies renouvelables, 11 / Des effectifs constants de consommateurs et de producteurs, 12 / En résumé, 13.</i>	
II. Bombes atomiques et énergie nucléaire (effets biologiques)	15
C. Bases de physique nucléaire	15
<i>Structure atomique, 15 / Ionisation, 15 / Radiation ionisante, 16 / Les isotopes, 16 / La radioactivité, 16 / La demi-vie des radio-nucléides, 17 / Les différentes sortes de rayons, 19 / La mesure des rayonnements, 20 / Le mensonge du rem, 21 / La fission artificielle de l'atome, 23 / De nouvelles unités de mesure, 23.</i>	
D. La charge naturelle d'irradiation	24
<i>L'irradiation extérieure, 25 / L'irradiation interne, 25 / Irradiation totale, 25.</i>	
E. La radioactivité artificielle	26
<i>Des centrales nucléaires plus particulièrement, 26 / La bombe atomique et la centrale nucléaire, 27 / Des centrales nucléaires non étanches, pollution de l'environnement, 28 / Le danger possible devant nos maisons, 29 / Mécanismes de concentration dans des êtres vivants, 29.</i>	
F. Des généralités pour se protéger des rayons	31
<i>Les instances de protection contre les rayons ionisants, 31 / Les principales atteintes dues aux radiations, 32.</i>	

G. Atteintes génétiques	33
<i>Des atteintes dominantes et récessives, 33 / Les doses maximales admises, 37 / On n'est pas plus avancé qu'il y a 30 ans, 39.</i>	
H. Les atteintes à la santé (atteintes somatiques)	44
<i>Les effets de doses de radiation élevées et moyennes (atteintes aiguës), 44 / Les effets de faibles doses de radiation (également atteintes tardives), 45.</i>	
I. La protection contre les radiations n'en est pas une	49
<i>Des instances sous influence, 49 / Gofman et Tamplin: premières évaluations de risques, 50 / Des mises en garde européennes de la première heure, 52 / La "Bible" des lois de la protection contre les radiations, 54 / Les courbes des effets de dose, 55 / Courbe linéaire, une assurance sécuritaire dans la protection radiologique, 56 / Les victimes japonaises des bombes atomiques, 57 / Le risque d'irradiation augmente de plus en plus, 58 / Des intrigues, la science manipulée (BEIR-III 1980), 61 / Sécurité nucléaire?, 64 / Médication forcée de la population par la radioactivité artificielle, 64 / L'artifice ALARA, 66 / Calculs inhumains, 66 / Le crime parfait, un projet légal?, 68 / Un fait regrettable: le personnel exposé aux radiations (5 rem/an sont trop élevés), 69.</i>	
K. Dégradation de la santé par les retombées radioactives	70
<i>Généralités, 70 / Des comparaisons absurdes avec l'irradiation naturelle, 72 / Il n'existe pas d'études officielles, 73 / Premières études de chercheurs indépendants, 73 / Arrêt des essais de bombes atomiques en 1963, 75 / Les études du prof. E. J. Sternglass, 76 / Etude du prof. L. B. Lave et al., 78 / Etude du Dr C. E. Mehring, 80 / Un jugement inattendu d'un tribunal, 80.</i>	
L. Des atteintes à la santé provoquées par les centrales nucléaires	81
<i>Les études de chercheurs indépendants, 81 / Le drame caché de Shippingport, 82 / Des réacteurs servant à la recherche, 84 / Les études de Morris De Groot, Gerald Drake et John Tseng, 85 / L'accident de Three Mile Island (TMI) près de Harrisburg, 86 / Etudes du prof. Dr Carl J. Johnson, 91 / Les conséquences d'accidents possibles restent encore imprévisibles, 91.</i>	
M. La radioactivité rend-elle stupide?	91
N. L'effet Petkau passé sous silence	96
<i>Une nouvelle dimension du danger de la radioactivité, 96 / Pour quelles raisons de faibles doses peuvent être plus dangereuses que de fortes doses?, 98 / Jusqu'ici on a pris en compte uniquement les atteintes sur</i>	

le noyau de la cellule; on n'a pas vu les atteintes sur la membrane cellulaire!, 99 / Recherche partielle: conclusions fausses!, 100 / L'effet Petkau confirmé également dans des systèmes vivants?, 101 / L'effet Petkau également confirmé chez l'homme?, 104 / Les conséquences générales de l'effet Petkau, 106 / Atteintes aux membranes cellulaires et santé, 107 / L'avis des instances de protection radiologique à propos de l'effet Petkau, 108 / Conclusions à propos de l'effet Petkau, 109 / Une campagne de presse. Le livre sur l'effet Petkau dans l'étau de la presse, 110.

O. Le choc de 1981: des données importantes sur la protection radiologique de l'humanité sont fausses 110

P. Une fois encore une erreur d'un facteur 10? 111
On demande des instances indépendantes et des études indépendantes à propos de protection contre les radiations, 112.

Q. La CIPR définitivement peu digne de foi 113
Les grandes lignes des lois pour la protection contre les radiations, 113 / C'est maintenant qu'il arrive une chose insidieuse et monstrueuse!, 116 / L'évaluation de l'irradiation naturelle "simplement doublée", 117 / On revendique une protection contre l'irradiation naturelle!, 118 / L'augmentation de la radioactivité environnante: un crime?, 119 / Déclaration de faillite, 119.

R. Il n'existe pas de dépôt de déchets nucléaires sans risque! 120

S. La faillite économique de l'énergie nucléaire 123

T. Les centrales thermiques au charbon et la radioactivité 126
L'effet de serre, 126

III. Le dépérissement de la forêt et la radioactivité 129

A. La nouvelle dimension de la mort des forêts 129

B. Les principes de base 130
Les atteintes classiques des forêts, 130 / Atteintes d'aspect nouveau, 130 / Revendications du prof. P. Schütt concernant la radioactivité, 132 / Influence de forces électromagnétiques, 132 / Jusqu'à ce jour, on n'a tenu compte que de produits toxiques classiques, 135 / Le ralentissement de la croissance dans tout l'hémisphère Nord, 136.

C. Hypothèses et causes	138
<i>L'hypothèse des pluies acides, 139 / L'hypothèse de l'ozone, 147 / L'hypothèse du stress, 150 / Les syndromes, 150 / L'action "Arche de Noé", 151.</i>	
D. Trois radio-éléments particulièrement dangereux	151
<i>Carbone radioactif C 14, 151 / Le tritium (H^3 = hydrogène radioactif), 154 / Le krypton 85, 157.</i>	
E. Illustrations des dégâts forestiers et de la radioactivité	158
<i>Introduction, 158 / La méthode inédite par échantillons du prof. Reichelt, 159 / Prof. Reichelt: illustrations des atteintes forestières près des installations industrielles (combustibles fossiles), 162 / Prof. Reichelt: images des dégâts forestiers près des centrales nucléaires, 163 / WWF: images d'atteintes forestières, 165 / Pas de dégradations des forêts par la technique nucléaire?, 165 / Les dégradations des forêts à proximité de mines d'uranium, 169 / Mission gouvernementale de recherche, 172.</i>	
F. Radiations et écologie des forêts	173
<i>Tout, ou presque, reste à étudier, 173 / L'effet Petkau dans les plantes, 174 / Des études gouvernementales font sensation, 177 / Controverses, 178 / Perspectives générales, 179 / Même le sol meurt, 181.</i>	
IV. Conséquences à caractère sociopolitique	182
<i>La morale individuelle problématique, 182 / Une éducation scolaire mal orientée, 183 / Un ordre économique faussé, 184.</i>	
V. Les conséquences de Tchernobyl	189
<i>Le problème non résolu des particules chaudes, 192 / 1986: un été mortel aux Etats-Unis, 196 / Augmentation de la mortalité globale, 196 / Augmentation de la mortalité infantile au cours de la première année de vie, 197 / Recul des naissances, 197 / Causes possibles, 198 / Abaissement de la barrière immunitaire ensuite des retombées, 198.</i>	
VI. Le Sida est-il provoqué par la radioactivité artificielle?	201
Références	205

Composition et maquette:
Francine Gerber. 1004 Lausanne.

Impression:
Cedips. 1018 Lausanne.

— 4e trimestre 1988 —



Ralph Graeb. Né en 1921. Etudes de chimie à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich. Cadre dans l'industrie textile, puis actif dans plusieurs commissions internationales de protection de l'environnement.

A partir d'expériences sur des membranes cellulaires artificielles, le scientifique canadien A. Petkau a mis en évidence, en 1972, qu'une exposition durable à de **faibles doses de radioactivité** peut rendre la cellule plus fragile qu'une exposition brève à des doses plus élevées (rayons X, par exemple).

Le livre de R. Graeb explique la portée de cette découverte révolutionnaire et effrayante. Car nous baignons dans une radioactivité croissante: retombées des explosions atomiques en atmosphère, émissions

habituelles des centrales et dépôts nucléaires (auxquelles s'ajoutent des émissions accidentelles comme l'a montré **Tchernobyl**), usages industriels et médicaux accrus de la radioactivité artificielle... Et nous en payons d'ores et déjà le prix: **les cancers et les maladies héréditaires** d'origine radioactive déjà répertoriés ne semblent être que la pointe de l'iceberg.

Il est probable que l'inhibition des **mécanismes immunitaires** consécutive aux dégâts sur les membranes cellulaires (effet Petkau) a été jusqu'ici complètement sous-estimée. Ainsi, des indices tendent à montrer que la radioactivité a joué un rôle important dans la naissance et la diffusion du **sida**.

Mais le corps humain n'est pas seul en danger. D'éminents spécialistes ont mis récemment en évidence la probabilité d'une corrélation entre les émissions des centrales nucléaires et **la mort des forêts**.

Au terme d'une enquête de plusieurs années, le livre de R. Graeb montre que malgré les propos lénifiants des instances prétendument responsables de notre protection contre les radiations (trop souvent dépendantes d'industries et de gouvernements pronucléaires), la radioactivité artificielle n'est plus seulement une menace: son oeuvre de destruction de la Vie est déjà en route. Il appartient **aux vivants qui souhaitent le rester** de s'y opposer.