

**EFFETS SECONDAIRES
DES RADIATIONS IONISANTES :
PROGRES DANS L'EVALUATION DU
TAUX DE MALIGNITES PAR UNITE DE DOSE**

Texte de John W. GOFMAN, Docteur en Médecine,
Docteur en Philosophie, Professeur émérite de Physique Médicale

Texte traduit par les soins
du Conseil Général de TARN-ET-GARONNE
pour le Colloque NUCLEAIRE : Santé, Sécurité

Traduction : Agnès BERTRAND

EFFETS SECONDAIRES DES RADIATIONS IONISANTES : PROGRES DANS L'EVALUATION DU TAUX DE MALIGNITES PAR UNITE DE DOSE

John W. Gofman, Docteur en médecine, Docteur en philosophie, Professeur émérite de physique médicale, 102 Donner Lab, Université de Californie, Berkeley CA 94720 ; Professeur au Département de Médecine de l'Université de Californie, San Francisco.*

1. INTRODUCTION

Radiations à bas transfert d'énergie linéaire et malignités :

Dans la médecine hospitalière, comme dans la médecine du travail, les radiations ionisantes à considérer avant tout, sont les radiations à bas transfert d'énergie linéaire (radiations bas-TEL). Celles-ci comprennent les rayons X, les rayons gamma, et les particules bêta émises à partir d'une foule de radionucléides utilisés en médecine nucléaire. Nous limiterons cette discussion aux principaux effets à retardement de l'exposition à ces radiations à savoir, la leucémie et le cancer radio-induits.

Unités de dose :

Les trois unités de dose couramment utilisées pour l'exposition humaine sont le roentgen, le rad et le rem. Le roentgen se réfère à l'énergie d'un faisceau de rayons X sur la surface du corps, juste avant que les rayons ne pénètrent l'organisme. Dans l'organisme, celui-ci s'affaiblit à mesure qu'il se déplace, parce que les organes internes absorbent son énergie. Quand le rayon ressort du patient de l'autre côté, il ne présente plus qu'un faible pourcentage de son

* Conférence aux docteurs en médecine hospitalière, programme post-diplôme "médecine hospitalière avancée", printemps 1987, Université de Californie, Faculté de Médecine, San Francisco, CA 94143, USA.

énergie initiale. L'énergie déposée dans les tissus du corps s'appelle la dose absorbée et elle s'exprime en rads ou en rems. Pour les radiations bas-TEL, les rads et les rems sont des unités interchangeables. Un rad représente la déposition de 100 ergs d'énergie par gramme de tissu** . Quand on utilise des rads à la place de roentgen pour exprimer une dose d'entrée, on désigne l'énergie absorbée par la surface de la peau.

2. TROIS GENERALISATIONS

En 1969, Gofman et Tamplin (Go 69) présentaient trois généralisations concernant la cancérogenèse des radiations pour les humains. Ils se basaient sur les données épidémiologiques humaines disponibles à l'époque. Les données humaines qui se sont accumulées dans les 17 années qui suivirent continuent à confirmer la validité de ces généralisations. Aujourd'hui presque personne dans ce domaine ne met en cause la première et la troisième. En ce qui concerne la seconde, il y a encore une relative carence de données ; elle n'est pas encore pleinement intégrée dans la doctrine "majoritaire". Les trois généralisations sont les suivantes :

Première généralisation : "Toutes les formes de cancer, selon toute probabilité peuvent être accrues par les radiations ionisantes, et la façon correcte de décrire le phénomène est, soit en termes de dose requise pour doubler le taux spontané de mortalité pour chaque cancer, ou dans l'alternative, de l'augmentation du pourcentage du taux de mortalité pour les cancers en question par rad d'exposition."

** Le gray représente 100 rads ; le sievert représente 100 rems. Il s'agit d'unités récemment introduites.

Seconde généralisation : "Toutes les formes de cancers présentent des doublages de doses très proches et des pourcentages d'augmentation de mortalité très similaires par rad (selon un âge donné d'exposition)."

Troisième généralisation : "Chez les sujets jeunes, une moindre dose de radiations est requise pour augmenter le taux de mortalité (par cancer), selon une fraction spécifique, par rapport aux adultes."

Résultats Pratiques : ces généralisations ont permis de combiner les données épidémiologiques mondiales de manière satisfaisante et de parvenir à une estimation quantifiée des risques de cancers radio-induits. Les risques dépendent non seulement de la quantité de la dose mais aussi de l'âge d'exposition et de la fréquence spontanée de cancers. Les risques d'induction de cancer sont plus élevés quand les organes qui présentent de forts taux spontanés (par exemple sein et colon) sont irradiés chez les sujets jeunes.

Il me faut maintenant présenter mes propres estimations sur les risques de cancers radio-induits (Go 80) et j'exposerai ensuite les estimations faites par d'autres.

3. EXPOSITION DE L'ORGANISME TOUT ENTIER

Il est utile de commencer par évaluer les incidences de cancer pour une exposition uniforme de l'organisme tout entier aux radiations, avant de considérer les risques moindres de l'exposition d'une partie du corps seulement. Le tableau 1 donne trois types d'informations sur l'exposition de l'organisme entier.

Doses cancérigènes pour l'organisme entier par groupes d'âge (tableau 1, colonne 2) : la dose cancérigène est exprimée en "personne-rads", une unité

qui représente le nombre de personnes exposées recevant la même dose, multiplié par cette dose. Ainsi, 100 personne-rads peut être le résultat d'une seule personne recevant 100 rads ou, 50 personnes recevant 2 rads chacune ou bien, 100 personnes recevant 1 rad chacune. Puisqu'on peut additionner les personnes-rads, la somme de ces trois exemples correspondrait à 300 personnes-rads.

La dose cancérigène pour l'organisme entier se définit comme la dose qui produira 1 cancer radio-induit mortel dans le groupe exposé dans ce qui lui reste de vie. Si la dose cancérigène a été répartie sur un groupe de plusieurs personnes, personne ne pourra prédire qui sera le malchanceux. Mais si la dose cancérigène est reçue par un "groupe" d'une seule personne, la prédiction ne sera que trop facile. Plus loin, nous considérerons les individus au lieu des groupes.

Accroissement statistique de cancers mortels par rad (tableau 1, colonne 3) : ces chiffres correspondent à l'augmentation en pourcentage, du taux spontané de cancers mortels, par rad d'exposition de l'organisme entier, en prenant en considération tout le temps qu'il reste à vivre pour les personnes exposées. La colonne 3 reflète clairement ce qui est énoncé dans la généralisation 3 : plus le groupe est jeune au moment de l'exposition, plus grave est l'induction de cancer par unité de dose.

Supposons que dans un groupe de 100 garçons nouveau-nés, la mortalité par cancer, sur la vie tout entière, soit de 20 %, c'est à dire de 20 cas. Supposons cependant que, peu après la naissance, chacun reçoive 2 rads d'irradiation pour l'organisme entier. Le tableau 1 nous dit que l'exposition augmentera le taux spontané qui est ici de 20 cas, par (8,45 % par rad) fois (2 rads), soit par 16,9 %. Il y aura ainsi une augmentation de 20 par 0,169, soit environ 3 cas

mortels de cancers radio-induits dans ce groupe exposé. Au lieu de 20, ce groupe souffrira 23 cas de cancers mortels en tout.

Comme le tableau 1 nous le montre, plus le risque par rad est élevé (colonne 3), plus la dose cancérigène est basse (colonne 2). Il est important de garder cette relation inverse à l'esprit.

Diminution moyenne de l'espérance de vie (Tableau 1, colonne 4) : ces chiffres représentent le nombre d'années de vie perdu en moyenne par les individus qui développeront un cancer radio-induit mortel. Ils ne représentent pas la perte de vie du groupe tout entier.

Exemple d'illustration de la dose cancérigène pour l'organisme entier :

supposons que 100 000 garçons nouveau-nés reçoivent chacun un rad pour l'organisme entier avant un an.

Cancers mortels radio-induits = 100 000 personnes-rads / 64 personnes-rads par cancer mortel,

= 1 562,5 cancers mortels induits.

Exemple d'illustration d'augmentation en pourcentage par rad : supposons que 100 000 garçons nouveau-nés reçoivent chacun 1 rad pour l'organisme entier avant 1 an.

Cancers mortels spontanés = 18,5 % sur 100 000 = 18 500 cancers mortels.

Accroissement en pourcentage par rad = 8,45 % par rad (voir tableau 1, colonne 3).

Cancers mortels radio-induits = (cancers mortels spontanés) x (0,0845)

= (18 500 cas) x (0,0845)

= 1 563,2 cancers mortels induits.

Comparaison : Mis à part la petite différence d'unité due au fait qu'on a arrondi les chiffres, les résultats des deux méthodes concordent, comme il se doit quand elles sont correctement utilisées.

Valeurs de risque pour l'individu (Tableau 2) : Si 100 000 nouveau-nés recevant chacun 1 rad/organisme-entier donne 1 562,5 cancers mortels, il s'ensuit que le risque pour chaque individu sera de 1 562,5 divisé par 100 000, c'est à dire 1 chance sur 64. 1 chance sur 64, c'est la même chose que la dose individuelle en rad/organisme-entier, dose cancérigène en rads.

Le tableau 2 énonce les taux de risque pour 1 rad, pour chaque âge. Les doses inférieures ou supérieures à 1 rad sont traitées de la même façon. Exemple : Pour un garçon nouveau-né recevant 3 rad/organisme-entier, le risque est de 3 par 64, soit 1 chance sur 21 de développer un cancer mortel radio-induit. Pour un nouveau-né recevant 0,2 rad/organisme-entier, le risque de développer un jour un cancer mortel radio-induit est de 0,2 par 64, soit 1 chance sur 320.

Il faut remarquer que pour chaque cancer mortel radio-induit il y aura aussi 1 cancer radio-induit supplémentaire non mortel. C'est à dire que le risque total de cancers est 2 fois plus élevé qu'il ne figure dans les tableaux 1 et 2 (cancers mortels) (les tableaux 3 A, B incluent les cancers non mortels).

Expositions de populations toutes entières : Quand des populations d'âges et de sexes mélangés sont exposées à des radiations ionisantes, les incidences de cancer s'évaluent en ajustant les données du tableau 1 au nombre de personnes dans chaque groupe d'âge. Les résultats qui suivent, sont basés sur la pyramide d'âge pour les Etats Unis.

Groupe	Dose cancérigène/ organisme-entier (en personne-rad)	Augmentation en pourcentage des cancers mortels par rad
Sexe masculin	235	2,300
Sexe féminin	300	2,083
Population tous âges et sexes confondus	268	2,163

Exemple d'illustration de la dose cancérigène : Supposons que nous ayons une population, tous âges confondus, de 1 000 000 de personnes, exposée chacune à une moyenne d'un rad/organisme-entier. Combien de cancers mortels seront-ils provoqués ?

1 000 000 personne-rads / 268 personne-rads par cas = 3 731 cancers mortels.

Exemple d'illustration de l'accroissement en pourcentage : Pour la même exposition, l'augmentation correspondante en pourcentage de cancers mortels par rad est de 2,163 %. Pour une population américaine mélangée, on s'attend à 17,25 % de morts par cancer et donc, à 172 500 cancers mortels spontanés pour 1 000 000 de personnes.

Cas radio-induits = $(0,02163) \times (172\ 500) = 3\ 731$ cancers mortels, c'est à dire le même résultat obtenu qu'en utilisant la dose cancérigène comme précédemment.

Induction de leucémies par les radiations ionisantes : Les preuves, en ce qui concerne les humains, d'induction de leucémies par radiations ionisantes, sont très bien établies, tout comme elles le sont pour l'induction de cancers. Mais pour la leucémie, la variation des risques selon l'âge d'exposition est moins

connue. La meilleure approximation est que la dose leucémie/organisme-entier, se situe aux alentours de 6 000 à 7 000 rads/moëlle-organisme-entier par leucémie, quel que soit l'âge d'exposition (Go 87).

4. EXPOSITION PARTIELLE DU CORPS

Pratiques médicales : Dans la plupart des contextes, en particulier dans l'utilisation dentaire et médicale des rayons X et dans l'administration interne de nucléides en médecine nucléaire, on a affaire à une exposition partielle du corps. Il est bien sûr escompté qu'une irradiation partielle du corps donne lieu à moins de cancers par rad que l'irradiation de l'organisme tout entier, puisque de nombreuses parties susceptibles d'induction de cancer ne reçoivent aucune dose ou des doses extrêmement faibles de radiations dispersées. C'est vrai, le risque est moindre.

Comment évaluer le risque : Une simple règle convertit la dose cancérigène/organisme-entier en dose évaluée par organe spécifique. Le risque de cancer, pour un seul organe exposé sera la dose cancérigène/organisme-entier dans cette classe d'âge et de sexe, divisée par la fraction de tous les cancers mortels spontanés dans ce sexe, calculé selon le nombre de cancers pour l'organe en question.

Illustration pour le cancer du sein : Le cancer du sein représente 0,2 de la mortalité par cancer chez les femmes. Pour les femmes de 25 ans la dose cancérigène/organisme-entier, est de 252 personne-rads. Il découle de cette règle que la dose pour le cancer du sein, à cet âge là est de $252 / 0,2$ soit 1 260 rads-sein (dose absorbée par chacun des seins) pour le cancer mortel du sein radio-induit. Ainsi donc, le risque individuel, pour une femme qui reçoit une dose de 3 rads-sein, à l'âge de 25 ans est 3 par 1260 , soit une chance sur

420. Le taux mortel pour chaque groupe de 420 de ces femmes est de 1 cancer du sein radio-induit mortel, plus 1 cancer non mortel.

Variation des risques pour les examens de diagnostic aux rayons X

(Tableaux 3 A et 3 B) : Les taux de cancer radio-induits par les pratiques courantes de rayons X, y compris les mammographies et scanners CAT, ont récemment été évalués par Gofman et O'Connor (Go 85) dans leurs tableaux "retombées à froid". Ces tableaux, dont le tableau 3 A est un exemple, sont directement dérivés des principes que j'ai expliqués. Le risque de cancer par examen des vertèbres lombo-sacrées, n'est pas un risque de cancer des os dont le pourcentage spontané est très bas. Les taux de risque dans le tableau 3 A représentent les risques combinés de cancers radio-induits de l'estomac, de la vessie, du gros intestin, des reins, du pancréas, du rectum, de la prostate, de l'utérus ou des ovaires -qui risquent tous de se produire- à cause des doses de radiations reçues pendant cet examen.

Le tableau 3 B qui résume les résultats de 10 tableaux similaires, montre que de tels examens se caractérisent par des risques très faibles de cancers induits, en particulier pour les examens des membres et tous les examens sur des personnes âgées de plus de 50 ans, au moment de l'exposition. Bien sûr, les patients les plus jeunes sont ceux qui courent les risques les plus élevés pour n'importe quel examen aux rayons X.

Les tableaux 3 A et 3 B sont basés sur les doses typiques administrées par les institutions dans tout le pays, telles qu'elles ont été recensées par la FDA. Ces recensements ont aussi montré que certaines institutions parviennent à des clichés aux rayons X parfaits, avec des doses 10, 20, et quelquefois jusqu'à 50 fois moindres que les doses administrées par d'autres institutions. Les centres qui administrent ces doses excessives et ces risques inutiles de cancers, savent rarement ce qu'ils font. La plupart du temps, il se réfèrent à des manuels pour

calculer leurs doses, au lieu de les mesurer effectivement. Or ces mesures sont beaucoup plus fiables, et ne sont pas coûteuses.

Les centres qui mesurent leurs doses de façon régulière, sont capables de reconnaître les problèmes de surdosage et de corriger en conséquence.

Certains centres sont parvenus à une réduction par 3 des doses, et donc des risques, simplement par un meilleur soin dans le traitement de leurs clichés, à une réduction par 6 par un choix méticuleux des combinaisons film-écran, et à une réduction par 2 par un choix méticuleux des filtres (Ta 83).

A la clinique Mayo, le Docteur Joël Gray et ses collaborateurs, ont mis au point des techniques pour parvenir à une réduction par 50 des doses reçues par les seins pour les rayons X sur la colonne vertébrale supérieure, si fréquemment utilisé pendant le traitement de la scoliose (Gr 83). A propos des centres qui refusent de dire les doses qu'ils administrent, il déclare : mon sentiment est que s'ils ne veulent pas le dire, c'est parce qu'ils ne le savent pas. Et s'ils ne le savent pas, ils font peut être partie des centres qui administrent 100 fois la dose nécessaire." (Gr 84)

L'avantage des rayons X avec un risque divisé par 3 : Une estimation tout à fait modérée du Docteur Kenneth Taylor, véritable expert en réduction de doses, est qu'il serait facile de parvenir à une réduction par 3 des doses moyennes pour les rayons X, sans perdre dans la qualité de l'image (Ta 79). Une estimation modérée de Madame O'Connor et moi-même (Go 85), est qu'une réduction par 3 des doses moyennes des rayons X éviterait 50 000 cas de cancers, chaque année, aux Etats Unis -sans qu'on renonce à aucun examen aux rayons X, ni à ses avantages-. Mis à part le fait de cesser de fumer je ne connais aucune mesure de prévention du cancer qui soit aussi simple et aussi sûre de marcher que le fait d'éviter les centres radiologiques négligeants en ce qui concerne l'administration des doses.

5. QUESTION A L'ORDRE DU JOUR : DISPARITE DANS LES ESTIMATIONS DES RISQUES

Bien que les diagnostics par rayons X aient été l'une des pratiques médicales les plus utilisées en médecine depuis des décennies, les risques de cancers par dose de rad, sont restés non chiffrés pratiquement jusqu'à 1969. Les premières tentatives de les quantifier (Go 69, Go 70 A, Go 70 B, Go 71) ont provoqué une résistance unanime et finalement un rapport du Comité BEIR-1 (Beir 72) en 1972 sous l'égide de l'Académie Nationale des Sciences. Depuis, il y a eu de nombreux comités et de nombreuses évaluations. Les deux comités les plus couramment cités sont le UNSCEAR des Nations Unies et le BEIR-3, qui fut présidé par le Docteur Edward Radford en 1980. Il y a actuellement une disparité notoire dans les estimations des risques, comme le reflètent les estimations de la dose cancérigène/organisme-entier pour les populations tous âges confondus.

<u>Année</u>	<u>Source</u>	<u>Dose cancérigène/ Organisme-entier en Personne-rads</u>	
1977	Comité UNSCEAR	10 000	(Un77)
1980	Comité BEIR-3, Tableau V-4	4 400	(Beir80)
1981	Gofman, estimation indépendante	268	(Go81)
1982	Comité UNSCEAR	10 000	(Un82)
1985	Radford, estimation indépendante	1 000	(Ra85)
1987	Gofman, estimation indépendante basée sur des données humaines récentes (Pr86)	254	(Go87)

Manifestement, certaines des affirmations sont complètement erronées et donc absolument inutiles pour la médecine.

UNSCEAR, dans son rapport de 1986 (Un86), n'affirme ni ne répudie sa valeur de 10 000. Aujourd'hui, ce comité n'émet aucune valeur. Cette omission indique qu'il désire probablement écarter sa valeur de 10 000, car c'est là un chiffre qui n'a aucun rapport avec aucune des preuves existantes.

La valeur donnée par BEIR-3 est considérée par son propre président, le Docteur Edward Radford, comme étant une sous-estimation par un facteur 4,4 des risques de cancer (Ra85).

Mes propres estimations de 1981 se basaient exclusivement et directement sur des études épidémiologiques humaines, portant sur 20 séries distinctes de personnes exposées. Contrairement au comité BEIR-3, je n'invoque pas de données sur les mécanismes in vitro de la cellule, d'hypothèses radio-biologiques sur ce que l'épidémiologie devrait prouver, ni de données sur les animaux ou de modèles de manipulations mathématiques élaborées des observations. J'essaie de laisser parler elles-mêmes les données sur les populations exposées et non exposées.

En 1986, Preston et ses collaborateurs (Pr86) ont produit des résultats sur 4 années de suivi des survivants des bombes atomiques de Hiroshima et Nagasaki. Ces séries portent non seulement sur des hautes doses mais, ce qui est beaucoup plus important, elles comprennent près de 29 000 personnes ayant reçu une dose moyenne de rayons gamma absorbés de pas plus de 1,27 rad, ainsi qu'un autre groupe de 15 000 personnes ayant reçu une moyenne de 9,36 rads. Ces niveaux-doses ont une pertinence directe pour la pratique médicale. L'argument qu'il n'existe pas de preuve pour l'homme de cancers radio-induits en dessous de doses de 50 rads (Br83), est de la désinformation pure et simple.

Puisque les séries sur Hiroshima-Nagasaki constituent l'étude la plus citée par UNSCEAR et BEIR-3, je tenais à examiner directement les observations de

Preston en elles-mêmes, non combinées avec les données d'autres séries. La dose cancérigène/organisme-entier qui s'en dégage pour les groupes ayant reçu la moindre exposition, est de 254 personne-rads pour un cancer mortel radio-induit (Go87). Cette confirmation de mes propres évaluations de 1981, confirmation basée sur une analyse de novo de nouvelles données séparées, constitue une excellente raison pour vous affirmer que la dose cancérigène/organisme-entier correcte pour l'exposition aux faibles doses, est inférieure à 300 personne-rads pour chaque cancer mortel supplémentaire.

Nos séminaires s'intitulent "Conférences post-diplôme en médecine hospitalière". L'adoption d'une estimation du risque correcte pour le cancer radio-induit constituera un progrès important, mais les progrès se font rarement sans remous. Avec les nouvelles preuves apportées par Preston, attendez-vous à des remous autour de cette question avant que nous ne nous revoyions.

6. DEBAT ACTUEL : UN NIVEAU-DOSE INOFFENSIF ?

Pendant des décennies, il fut suggéré qu'il y avait peut être des doses de faibles radiations inoffensives quant à l'induction de malignités. Il faut prendre au sérieux une perspective si réjouissante, et c'est ce que j'ai fait. La prétendue preuve pour l'homme d'un seuil sans danger repose essentiellement sur des comparaisons des taux de cancers humains dans des régions à doses de rayonnement naturel faible ou élevé. J'ai examiné soigneusement ces comparaisons (y compris Fr76), et j'ai expliqué leur caractère fallacieux (Go81). Les données humaines existantes ne fournissent tout simplement aucun fondement sur l'existence d'un seuil sans danger en ce qui concerne les malignités.

Tout le contraire, des preuves solides de l'absence d'un seuil sans danger sont déjà disponibles. L'analyse de cinq études distinctes sur l'homme (My69, Mo77, Bo77, St70 et Ba81 et 83), révèle que même le niveau-dose le plus faible possible produit des cancers radio-induits (Go86). Même au niveau-dose minimum -qui est le défi d'une trace d'ionisation primaire au mécanisme réparateur du noyau cellulaire- le mécanisme réparateur ne fonctionne pas parfaitement. Si la réparation se faisait parfaitement, on n'observerait pas de cancers additionnels pour des expositions au niveau-dose minimum pendant 8 heures. Or on observe des malignités supplémentaires dans les 5 études en question.

A mesure que cette réfutation de l'existence de dose dans danger se répandra, il y aura évidemment des remous car l'espoir d'un seuil sans danger est alimenté par des institutions prestigieuses (Ev86, Un86). La résistance sera féroce parmi les tenants de l'"Hormesis", cette idée que les faibles doses de radiations ionisantes pourraient protéger contre les malignités. Mais je compte quand même que la preuve l'emportera finalement sur la non preuve et sur ce travers qui consiste à prendre ses désirs pour des réalités.

Et enfin, je dois aussi mentionner cette notion activement répandue que (A) le risque de cancer par rayonnement est moindre si une dose donnée est administrée en petites portions plutôt que d'un seul coup et, (B) que le risque par rad est moindre dans la gamme des faibles doses que dans celle des fortes doses (Beir80, Ev86, Nih85, Un86). En ce qui concerne A, les preuves d'après les études du cancer du sein montrent que le risque n'est pas réduit en fractionnant une forte dose en petites doses (My69, Bo77, Bo79, Ba81 et 83). En ce qui concerne B, les données sur Hiroshima et Nagasaki prouvent exactement le contraire ; le risque cancérigène par rad est en fait plus élevé dans la gamme des faibles doses que dans la gamme des fortes doses (Go81, Go87).

Les démentis des vrais dangers des radiations prennent diverses formes, pourtant les preuves qui réfutent chacune d'entre elles sont en accord avec la science. Par exemple, quand il y a preuve que le risque par rad augmente alors que la dose s'abaisse, il serait bien surprenant qu'un abaissement supplémentaire de dose atteigne soudain un seuil inoffensif. En fait il y a cohérence dans la preuve que même un niveau dose minimum de rayonnements ionisants entraîne un supplément de cancer.

En tant que médecin, je pourrais souhaiter qu'il existe un seuil sans danger, mais en tant que médecin aussi, je sais que les patients ont tout à gagner quand nous sommes réalistes sur la mesure des effets secondaires mortels de tout ce que nous pouvons prescrire, que ce soit une opération, un médicament, ou une exposition aux radiations ionisantes.

TABLEAU 1

Doses cancérigènes/organisme-entier, Accroissement en pourcentage par rad (vie tout entière), et perte d'espérance de vie (pour ceux mourant de cancer radio-induit)

(1)	(2)	(3)	(4)
Age d'exposition (en années)	Doses cancérigènes/ organisme-entier (personne-rads par cancer mortel)	Accroissement en pourcentage par taux de cancer mortel par rad	Perte moyenne d'espérance de vie (en années) par cancer mortel radio-induit
.....Sexe Masculin			
0	64	8.45	22.3
5	71	7.61	20.1
10	88	6.14	17.9
15	178	3.04	15.9
20	200	2.70	14.2
25	201	2.69	12.8
30	234	2.31	11.6
35	328	1.65	10.6
40	538	1.00	9.6
45	1233	0.44	8.7
50	13434	0.04	8.0
55 *	19590	0.03	7.1
.....Sexe Féminin			
0	68	9.19	28.9
5	80	7.81	26.3
10	104	6.01	23.6
15	217	2.88	21.0
20	249	2.51	18.6
25	252	2.48	16.6
30	285	2.19	14.8
35	399	1.57	13.0
40	636	0.98	11.5
45	1412	0.44	10.2
50	14615	0.04	9.3
55 *	20960	0.03	8.5

* Au-delà de 55 ans, aucun cancer mortel radio-induit n'a été observé par les études épidémiologiques.

TABLEAU 2

Risque individuel de cancer mortel radio-induit pour un rad/organisme-entier de radiation

Age d'exposition (en années)	Risque par individu, Sexe Masculin	Risque par individu, Sexe Féminin
0	1563 sur 100000 ; ou 1 sur 64	1471 sur 100000 ; ou 1 sur 68
5	1408 sur 100000 ; ou 1 sur 71	1250 sur 100000 ; ou 1 sur 80
30	1136 sur 100000 ; ou 1 sur 88	962 sur 100000 ; ou 1 sur 104
15	562 sur 100000 ; ou 1 sur 178	461 sur 100000 ; ou 1 sur 217
20	500 sur 100000 ; ou 1 sur 200	402 sur 100000 ; ou 1 sur 249
25	498 sur 100000 ; ou 1 sur 201	397 sur 100000 ; ou 1 sur 252
30	427 sur 100000 ; ou 1 sur 234	351 sur 100000 ; ou 1 sur 285
35	305 sur 100000 ; ou 1 sur 328	251 sur 100000 ; ou 1 sur 398
40	186 sur 100000 ; ou 1 sur 538	157 sur 100000 ; ou 1 sur 637
45	81 sur 100000 ; ou 1 sur 1234	71 sur 100000 ; ou 1 sur 1408
50	7.4 sur 100000 ; ou 1 sur 13500	7 sur 100000 ; ou 1 sur 14500
55	5 sur 100000 ; ou 1 sur 20000	4.8 sur 100000 ; ou 1 sur 21000

Le risque individuel de cancer mortel radio-induit par rad, est pour ceux ayant été exposés avant l'âge d'un an, environ 300 fois supérieur à ce qu'il est à l'âge de 55 ans.

TABLEAU 3 A

AG 20 ANS
VERTEBRES LOMBO-SACREES

EC : Examen Courant
Testicules dose EC : 40 mrad
Ovaires dose EC : 543 mrad
Embryon dose EC : 527 mrad

Examen courant (EC) : Un AP, un LAT, et
un OBL-PA (Total 3 clichés)

Taux de leucémies futures par Examen courant :
Sexe Masculin : 46 par million = 1 sur 21 700
Sexe Féminin : 29 par million = 1 sur 34 500

Taux de cancers futurs par Examen courant : (Fumeurs)
Sexe Masculin : 3 402 par million = 1 sur 294 (EC x 1.03)
Sexe Féminin : 2 970 par million = 1 sur 337 (EC x 1.03)

Par cliché	Dose d'entrée	Rayon HVL	Risque de cancer sexe masculin	Risque de cancer sexe féminin
AP	0.911 R	2.4 mm Al	1502 par million	1204 par million
PA	1.952 R	2.4 mm Al	1485 par million	1319 par million
LAT	3.480 R	2.6 mm Al	926 par million	928 par million
OBL-PA	1.606 R	2.5 mm Al	974 par million	838 par million

mrad : millirad, R : roentgen, AP : rayon se déplaçant
0.001 rad Dose d'entrée de l'avant vers l'arrière

PA : rayon se déplaçant LAT : rayon se déplaçant
de l'arrière vers l'avant latéralement

TABLEAU 3 B

Question : Quels sont les risques personnels de contracter un jour un cancer, en conséquence d'un des 10 examens courants aux rayons X, effectué dans des conditions normales ?

- Nouveau né : examen du thorax (2 clichés)
Garçon : 1 chance sur 3 500 Fille : 1 chance sur 1 800
 - A 5 ans : examen de l'avant-bras (2 clichés)
Garçon : 1 chance sur 300 000 Fille : 1 chance sur 350 000
 - A 5 ans : Angiocardiographie
(40 photos plus 30 minutes de fluoroscopie)
Garçon : 1 chance sur 120 Fille : 1 chance sur 80
 - A 10 ans : examen dentition complète (16 photos)
Garçon : 1 chance sur 600 Fille : 1 chance sur 1 400
 - A 15 ans : examen dentition complète (16 photos)
Garçon : 1 chance sur 900 Fille : 1 chance sur 2 400
 - A 20 ans : Colonne vertébrale supérieure (2 photos, grand angle)
Homme : 1 chance sur 1 300 Femme : 1 chance sur 600
 - A 20 ans : examen dentition complète (22 photos)
Homme : 1 chance sur 650 Femme : 1 chance sur 1 750
 - A 35 ans : Mammographie
(2 clichés pour chacun des seins) selon la méthode de Xéroradiographie
Homme : ne s'applique pas Femme : 1 chance sur 900 (cancer du sein)
 - A 40 ans : Angiocardiographie
(40 photos plus 30 minutes de fluoroscopie)
Homme : 1 chance sur 800 Femme : 1 chance sur 500
 - A 55 ans : examen de la hanche (2 clichés)
Homme : 1 chance sur 210 000 Femme : 1 chance sur 190 000
- * Les tableaux proviennent du livre, Rayons X : effets sur la santé des examens courants, 1985 (Go85), 3 A page 135 et 3 B page 4.