

DOSE EFFICACE : PEUT-ON VRAIMENT L'UTILISER POUR ESTIMER UN RISQUE INDIVIDUEL ?

Éric BLANCHARDON & Énora CLÉRO
Pôle Santé-Environnement, IRSN

*Tutoriale aux Rencontres PCR 2022 de la SFRP
Lyon, 08-09 novembre 2022*

ANNALS OF THE
IGRP

PUBLICATION 147

Use of Dose Quantities in Radiological
Protection

VOLUME 50 NO. 1, 2021

ISSN 0146-6453 • ISBN 9781529773910



*Lectures
conseillées*

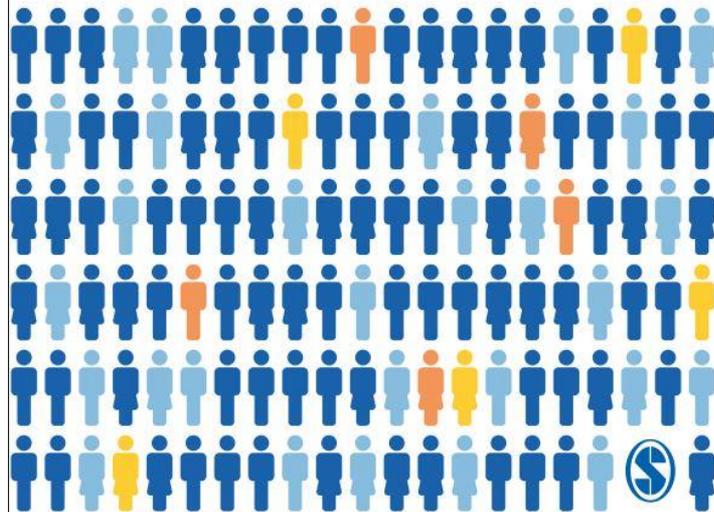
ANNALS OF THE
IGRP

PUBLICATION 152

Radiation Detriment
Calculation Methodology

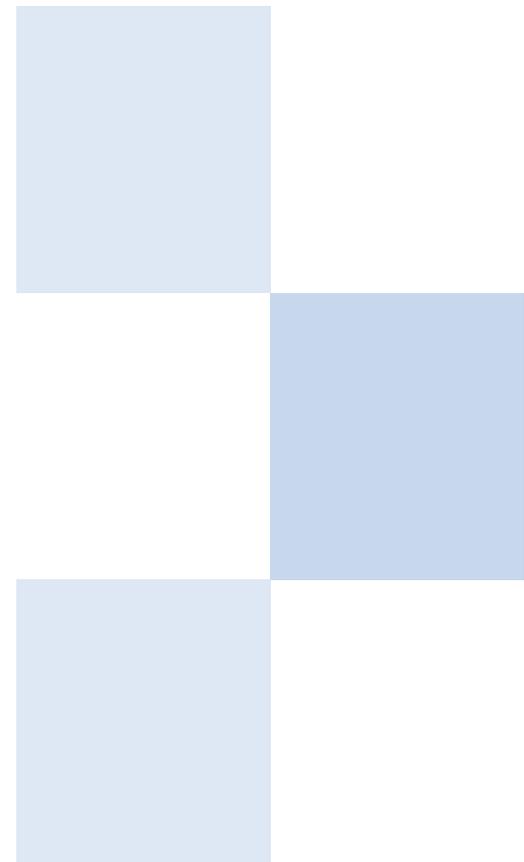
VOLUME 51 NO. 3, 2022

ISSN 0146-6453 • ISBN 9781529619003



Sommaire

1. **Calcul de la dose efficace**
2. Construction du détriment
3. Application à l'imagerie médicale
4. Application aux situations accidentelles
5. La dose efficace comme indicateur approximatif du risque
6. Autre point de vue
7. Conclusion



Calcul de la dose efficace

Dose absorbée D

Energie moyenne déposée localement par les particules qui interagissent dans un volume élémentaire de masse Δm

$$\varepsilon = E1 + E2' + E3 = E_{\text{particules entrantes}} - E_{\text{particules sortantes}} + E_{\text{transformations internes au volume}}$$

$$D = d\varepsilon/dm$$

Exprimée grays
(1 Gy = 1 J.kg⁻¹)

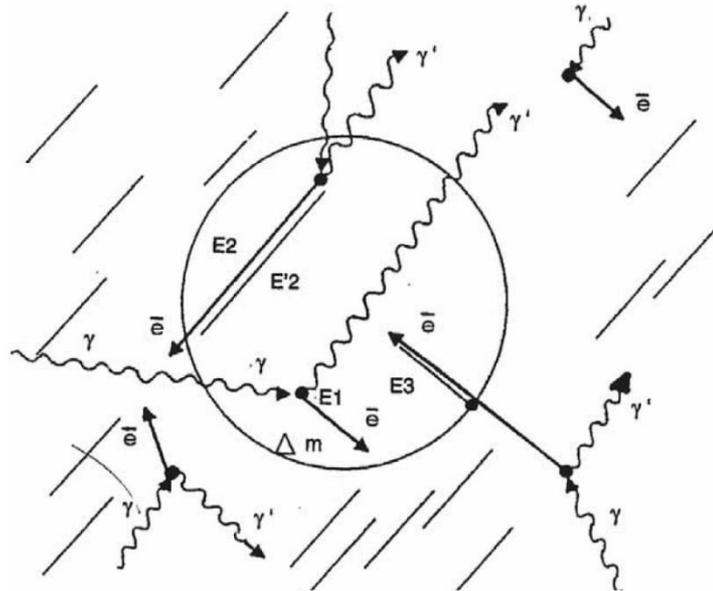
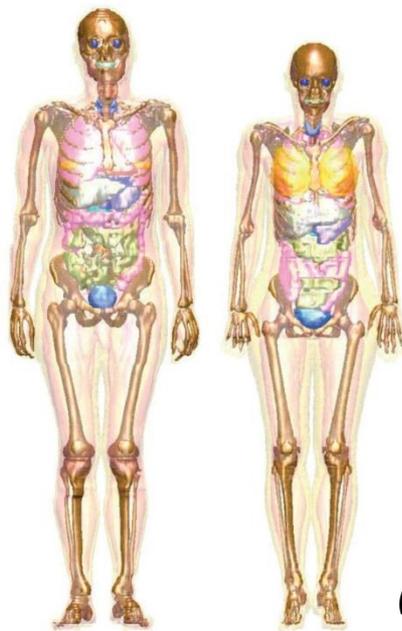


Figure 3.3. Énergie transmise et cédée dans le milieu (d'après H. de Choudens et G. Troesch, 1997).

Calcul de la dose efficace

Dose absorbée moyenne $D_{T,R}$ dans la région T due au rayonnement de type R

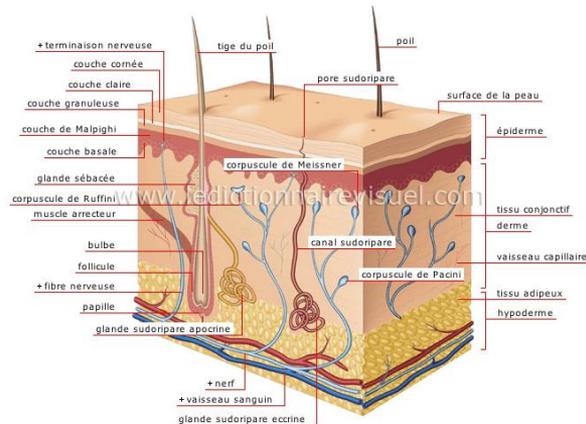
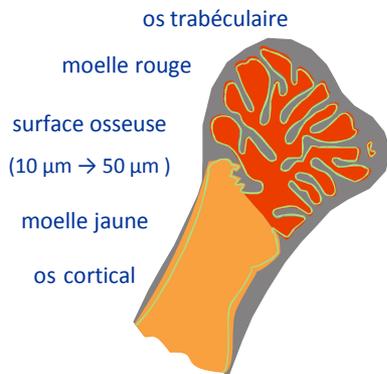
T = organe (ex: foie), tissu (ex: moelle osseuse) ou région sensible d'un tissu (ex: surface osseuse)



fantôme masculin
de référence

fantôme féminin
de référence

(Publication CIPR 110)



Dose à la peau

- pour le calcul de la dose efficace = moyenne sur les voxels externes des fantômes (~ 2 mm)
- pour la prévention des effets tissulaires = dose moyenne à 50-100 μm de la surface du cm^2 le plus exposé

Calcul de la dose efficace

Les risques par Gy diffèrent suivant les rayonnements



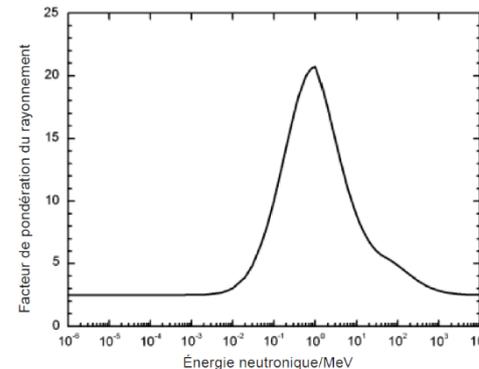
Dose équivalente H_T

- Somme pondérée des doses absorbées dues à tous les types de rayonnement R

$$H_T = \sum_R w_R \times D_{T,R} \quad \text{exprimée en sieverts (1 Sv = 1 J.kg}^{-1}\text{)}$$

- Facteurs de pondération w_R pour les rayonnements

| type de rayonnement | w_R |
|---|-------|
| photons | 1 |
| électrons et muons | 1 |
| Protons et pions chargés | 2 |
| particules α , fragments de fission, noyaux lourds | 20 |



neutrons

$$w_R = \begin{cases} 2,5 + 18,2 \cdot e^{-[\ln(E_n)]^2/6} & \text{pour } E_n < 1 \text{ MeV} \\ 5,0 + 17,0 \cdot e^{-[\ln(2 \cdot E_n)]^2/6} & \text{pour } 1 \text{ MeV} \leq E_n \leq 50 \text{ MeV} \\ 2,5 + 3,25 \cdot e^{-[\ln(0,04 \cdot E_n)]^2/6} & \text{pour } E_n > 50 \text{ MeV} \end{cases}$$

Calcul de la dose efficace

L'irradiation du corps peut être inhomogène



Dose efficace E

- Somme pondérée des doses équivalentes reçues par les tissus

$$E = \sum_T w_T \times \left[\frac{H_T^M + H_T^F}{2} \right] \quad \text{exprimée en sieverts (1 Sv = 1 J.kg}^{-1}\text{)}$$

- Facteurs de pondération w_T pour les tissus

| organe ou tissu | w_T |
|--|-------|
| moelle rouge hématopoïétique, côlon, poumons, estomac, sein, "le reste"* | 0,12 |
| gonades | 0,08 |
| vessie, œsophage, foie, thyroïde | 0,04 |
| surface osseuse, cerveau, glandes salivaires, peau | 0,01 |

$$\sum_T w_T = 1$$

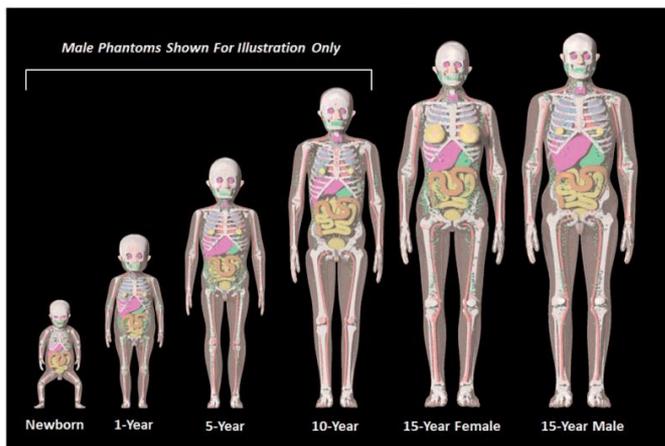
* $H_{\text{"le reste"}}$ = moyenne des doses équivalentes aux glandes surrénales, voies respiratoires extra-thoraciques, vésicule biliaire, cœur, reins, ganglions lymphatiques, muscle, muqueuse buccale, pancréas, intestin grêle, rate, thymus et prostate (homme) ou utérus (femme)



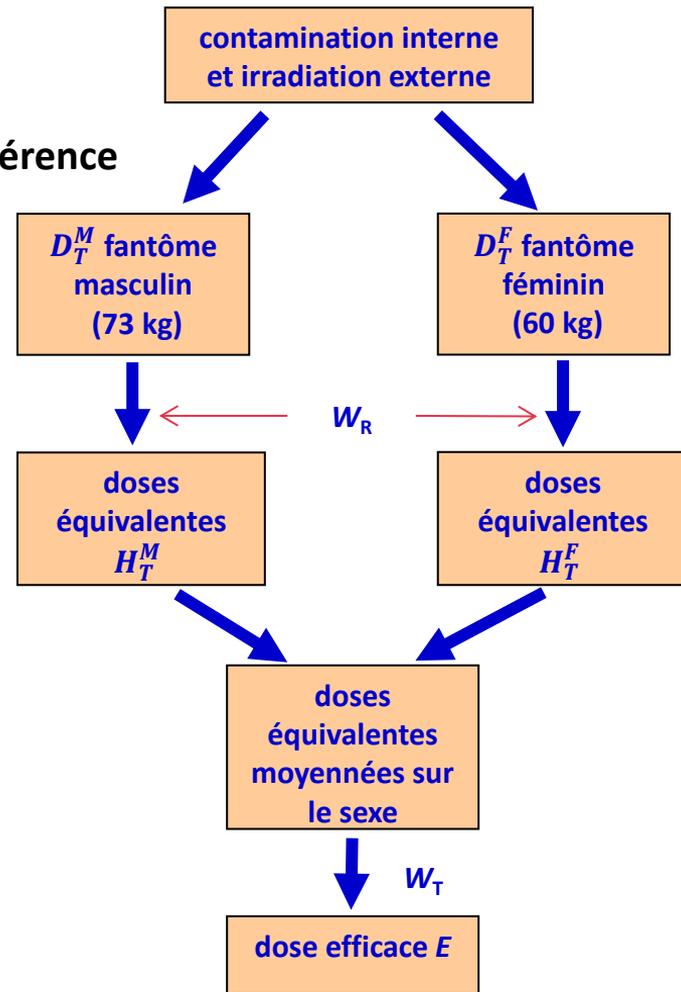
Calcul de la dose efficace

La dose efficace est définie et évaluée pour une personne de référence

- Elle ne tient pas compte des caractéristiques spécifiques de l'individu exposé
- En particulier, les w_T sont indépendants de l'âge et du sexe
- Il existe cependant des modèles dosimétriques spécifiques pour les enfants et pour la femme enceinte

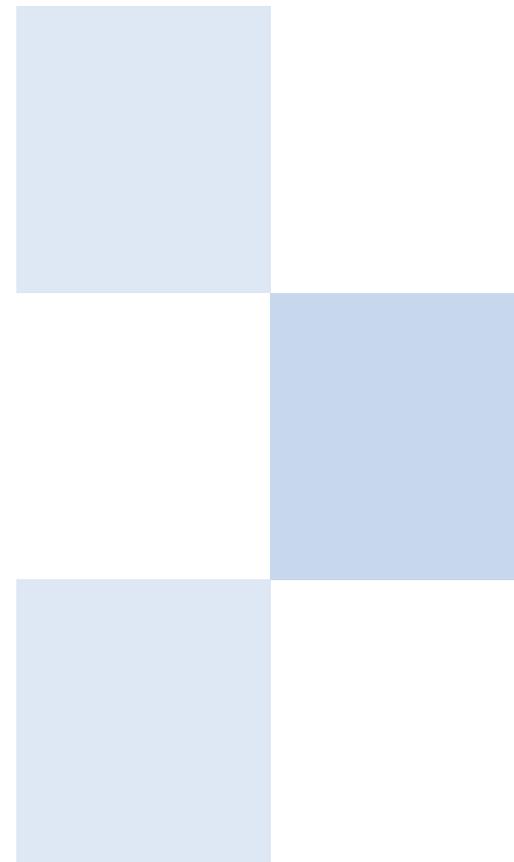


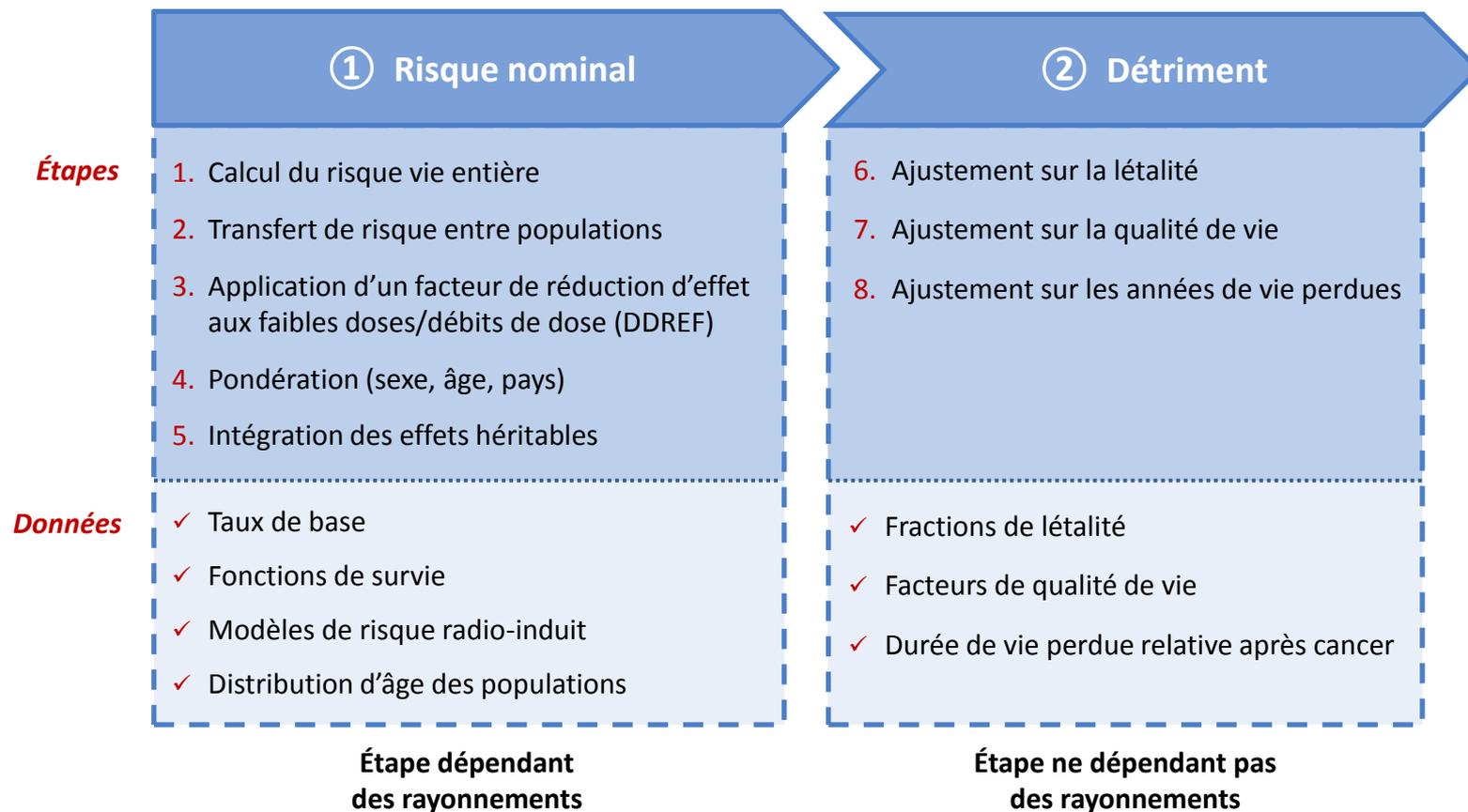
(Publication CIPR 143)



Sommaire

1. Calcul de la dose efficace
2. **Construction du détriment**
3. Application à l'imagerie médicale
4. Application aux situations accidentelles
5. La dose efficace comme indicateur approximatif du risque
6. Autre point de vue
7. Conclusion





Construction du détriment (cas pour 10 000 individus par Sv)

W_T : dose efficace

| Tissus/organe | Risque nominal | Fraction de létalité | Pondération sur la qualité de vie | Perte relative de durée de vie | Détriment | Contribution au détriment | W_T |
|----------------------|----------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------|---------------------------|-------|
| | R | k | q | l | D | | |
| Œsophage | 15 | 0,93 | 0,935 | 0,87 | 13,1 | 0,023 | 0,04 |
| Estomac | 79 | 0,83 | 0,846 | 0,88 | 67,7 | 0,118 | 0,12 |
| Côlon | 65 | 0,48 | 0,530 | 0,97 | 47,9 | 0,083 | 0,12 |
| Foie | 30 | 0,95 | 0,959 | 0,88 | 26,6 | 0,046 | 0,04 |
| Poumon | 114 | 0,89 | 0,901 | 0,80 | 90,3 | 0,157 | 0,12 |
| Os | 7 | 0,45 | 0,505 | 1,00 | 5,1 | 0,009 | 0,01 |
| Peau | 1 000 | 0,002 | 0,002 | 1,00 | 4,0 | 0,007 | 0,01 |
| Sein | 112 | 0,29 | 0,365 | 1,29 | 79,8 | 0,139 | 0,12 |
| Ovaire | 11 | 0,57 | 0,609 | 1,12 | 9,9 | 0,017 | - |
| Vessie | 43 | 0,29 | 0,357 | 0,71 | 16,7 | 0,029 | 0,04 |
| Thyroïde | 33 | 0,07 | 0,253 | 1,29 | 12,7 | 0,022 | 0,04 |
| Moelle osseuse | 42 | 0,67 | 0,702 | 1,63 | 61,5 | 0,107 | 0,12 |
| Autres cancers | 144 | 0,49 | 0,541 | 1,03 | 113,5 | 0,198 | 0,12 |
| Gonades (héritables) | 20 | 0,80 | 0,820 | 1,32 | 25,4 | 0,044 | 0,08 |
| Total | 1 715 | | | | 574,2 | 1 | 0,01 |
| | | | | | | | 0,01 |
| | | | | | | | 1 |

Population générale : Tableaux A.4.1 et A.4.5, Publication 103, CIPR 2007

Cerveau
Glandes salivaires

Construction du Risque Nominal

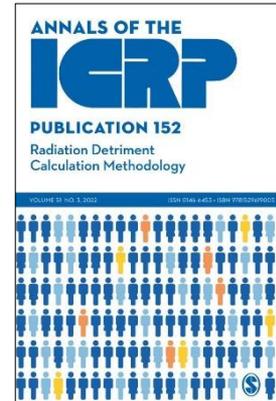
Estimation du risque vie entière attribuable à une exposition donnée aux RI, en nombre de cas pour 100 000 personnes

Données nécessaires

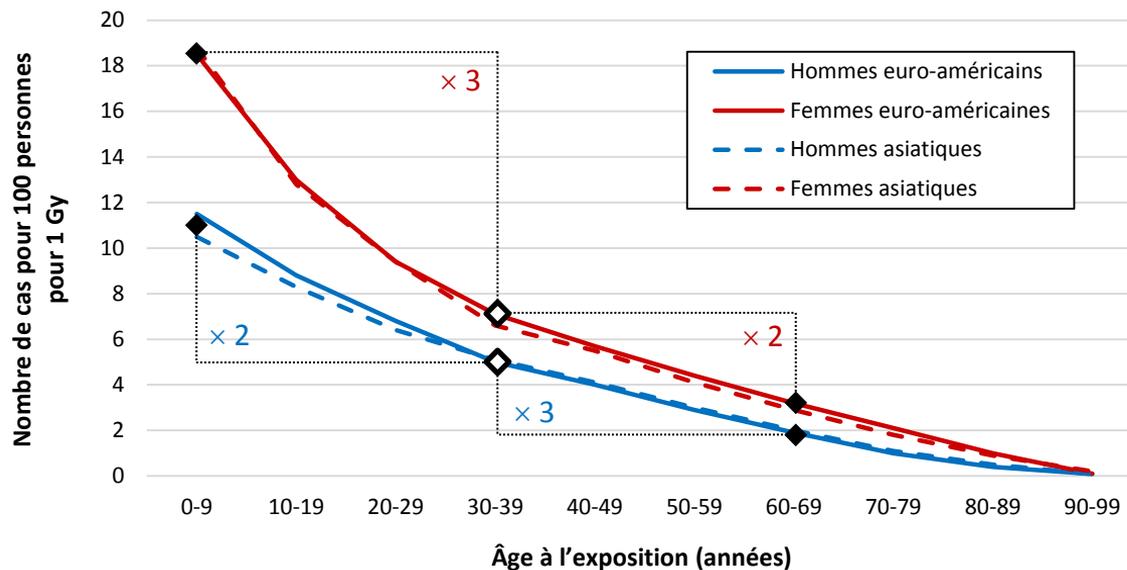
- Données de référence : taux de base, fonction de survie, pyramide des âges
→ Populations : euro-américaine, asiatique / hommes, femmes
- Modèles de risque : relation dose-risque, avec effet modifiant de l'âge, suppose une relation linéaire sans seuil, applique un coefficient de réduction de pente de 2 (DDREF)
→ Dérivés de la cohorte des survivants de Hiroshima et Nagasaki

Application par la CIPR

- Calculé pour 14 organes ou types de cancer
- Moyenné entre les hommes et les femmes, euro-américains et asiatiques
- Moyenné sur l'âge à l'exposition de 0 à 90 ans
- Risque additionnel cumulé jusqu'à l'âge de 95 ans



Variation du risque vie entière « tous cancers » par Gy selon l'âge et le sexe



En tenant compte de tous les sites de cancer combinés, les risques du groupe exposé à 30-39 ans sont estimés à ≈ 2 à 3 fois inférieurs à ceux des jeunes enfants exposés (0-9 ans) et ≈ 2 à 3 fois supérieurs à ceux du groupe exposé à 60-69 ans

(ICRP Publication 147, 2021)

Variation du risque vie entière par Gy selon l'âge et le sexe pour le cancer du poumon et de la thyroïde

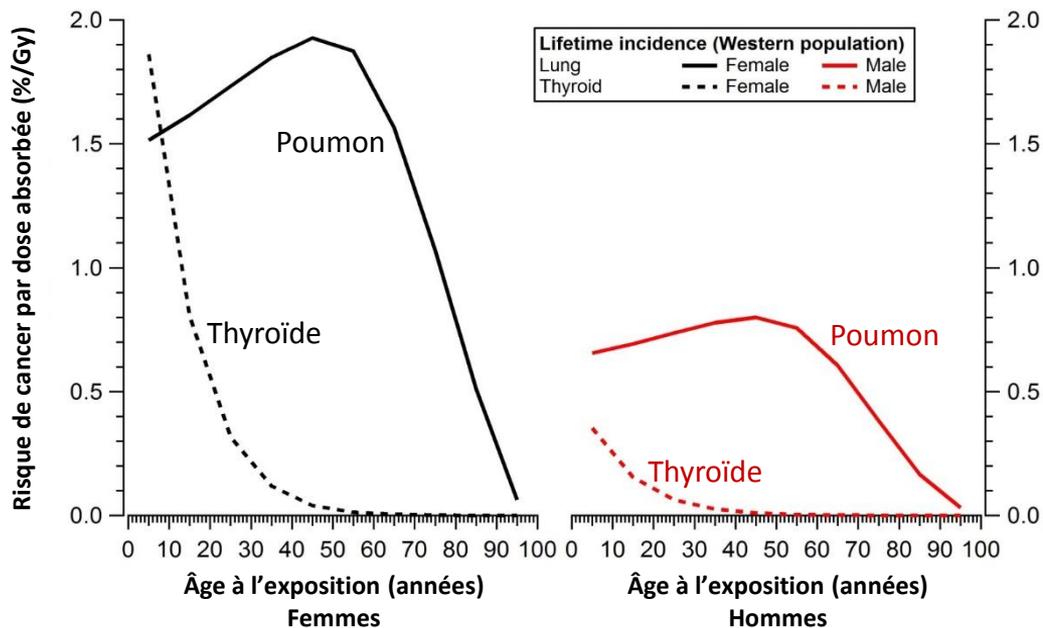
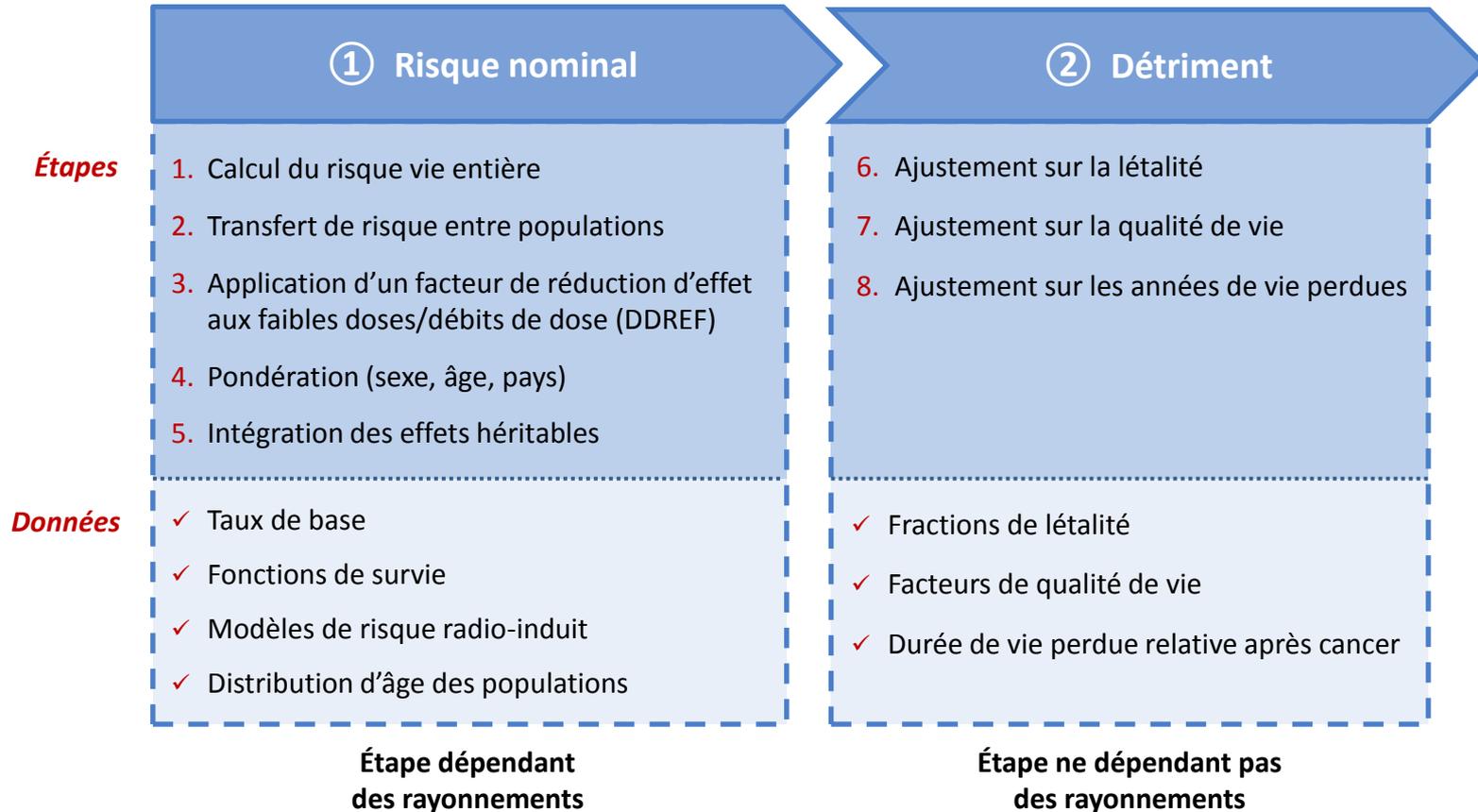
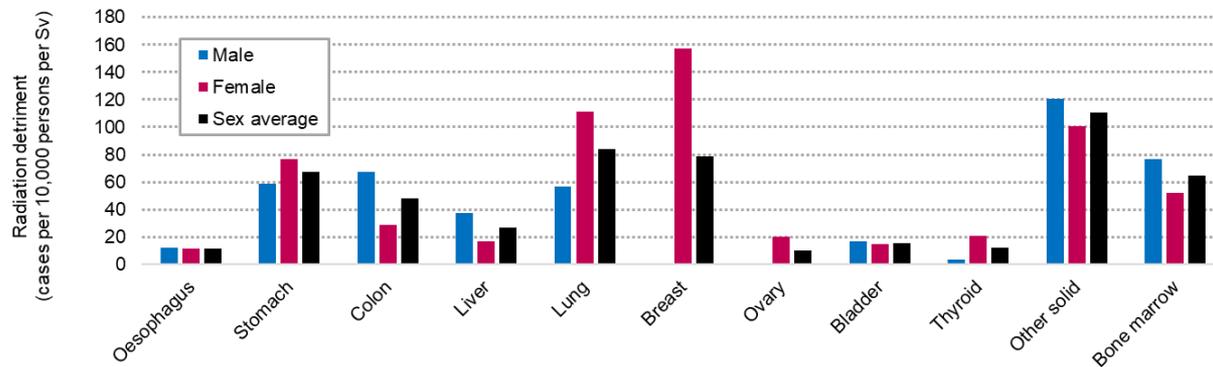
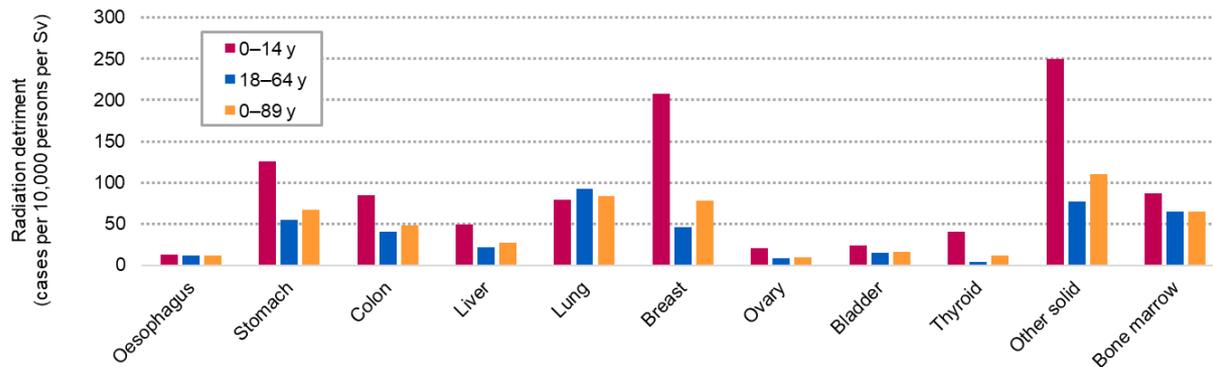


Fig. 2.1. Lifetime attributable risks of cancer incidence per absorbed dose (cases per 100 per Gy; %/Gy) by sex and age at exposure, from uniform external exposure to gamma rays for the ICRP Euro-American composite population for lung and thyroid cancer (from Table 2.4)

(ICRP Publication 147, 2021)



Variation du détriment selon l'âge, le sexe et le type de cancer



Âge au moment de l'exposition :

Une exposition pendant l'enfance entraîne des risques plus élevés au cours de la vie pour la plupart des cancers qu'une exposition à l'âge adulte

La contribution relative de chaque site de cancer au détriment global varie considérablement en fonction du **sexe** et de l'**âge**.

Ces variations ne sont pas prises en compte actuellement dans le calcul des W_T .

(ICRP Publication 152, 2022)

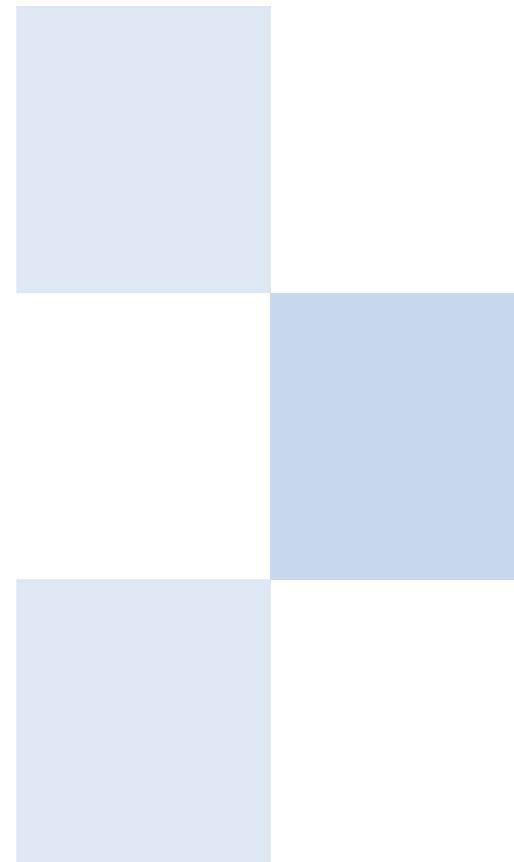
La dose efficace E est un outil de gestion du risque

- E permet d'**additionner toutes les expositions aux rayonnements** en ajustant suivant le risque avec des facteurs de pondération simplifiés
- E est utilisée pour **optimiser la protection** et **limiter l'exposition** dans la planification et le contrôle réglementaire
- E s'applique sans incertitudes et se relie à un **détriment nominal** pour une irradiation externe **uniforme** à du rayonnement à faible TEL, sous l'hypothèse d'une **relation dose-risque linéaire sans seuil** et d'une équivalence entre les expositions chroniques et aiguës, internes et externes

(ICRP Publication 147, 2021)

Sommaire

1. Calcul de la dose efficace
2. Construction du détriment
3. Application à l'imagerie médicale
4. Application aux situations accidentelles
5. La dose efficace comme indicateur approximatif du risque
6. Autre point de vue
7. Conclusion



Application à l'imagerie médicale

Utilisation des indicateurs dosimétriques mesurables

- radiologie conventionnelle : produit dose · surface (PDS, cGy.cm²) ou dose à la surface d'entrée (De, mGy)
- mammographie : dose à l'entrée (De, mGy) ou dose moyenne à la glande (DMG, mGy)
- radiologie dentaire : produit dose · surface (PDS, cGy.cm²)
- scanographie : indice de dose scanographique du volume (IDSV, mGy) et produit dose · longueur (PDL, mGy.cm)
- médecine nucléaire : activité administrée (MBq)

Préférée à la dose efficace pour

- enregistrement des doses patients
- comparaison de différentes machines, procédures, services pour un même examen
- établissement de niveaux de référence diagnostiques (NRD)
- optimisation d'une technique d'imagerie

(ICRP Publication 147, 2021)

Application à l'imagerie médicale

La dose efficace est utile pour

- comparer des techniques qui exposent des **régions du corps différentes**,
- fournir un indicateur pour classer les procédures médicales en grandes catégories de risque radiologique, à des fins de **communication avec patients et praticiens**,
- aider les décisions concernant
 - la **justification** des procédures médicales
 - la planification de l'exposition des volontaires en **recherche** biomédicale et des **accompagnants**
 - l'évaluation initiale d'une **exposition involontaire**

(ICRP Publication 147, 2021)

Doses efficaces pour comparer des examens usuels

Valeurs typiques (mSv) chez l'adulte dans 3 pays

| Examens | Grande-Bretagne | USA | Russie |
|--|-----------------|------|--------|
| Radiologie conventionnelle | | | |
| Thorax de face (PA) | 0,01 | 0,03 | 0,1 |
| Thorax de profil | 0,04 | 0,07 | 0,18 |
| Rachis lombaire de face (AP) | 0,39 | 2,0 | 0,6 |
| Rachis lombaire de profil | 0,21 | – | 0,6 |
| Abdomen de face (AP) | 0,43 | 0,6 | 1,0 |
| Bassin de face (AP) | 0,28 | 0,4 | 0,7 |
| Radiologie interventionnelle | | | |
| Coronarographie | 3,9 | 15 | 15 |
| Angiographie fémorale | 2,3 | 7 | 5-10 |
| Scanographie | | | |
| Tête | 1,8 | 1,6 | 1,8 |
| Thorax | 14 | 6,1 | 6,3 |
| Abdomen | 16 | – | 9 |
| Abdomen + pelvis | 13 | 7,7 | – |
| Thorax + abdomen + pelvis | 19 | 12 | 25 |
| Médecine nucléaire | | | |
| Scintigraphie osseuse (^{99m} Tc) | 3 | 4 | 3 |
| TEP (¹⁸ F FDG) | 7,6 | 13 | 5 |

(ICRP Publication 147, 2021)

Calcul d'un « risque efficace »

- La comparaison entre pratiques médicales basée sur la dose efficace masque les différences dans les organes exposés

→ Calcul du risque efficace *

- Pour un examen donné :
 - Estimer la dose absorbée à chaque organe exposé telle que la dose efficace soit égale à 1 Sv
 - Estimer le risque cumulé de cancer correspondant à chaque organe
 - Calculer la somme de ces risques vie entière

* *Brenner, D.J., 2012. We can do better than effective dose for estimating or comparing low dose radiation risks. Ann. ICRP 41(3/4), 124–128.*

18 examens médicaux diagnostiques classiques utilisant des rayons X (radiographie et fluoroscopie)

Doses basées sur des données anglaises *

Radiologie conventionnelle

- tête (AP+PA+Lat)
- rachis cervical (AP+Lat)
- thorax (PA)
- rachis thoracique (AP+Lat)
- abdomen (AP)
- pelvis (AP)
- rachis lombaire (AP+Lat)

Radiologie interventionnelle

- coronarographie
- angiographie fémorale

Produit de contraste

- urographie intraveineuse
- gorgée barytée
- transit baryté
- lavement baryté

Scanographie

- tête
- thorax
- abdomen
- abdomen + pelvis
- thorax + abdomen + pelvis

* Wall, B.F., Haylock, R., Jansen, J.T.M., et al., 2011. Radiation Risks from Medical X-ray Examinations as a Function of Age and Sex of Patient. HPA Report HPA-CRCE-028. Health Protection Agency, Chilton.

Risque de cancer par Sv pour différentes applications médicales

Table 5.3. Total lifetime risk of cancer incidence (cases per 100 persons) per Sv effective dose by age at exposure and sex for a range of x-ray examinations, calculated using risk data for the ICRP composite Euro-American population (based on Wall et al. 2011)

| Examen | Sexe | Age à l'exposition (années) | | | | | | | | | |
|--------------------------------|------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 0-9 | 10-19 | 20-29 | 30-39 | 40-49 | 50-59 | 60-69 | 70-79 | 80-89 | 90-99 |
| Coronarographie | M | 10 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 0,9 | 0,2 |
| | F | 13 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 7 | 5 | 3 | 0,3 |
| Angiographie fémorale | M | 14 | 11 | 8 | 6 | 5 | 3 | 2 | 0,9 | 0,4 | 0,1 |
| | F | 11 | 8 | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 |
| CT tête | M | 22 | 15 | 11 | 7 | 5 | 3 | 2 | 0,8 | 0,3 | 0,1 |
| | F | 17 | 12 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 | 0,9 | 0,4 | 0 |
| CT poitrine | M | 9 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 |
| | F | 22 | 15 | 11 | 9 | 7 | 6 | 5 | 3 | 1 | 0,2 |
| CT abdomen | M | 13 | 10 | 8 | 6 | 4 | 3 | 2 | 0,8 | 0,3 | 0 |
| | F | 13 | 10 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 |
| CT abdomen + pelvis | M | 14 | 11 | 9 | 6 | 5 | 3 | 2 | 0,9 | 0,3 | 0,1 |
| | F | 13 | 10 | 8 | 6 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0,6 | 0,1 |
| CT poitrine + abdomen + pelvis | M | 11 | 9 | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 0,1 |
| | F | 18 | 13 | 10 | 8 | 6 | 5 | 4 | 2 | 1 | 0,1 |

Risque de cancer par Sv pour les applications médicales

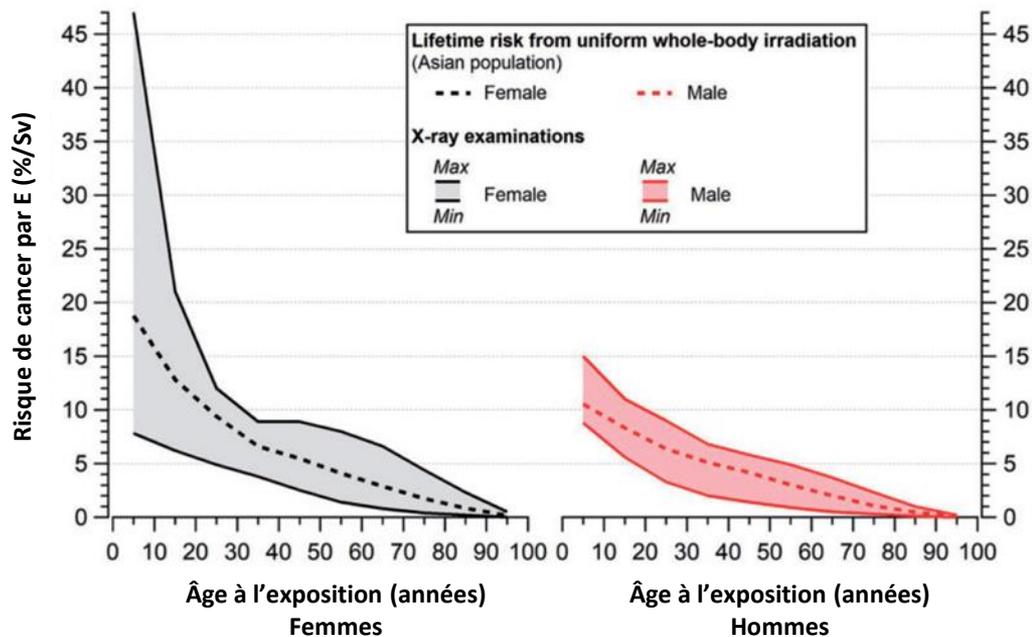


Fig. 5.1. Total lifetime risk of cancer incidence per unit effective dose (cases per 100 persons per Sv ; %/Sv) for a composite Asian population as a function of age at exposure and sex for a range of x-ray examinations (Table 5.4) and for uniform whole-body exposure (Table 2.5)

(ICRP Publication 147, 2021)

Risque de cancer par Sv pour les applications médicales

(112) [...] Pour la plupart des procédures, les estimations d'excès de risque vie entière d'incidence de cancer se situent à environ \pm **50 % de celles d'une irradiation uniforme du corps entier** pour un sexe et un âge donné au moment de l'exposition.

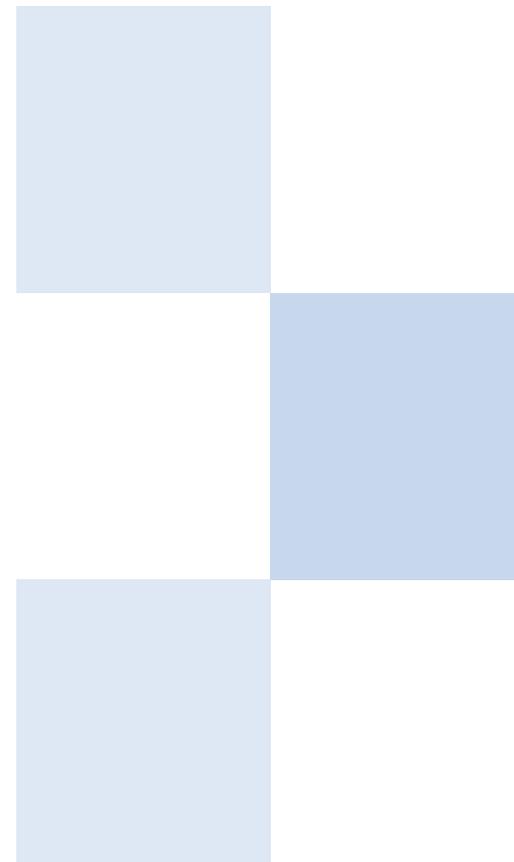
(113) [...] on peut conclure que si l'on considère la plupart des examens radiologiques, les risques vie entière d'incidence de cancer par Sv peuvent être **environ deux fois plus élevés pour les expositions à 0-9 ans qu'à 30-39 ans**. Les risques vie entière estimés pour les patients exposés à 60-69 ans sont environ la moitié de ceux des patients de 30-39 ans, le risque tombe à moins d'un tiers pour les patients de 70-79 ans et à environ un dixième pour les 80-89 ans.

[...] Compte tenu des incertitudes associées aux projections de risque à faibles doses, il est jugé raisonnable de tenir compte de ces variations du risque possible par Sv de dose efficace dans la transmission des informations aux cliniciens et aux patients.

(ICRP Publication 147, 2021)

Sommaire

1. Calcul de la dose efficace
2. Construction du détriment
3. Application à l'imagerie médicale
4. **Application aux situations accidentelles**
5. La dose efficace comme indicateur approximatif du risque
6. Autre point de vue
7. Conclusion



Application aux situations accidentelles

Scénario accidentel théorique

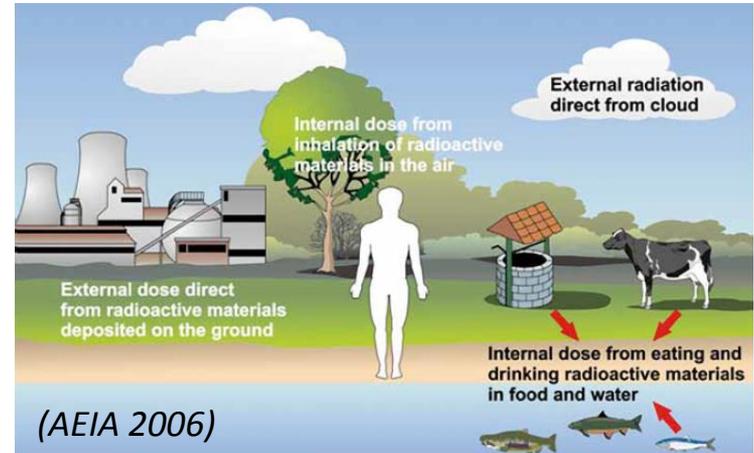
- Rejet atmosphérique de divers radionucléides (émetteurs α , β , γ) en quantités importantes pendant 30 min
- Dispersion par un vent de 5 m/s en diffusion normale avec pluie

Evaluation des conséquences sanitaires sur un adulte et un enfant après 24 h et après 1 an à 1 km

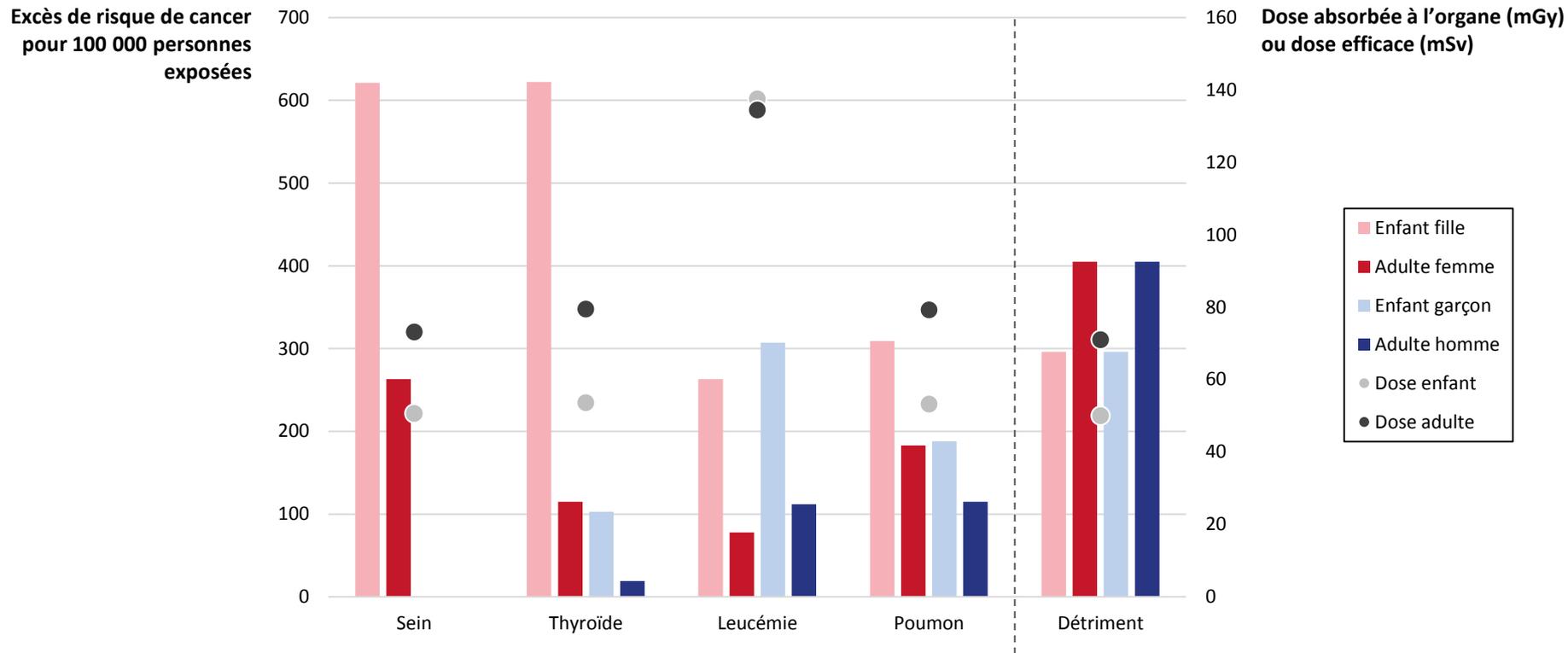
- Irradiation externe par le panache et les dépôts au sol
- Contamination interne par inhalation du panache et ingestion de denrées

Activités incorporées et dose externe

- Calcul des doses externes pour des géométries simplifiées en supposant $1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy}$
- Calcul des doses absorbées annuelles aux organes résultant de la contamination par les radionucléides
- Analyse de sensibilité sur l'EBR $\alpha = 0, 1$ ou 20

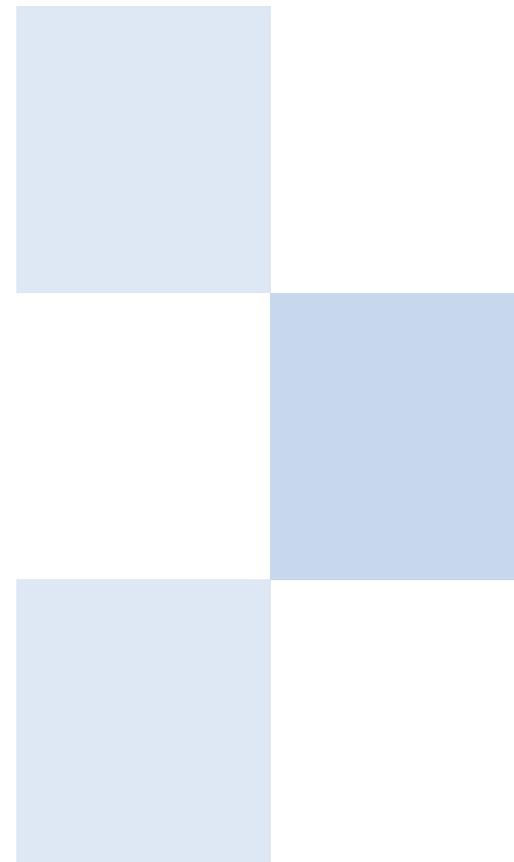


Application à une situation accidentelle



Sommaire

1. Calcul de la dose efficace
2. Construction du détriment
3. Application à l'imagerie médicale
4. Application aux situations accidentelles
5. La dose efficace comme indicateur approximatif du risque
6. Autre point de vue
7. Conclusion



Dose efficace en tant qu'indicateur approximatif du risque possible

« Bien que les doses reçues à de faibles niveaux d'exposition puissent être mesurées ou évaluées avec une précision raisonnable, les **risques** associés sont sujets à une **incertitude croissante aux plus faibles doses**. En gardant à l'esprit les incertitudes associées à la projection du risque aux faibles doses et faibles débits de dose, la CIPR considère que la **dose efficace peut être considérée comme un indicateur approximatif du risque possible**, tout en reconnaissant que les risques vie entière de cancer varient avec l'âge à l'exposition, le sexe et le groupe de population. »

(ICRP Publication 147, 2021)

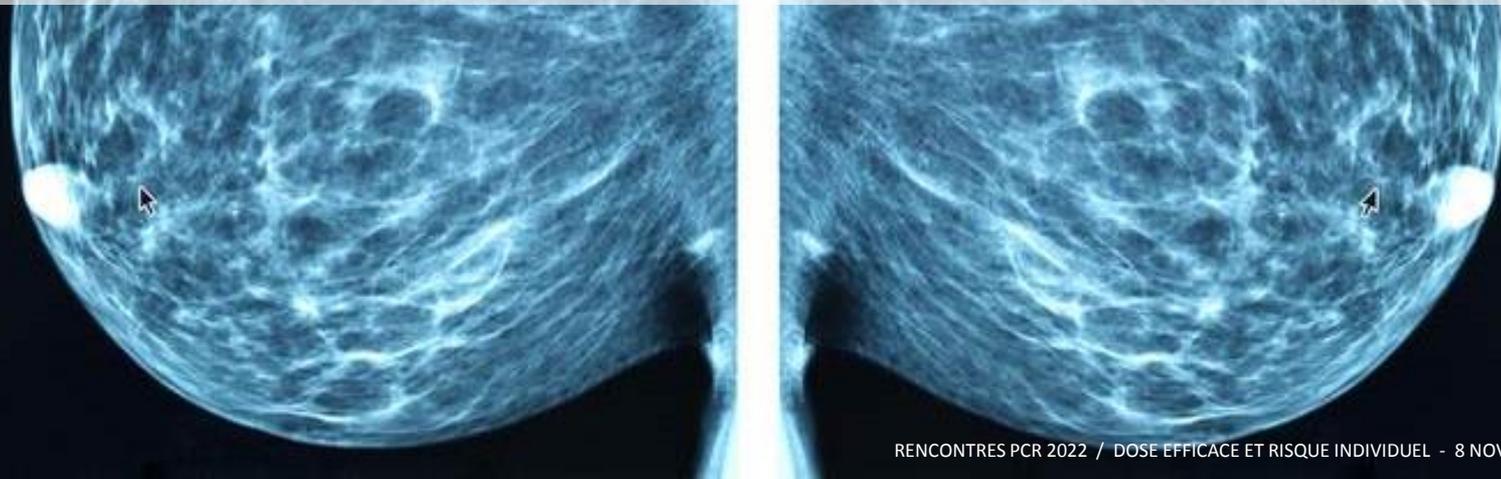
Dose efficace en tant qu'indicateur approximatif du risque possible

« Il est souligné que **l'utilisation de la dose efficace** comme indicateur approximatif du risque possible **ne remplace pas une analyse de risque** prenant en compte les incertitudes et utilisant les estimations des doses aux organes et tissus, l'information pertinente sur l'efficacité relative des différents types de rayonnement et les facteurs de risque spécifiques à l'âge, au sexe et à la population.

La dose absorbée à l'organe ou au tissu est la quantité la plus pertinente pour établir des limites de dose pour éviter les réactions tissulaires (effets déterministes). »

(ICRP Publication 147, 2021)

« Lorsqu'une imagerie aux rayons X est limitée à une région anatomique, comme la mammographie ou le scanner de la tête, la dose à l'organe devrait être utilisée plutôt que la dose efficace, en lien avec une estimation du risque spécifique à cet organe. De même, une évaluation de dose résultant d'un examen impliquant la fixation d'iode radioactif dans la thyroïde devraient être exprimée de préférence en termes de dose absorbée par la thyroïde. La dose aux gonades devrait être utilisée pour évaluer les examens dans lesquels les doses aux organes génitaux constituent la majeure partie de la dose, en remarquant que le calcul de la dose efficace inclut une moyenne des doses à l'homme et à la femme. »



Application à l'imagerie médicale

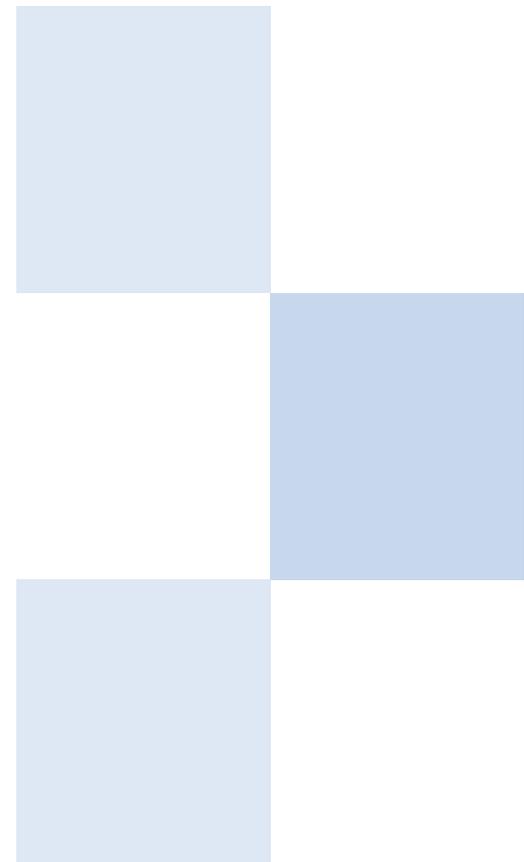
Niveaux de dose et terminologie pour différents examens médicaux (Tableau 5.2)

| Dose efficace (mSv) | Risque de cancer | Terme proposé | Exemples de procédures médicales entrant dans les différentes catégories de dose * |
|---------------------|--|---------------|--|
| < 0,1 | | Négligeable | Radiographies du thorax, d'un membre, du cou, dentaire ; lymphoscintigraphie au ^{99m} Tc, marquage ¹⁴ C et ⁵⁷ Co pour mesure in vitro |
| 0,1 – 1 | Déduit de modèles de risque LSS | Minime | Radiographie de la colonne vertébrale, du bassin, de la tête, de la colonne cervicale; marquage au ⁵¹ Cr pour mesure in vitro ; scintigraphie rénale ou pulmonaire de ventilation au ^{99m} Tc |
| 1 – 10 | | Très faible | Repas baryté, scanographie de la tête, lavement baryté, angiographie cardiaque, radiologie interventionnelle ; scintigraphie de perfusion du myocarde, scintigraphie pulmonaire de perfusion, scintigraphie osseuse, scintigraphie des cavités cardiaques pendant une épreuve d'effort et tomographie d'émission monophotonique (TEMP) avec ^{99m} Tc ; imagerie par ¹⁸ F, ¹²³ I, et ¹¹¹ In |
| 10 – 100 | Déduit de modèles de risque LSS et d'observations épidémiologiques | Faible | Scanographie du thorax, de l'abdomen et du pelvis, scanner double énergie, radiologie interventionnelle ; scintigraphie du myocarde au ²⁰¹ Tl, scintigraphie au ⁶⁷ Ga ; actes diagnostiques multiples, réparation endovasculaire d'anévrisme (10-35 mSv) ; angioplastie rénale, angioplastie iliaque, suivi de réparation endovasculaire d'anévrisme (35-100 mSv) |
| 100s | > 10 ⁻² basé sur observations épidémiologiques | Modéré | Procédures multiples et suivi |

* Pour des patients adultes. Les doses efficaces sont basées sur des données médicales britanniques et CIPR.

Sommaire

1. Calcul de la dose efficace
2. Construction du détriment
3. Application à l'imagerie médicale
4. Application aux situations accidentelles
5. La dose efficace comme indicateur approximatif du risque
6. Autre point de vue
7. Conclusion



Autre point de vue dans le domaine médical

- En diagnostic médical : besoin de quantifier, minimiser et mettre en perspective le risque
- Les **grandeurs dosimétriques médicales** ne reflètent pas le niveau de risque et ne sont **pas comparables** entre elles
- La **dose efficace n'est pas faite pour évaluer un risque individuel** :
 - Moyenne des risques selon l'âge et le sexe, sans prise en compte de la taille et de la radiosensibilité génétique
 - Calculée comme estimation d'exposition du corps entier
- Il faudrait **définir une grandeur qui mesure mieux la dose en imagerie médicale**
 - La raison première d'évaluer une dose en imagerie est le risque pour le patient
 - La grandeur devrait prendre en compte les autres facteurs de risque : âge, sexe, corpulence, prédisposition génétique au risque radiologique, non-uniformité de la dose entre les organes
- **Limitations** sur les estimations de risque :
 - Elles sont basées sur celles d'une population, mais restent théoriques puisque le patient est unique
 - Il est difficile de comparer un risque estimé sur plusieurs décennies avec un bénéfice immédiat
 - Une estimation de risque est anxiogène, aussi petite que soit la valeur

(Samei et al. Medical Physics International 2022)

Autre point de vue dans le domaine médical

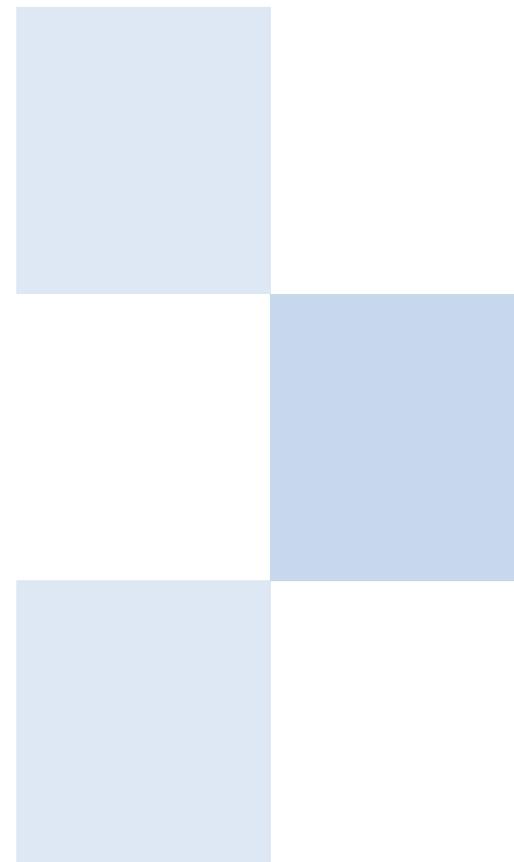
■ Suggestion d'une **nouvelle grandeur**

- Un nom possible : « *potential radiation harm* »
- Définie selon le cadre général de la dose efficace, en incluant en + les caractéristiques du patient et de l'examen
 - ① Modéliser la géométrie du patient avec une librairie de fantômes
 - ② Estimer la dose aux organes par simulation Monte Carlo selon les conditions d'irradiation
 - ③ Additionner les doses aux organes pondérées par des sensibilités : 1/ âge, sexe ; 2/ tabagisme, taille...
 - ④ Mettre à l'échelle la valeur numérique du risque à la dose efficace correspondant à une irradiation standard

(Samei et al. *Medical Physics International* 2022)

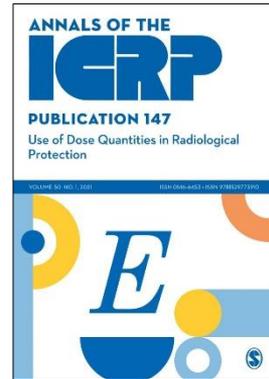
Sommaire

1. Calcul de la dose efficace
2. Construction du détriment
3. Application à l'imagerie médicale
4. Application aux situations accidentelles
5. La dose efficace comme indicateur approximatif du risque
6. Autre point de vue
7. Conclusion



Conclusion

- La Publication 147 de la CIPR a clarifié l'utilisation du **concept de dose efficace**
- E* peut être utilisée en première instance comme **indicateur approximatif de risque**, sachant que les risques de cancer vie entière varient selon l'âge, le sexe et la population
- E* peut être un indicateur approximatif de risque **y compris pour une procédure médicale**
- E* ne remplace pas une évaluation du risque individuel basée sur la dose absorbée aux organes exposés
- Propositions alternatives**, hors CIPR, de grandeurs reliant l'exposition au risque individuel



Perspectives

- Clarifier la distinction entre évaluation quantitative des risques et indicateur de risque en radioprotection
- Améliorer l'évaluation du risque radio-induit associé à une exposition durant l'enfance
- Améliorer l'adéquation entre la contribution de chaque organe au risque global et les w_T
- Clarifier ce qui est basé sur la science et ce qui relève de l'avis d'experts dans le système de radioprotection
- Création possible d'un groupe de travail sur l'individualisation/stratification du risque et de la dose en RP, transverse aux 4 Comités de la CIPR
 - *Identifier les éléments déjà utilisés dans le système de RP actuel + les situations appropriées en RP*
 - *Considérer les incertitudes + les défis et les approches pour communiquer sur le risque individuel/stratifié*
 - *Identifier les conséquences sur le système de RP et sa mise en œuvre dans différents domaines, avec une attention particulière aux questions éthiques*

Merci pour votre attention !

***Merci à Dominique Laurier et François Paquet
pour leur aide dans la préparation de cette présentation***