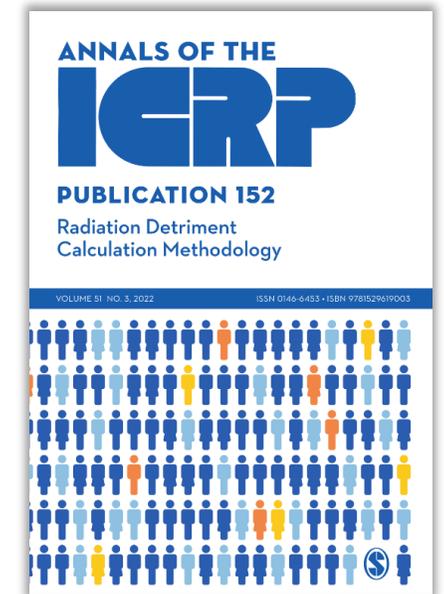


# PUBLICATION 152 DE LA CIPR : MÉTHODE DE CALCUL DU DÉTRIMENT RADIOLOGIQUE

Énora CLÉRO, Dominique LAURIER, Ludovic VAILLANT,  
Wei ZHANG, Nobuyuki HAMADA, Dale PRESTON,  
Nobuhiko BAN

**SFRP - Congrès national de Radioprotection**  
14 juin 2023, Dijon



Énora CLÉRO

# Contexte : le détriment et son évolution

**1977 Publication 26** : introduction du concept de Détriment

“ Le **Détriment** dans une population est défini comme l'**espérance mathématique** des dommages causés par une exposition aux rayonnements, en tenant compte non seulement de la **probabilité** de chaque type d'effet délétère, mais aussi de la **gravité** de l'effet. ”

**1991 Publication 60** : réévaluation du détriment (données de mortalité)

**2007 Publication 103** : méthode actuelle de calcul du détriment

- Calcul du **risque nominal** basé sur des modèles de risque de **cancer en incidence**
- Révision de l'impact potentiel des **effets héritables**

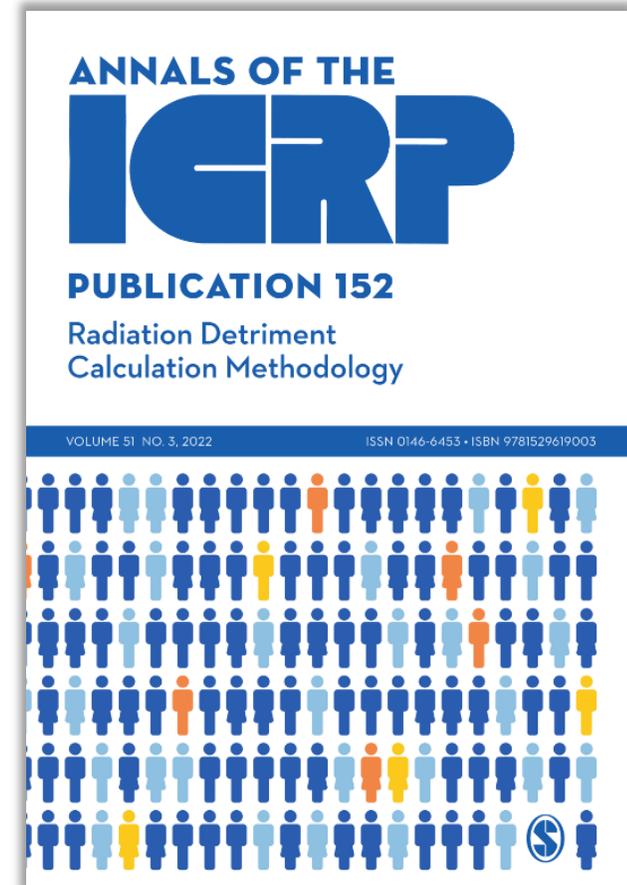
**2016 TG 102** : groupe de travail sur le calcul du détriment radiologique

- Expliquer de manière détaillée et reproductible la méthodologie actuelle (Publication 103, Annexe A)
- En vue d'une future méthodologie révisée, due à l'évolution des données probantes et de la compréhension acquise

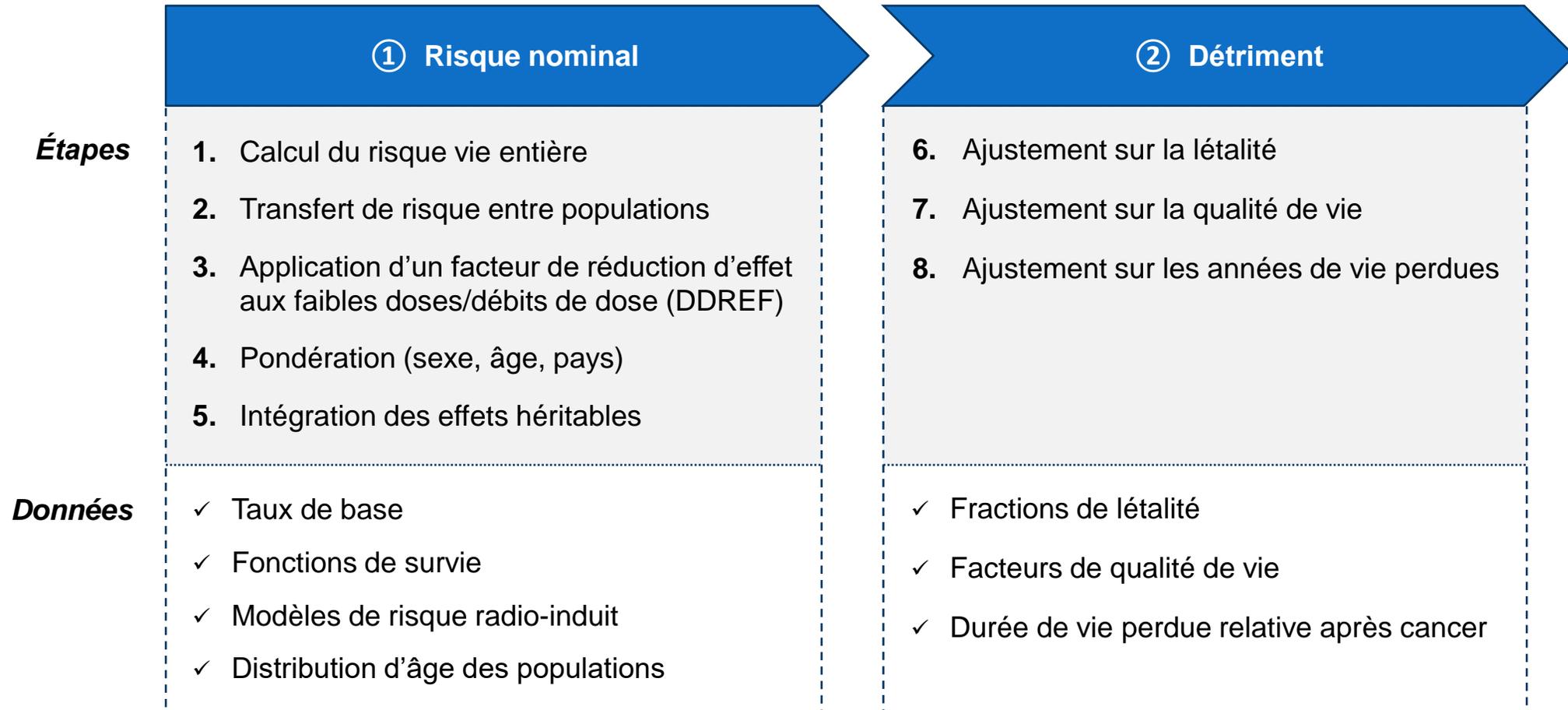
**2022** → **Publication 152**

# Chapitres de la Publication 152

1. Introduction
2. Historique du détriment
3. Calcul du détriment radiologique
4. Analyse de sensibilité du détriment radiologique
5. Évolution potentielle
6. Résumé et conclusion



# Étapes et paramètres de calcul du détriment



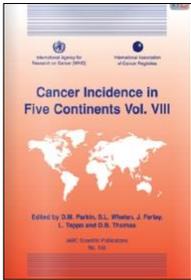
**Étape dépendant  
des rayonnements**

**Étape ne dépendant pas  
des rayonnements**

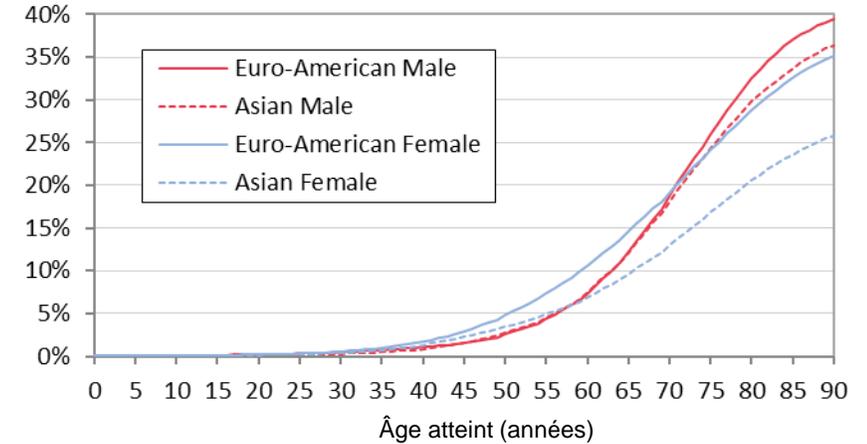
# Calcul du Risque Nominal : données

## Populations de référence

- Populations composites  
Asiatiques et Euro-Américaines, hommes et femmes
- Taux de base de cancer et fonctions de survie  
(CIRC, période 1993-1997)



Risque de base cumulé (%)  
de cancers solides  
en incidence



## Modèles de relation dose-risque

- Pour 13 types de cancer spécifique
- Modèles dérivés de la cohorte des survivants des bombardements atomiques au Japon (Life Span Study [LSS], 1958-1998)
- Modèles de risque d'incidence : sexe, âge atteint, âge à l'exposition, dose

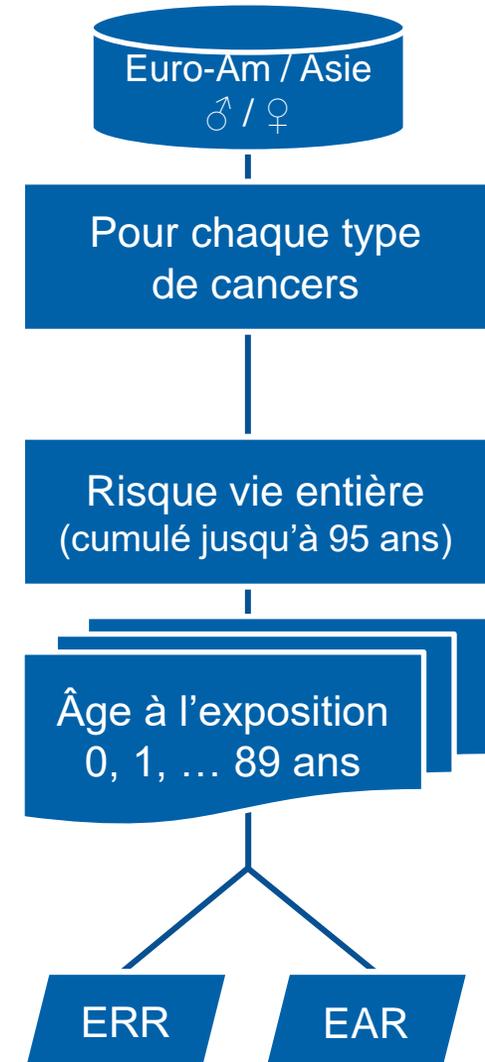
# Calcul du Risque Nominal : étapes

## 1. Risque vie entière

- Modèles de risque en incidence, minimum 5 ans de latence
  - Cancers solides (10 organes) : modèle linéaire
  - Leucémies : modèle linéaire quadratique
- Calcul du risque additionnel cumulé jusqu'à l'âge de 95 ans, sur la base d'une exposition à 0,1 Gy à chaque année d'âge
  - Population générale : 0-89 ans à l'exposition
  - Travailleurs : 18-64 ans à l'exposition

## 2. Transfert de risque entre populations

- Pondération ERR:EAR
  - 0:100% sein
  - 30:70% poumon
  - 100:0% thyroïde
  - 50:50% autres (dont leucémies)



# Calcul du Risque Nominal : étapes (suite)

## 3. Facteur de réduction d'effet aux faibles doses et débits de dose

- | Application d'un DDREF de 2

## 4. Résultats moyennés

- | Sexe : ♂ / ♀
- | Population : Euro-Américains / Asiatiques
- | Âge à l'exposition (pyramide des âges)

## 5. Intégration des effets héritables

- | **Risque de maladies génétiques associé à la dose aux gonades** = probabilité d'effets génétiques nocifs (maladies mendéliennes, multifactorielles et chromosomiques) qui se manifestent chez les descendants d'une population ayant subi des expositions aux rayonnements ionisants
- | Basé sur des résultats expérimentaux (UNSCEAR 2001)
- | Risque estimé de 0,2 % par Sv aux gonades

# Du Risque nominal au Détriment radiologique

## 6. Pondération par la fraction de létalité

- Ratio proche de 1 pour les cancers très létaux → ex : foie, poumon et proche de 0 pour les cancers peu létaux → ex : peau, thyroïde (données SEER 1980-1985, US DHHS 1989)

## 7. Pondération par la qualité de vie

- Poids donné aux cancers non létaux selon le degré de souffrance et la lourdeur du traitement (avis d'experts)

## 8. Pondération par la durée de vie perdue

- Facteur relatif à la perte d'espérance de vie sans cancer moyenne de 15 ans pour l'ensemble des cancers (Publication 60, CIPR 1991)
- Varie de plus de 1 pour les cancers survenant jeune → ex : leucémie, thyroïde, sein à moins de 1 pour ceux survenant tard dans la vie → ex : vessie, poumon

# Résultats : population générale (cas pour 10 000 individus par Sv)

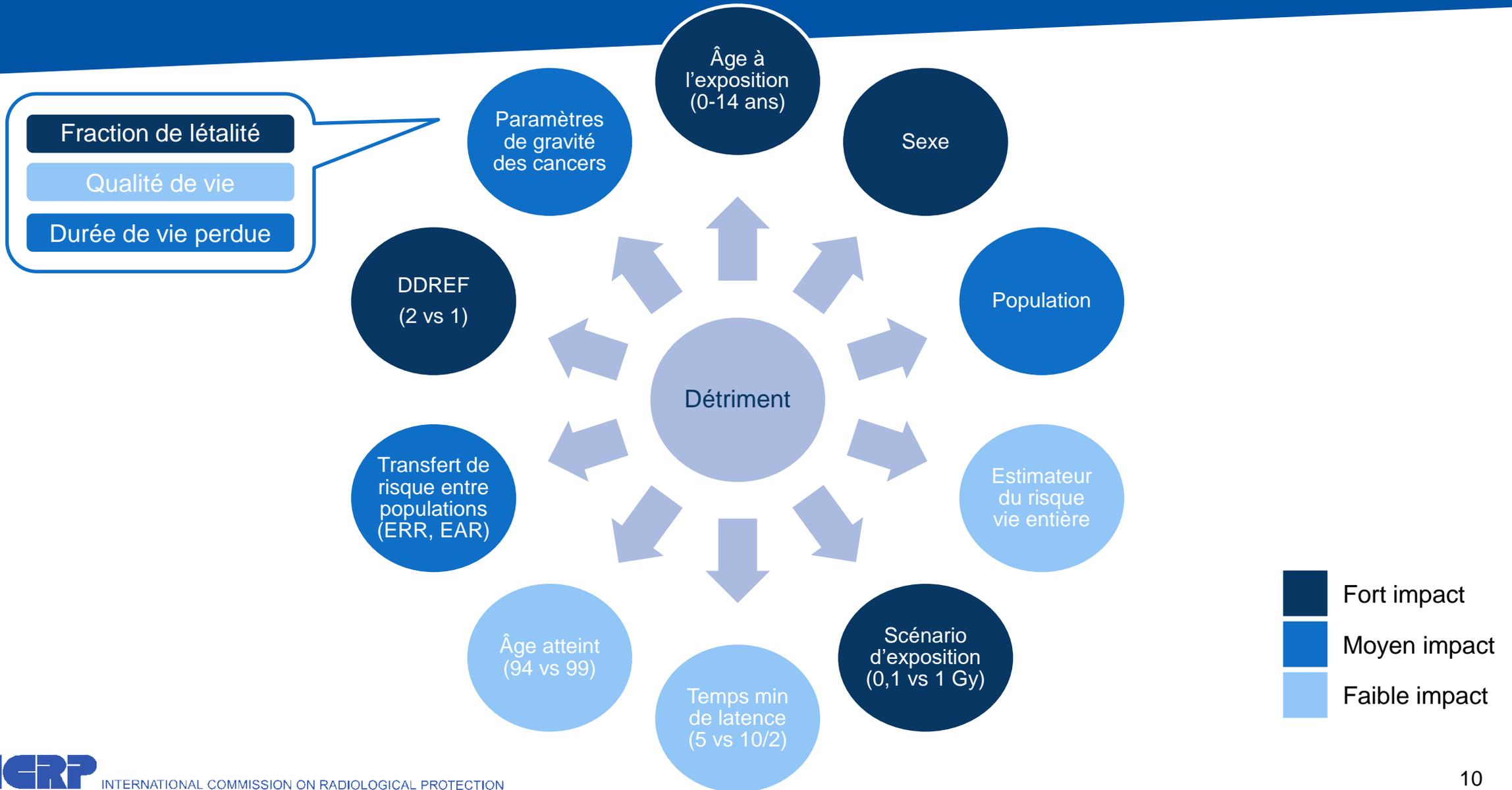
Tableaux A.4.1 et A.4.5 - Publication 103 (CIPR, 2007)

$W_T$  : dose efficace

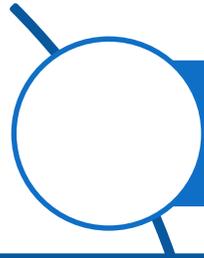
Tissus/organe	Risque nominal	Fraction de létalité	Pondération sur la qualité de vie	Perte relative de durée de vie	Détriment	Contribution au détriment	$W_T$
	$R$	$k$	$q$	$l$	$D$		
Oesophage	15	0,93	0,935	0,87	13,1	0,023	0,04
<b>Estomac</b>	<b>79</b>	0,83	0,846	0,88	<b>67,7</b>	0,118	0,12
<b>Côlon</b>	<b>65</b>	0,48	0,530	0,97	<b>47,9</b>	0,083	0,12
Foie	30	0,95	0,959	0,88	26,6	0,046	0,04
<b>Poumon</b>	<b>114</b>	0,89	0,901	0,80	<b>90,3</b>	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
<b>Sein</b>	<b>112</b>	0,29	0,365	1,29	<b>79,8</b>	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
<b>Moelle osseuse</b>	<b>42</b>	0,67	0,702	1,63	<b>61,5</b>	0,107	0,12
<b>Autres cancers</b>	<b>144</b>	0,49	0,541	1,03	<b>113,5</b>	0,198	0,12
Gonades (héritables)	20	0,80	0,820	1,32	25,4	0,044	0,08
<b>Total</b>	<b>1 715</b>				<b>574,2</b>	1	<b>0,01</b>
							<b>0,01</b>
							<b>1</b>

$$D = [ (R \times k) + R \times (1-k) \times q ] \times l$$

# Analyse de sensibilité des paramètres de calcul



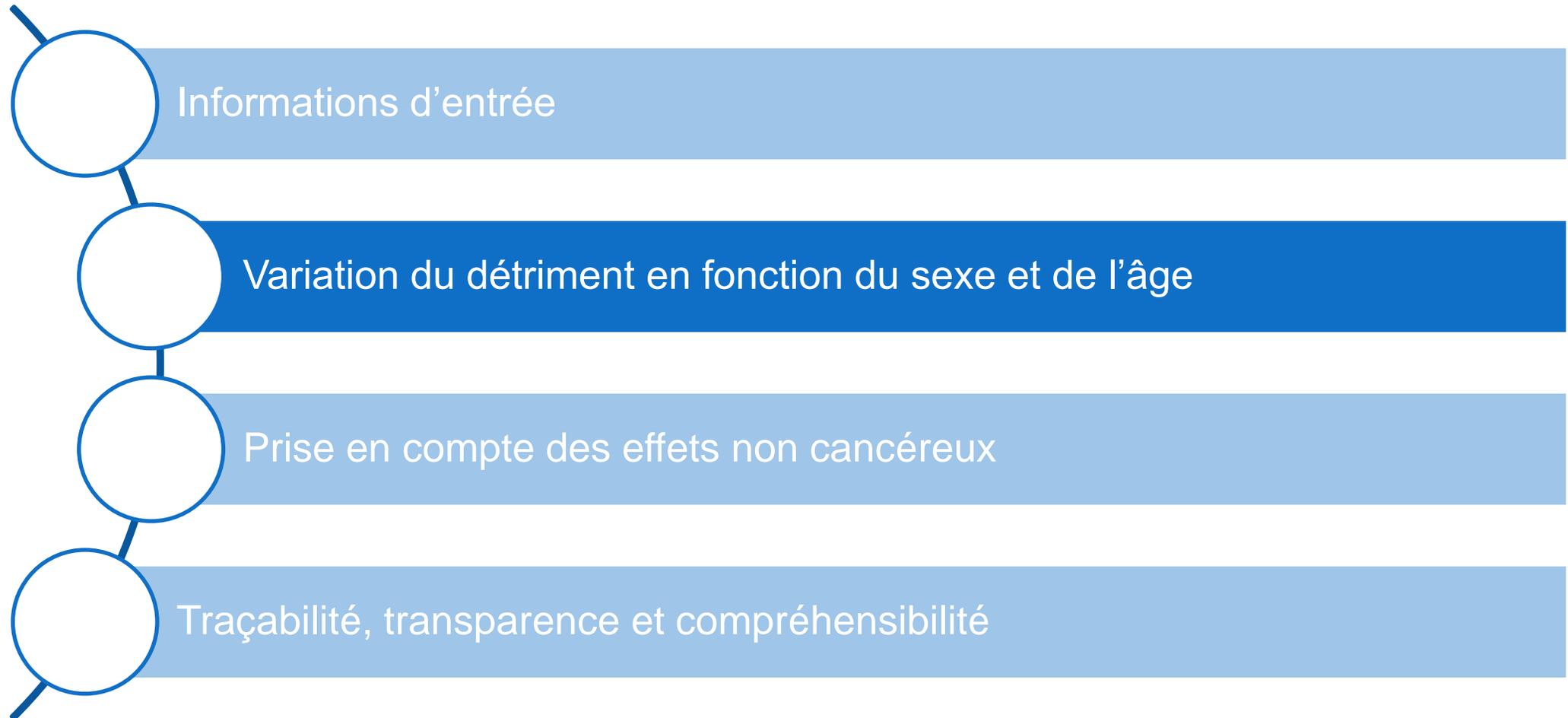
# Évolutions potentielles du détriment



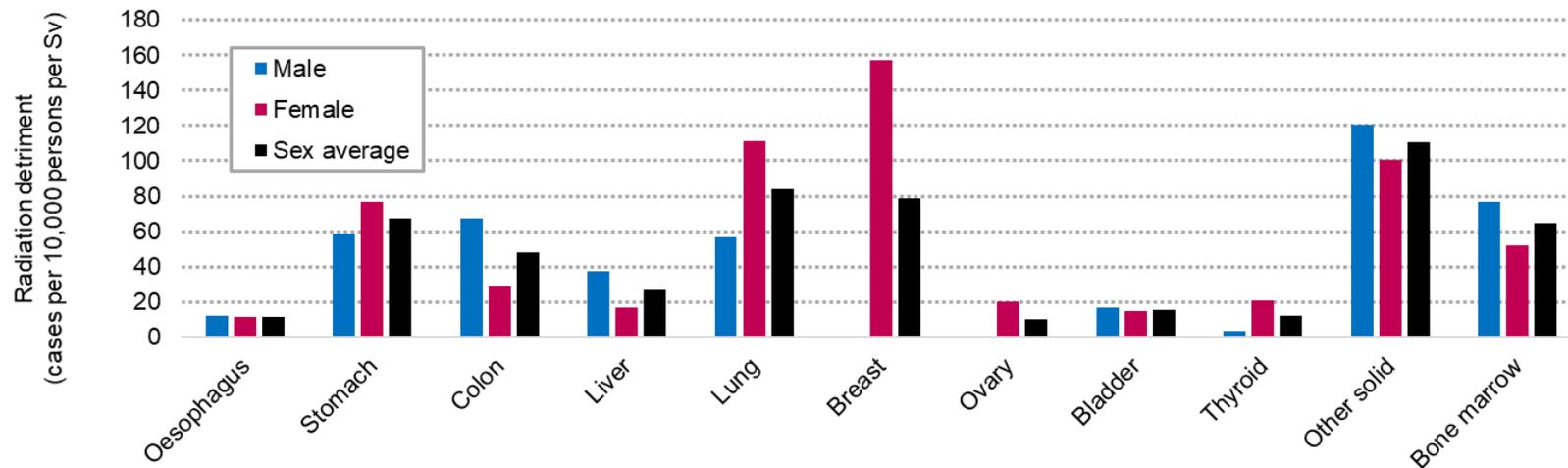
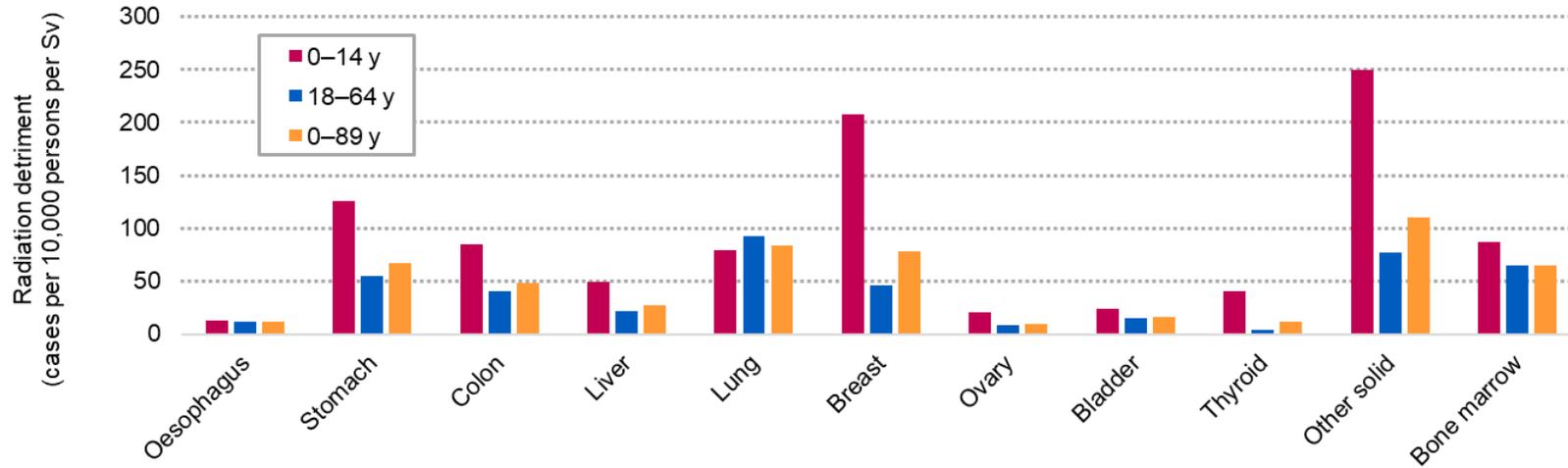
## Informations d'entrée

- **Données sur la population de référence** : taux de base (cancers, survie)
- **Modèles de risque de cancer** : Life Span Study (LSS), autres cancers ?
- **Effets héritables** : intégrer l'évolution des connaissances scientifiques
- **Paramètres de gravité des cancers** : principalement issus de jugements d'experts  
Des approches plus élaborées, telles que le « **disability-adjusted life years (DALY)** », sont aujourd'hui disponibles pour estimer et caractériser la qualité de vie pour de nombreux types de cancer.

# Évolutions potentielles du détriment



# Variation 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  $W_T$ .

# Évolutions potentielles du détriment

- Ces dernières années, les preuves d'une augmentation du risque de certaines maladies non cancéreuses, en particulier les **maladies de l'appareil circulatoire** et la **cataracte**, avec l'exposition aux rayonnements ionisants se sont accumulées, y compris à des doses beaucoup plus faibles que celles envisagées précédemment.
- Dans la **Publication 118 (2012)**, classement de ces maladies dans la catégorie des « **réactions tissulaires** » (effets déterministes), avec un seuil de 0,5 Gy indépendant du débit de dose

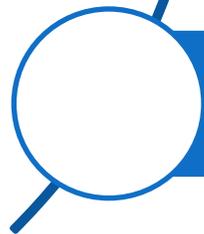


## Prise en compte des effets non cancéreux

- La Commission n'a pas décidé d'inclure les maladies de l'appareil circulatoire et/ou la cataracte dans le calcul du détriment, mais cette question reste ouverte et doit être examinée dans un contexte plus large.

# Évolutions potentielles du détriment

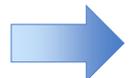
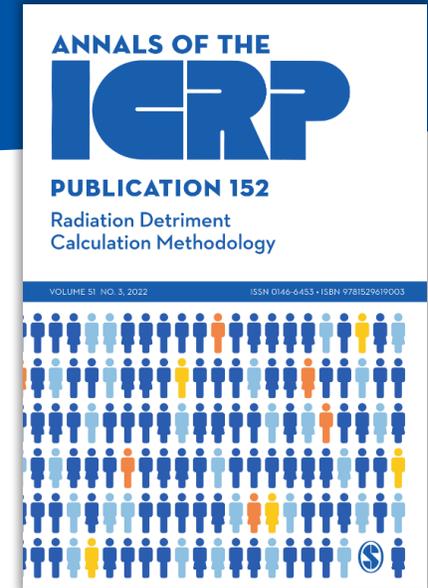
- Le **calcul du détriment radiologique** comprend de nombreuses étapes de calculs avec diverses informations considérées. Il est de plus en plus important de documenter et de publier avec précision la procédure de calcul afin de garantir la **transparence** et la **traçabilité**. Il peut être souhaitable de **développer et de partager un code source** accessible pour le calcul du détriment.
- Le détriment vise à l'évaluation de l'impact sanitaire global des rayonnements. Toutefois, les valeurs qui en résultent ne sont pas faciles à comprendre et il est difficile de les comparer avec d'autres indicateurs de risque sanitaire couramment utilisés.
- Il est souhaitable d'**améliorer la présentation du calcul du détriment** afin qu'il soit plus facilement compréhensible pour les non-spécialistes (ex : présentation graphique des principales composantes du détriment).



Traçabilité, transparence et compréhensibilité

# Discussion et perspectives

- La **Publication 152** présente de manière transparente et détaillée les différentes **étapes de calcul du détriment** et constitue une base solide pour les futures recommandations générales de la Commission
- Lien étroit entre les concepts de **détriment** et de **dose efficace**
- **Plusieurs points d'importance pour la réévaluation du détriment :**
  - Prendre en compte l'**évolution des connaissances scientifiques** : taux de référence, modèles de risque, DDREF, organes cibles, effets héritables...
  - Repenser l'agrégation des facteurs de risque nominaux et la prise en compte de la sévérité des effets
  - Choix des **populations de référence**
  - Proposer des évolutions sur la forme visant à présenter le détriment en fonction de paramètres sensibles, en particulier le **sexe** et l'**âge à l'exposition**
  - Investiguer la nature de certains effets, en particulier les **effets sur le système circulatoire**, et le besoin (ou non) de les intégrer dans le calcul du détriment



**Ces éléments sont d'ores et déjà intégrés au programme de travail de la Commission**

Mise en place d'autres TG/WP sur le DDREF, effets héritables, maladies de l'appareil circulatoire...

# Références

**ICRP Publication 60.** The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP* **1991**; 21: 1-3.

**ICRP Publication 103.** The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. *Ann ICRP*. **2007**; 37: 2-4.

**Cléro E, et al.** History of radiation detriment and its calculation methodology used in ICRP Publication 103. *J Radiol Prot.* **2019**; 39(3): R19-R36.

**Zhang W, et al.** Sensitivity analysis of parameters and methodological choices used in calculation of radiation detriment for solid cancer. *Int J Radiat Biol.* **2020**; 96(5): 596-605.

**Cléro E, et al.** Update: History of radiation detriment and its calculation methodology used in ICRP Publication 103 (2019 J. Radiol. Prot. 39 R19-R35). *J Radiol Prot.* **2022**; 42(2): 024502.

**Ban N, et al.** Radiation detriment calculation methodology: Summary of ICRP Publication 152. *J Radiol Prot.* **2022**; 42(2):023001.

**ICRP Publication 152.** Radiation Detriment Calculation Methodology. *Ann ICRP*. **2022**; 51(3).

# Remerciements

## Membres du TG 102 (2016-2022)

Nobuhiko Ban (Chair)

Énora Cléro

Nobuyuki Hamada

Dominique Laurier

Dale Preston

Ludovic Vaillant

Wei Zhang

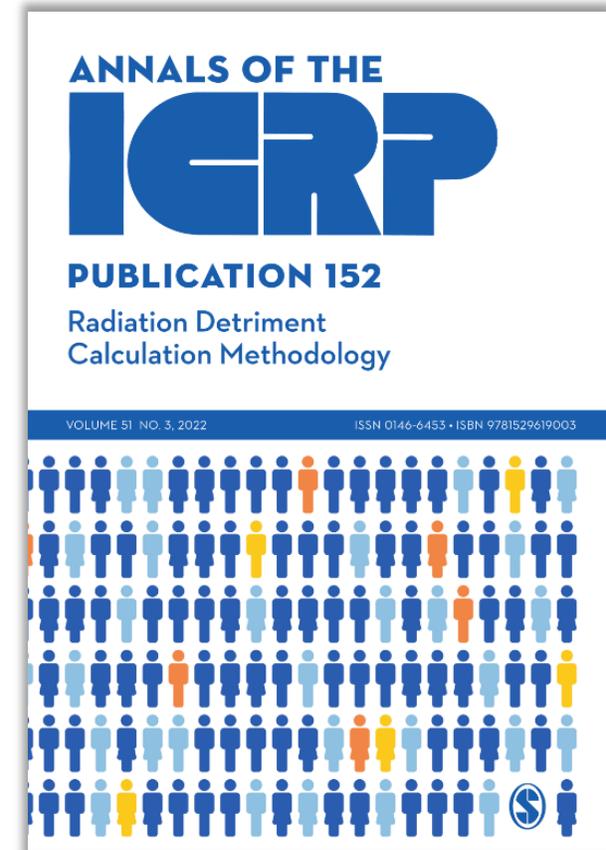
Tamara Azizova

Simon Bouffler

Donald Cool

Wolfgang Dörr (–2019)

John Harrison



**ICRP**

**[www.icrp.org](http://www.icrp.org)**