

Projet de publication sur le détriment radiologique (TG102 de la CIPR)

GT CIPR

Réunion virtuelle du 8 mars 2022

Présentation

- Objectifs et composition du TG102
- Détriment et Système de Radioprotection
- Calcul du détriment dans la Publication 103
- Discussion et Perspectives

Objectifs du TG102

Mandate

Radiation detriment is a concept used to quantify the overall harm to health from stochastic effects of low-level radiation exposure of different parts of the body. The tissue-specific detriment is determined from the nominal tissue-specific risk coefficient, weighted by the severity of the disease in terms of lethality, impact on quality of life and years of life lost. Total detriment is the sum of the detriments for separate tissues and organs. Detriment values are used to specify tissue weighting factors used in the calculation of effective dose.

Calculating radiation detriment is a complex process that requires information from various sources and judgements on how the calculations are best performed. The current methodology is outlined in Annex A of ICRP *Publication 103*, but it is possible that future interpretation of available data, including the calculation of detriment from cancer incidence data, will apply revised methodology and different judgements in the light of developing evidence and understanding. To form a solid basis for future recommendations, the process of detriment calculation will be reviewed and documented in a reproducible manner, considering ways in which different approaches might be applied when new data become available.

Process

To achieve its objectives, the Task Group will:

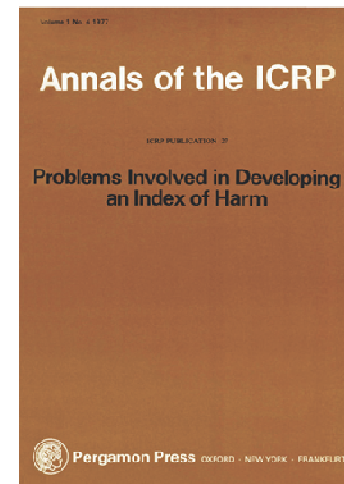
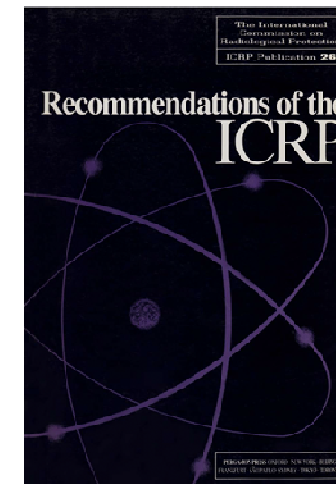
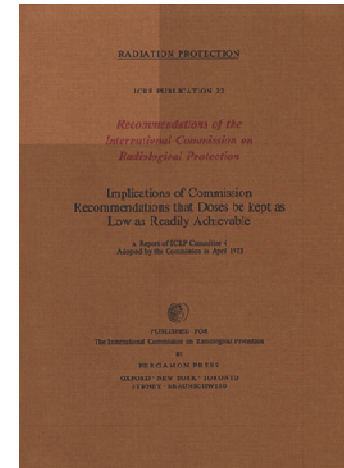
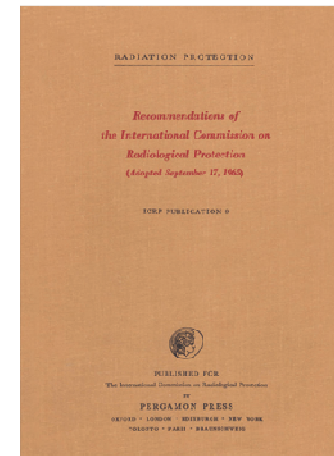
- Prepare a document explaining the detailed procedure of detriment calculation and identifying sources for the necessary information;
- Reproduce the calculation in *Publication 103*, identify any difficulties in reproducing the results, and comment on the approaches taken;
- Identify potential modifications and improvements in the detriment calculation procedures; and,

Composition du TG102

- Nobuhiko Ban (Chair, NRA, Japan)
- Enora Cléro (IRSN, France)
- Ludovic Vaillant (CEPN, France)
- Wei Zhang (PHE, UK)
- Nobuyuki Hamada (CRIEPI, Japan)
- Dale Preston (Hirosoft, USA)
- Dominique Laurier (IRSN, France)

Détriment et Système de Radioprotection

- Traduction de l'hypothèse prudente d'une relation linéaire sans seuil entre l'exposition et le risque aux faibles doses et faibles débits de dose, hypothèse introduite dès 1966 (Publication 9).
- Introduit dans la Publication 22 puis quantifié dans la Publication 26 (et 27), le détriment vise à quantifier les effets délétères sur la santé d'une exposition aux rayonnements ionisants. Il prend en compte la probabilité et la sévérité de chaque type d'effet délétère identifié pour une exposition aux faibles doses et faibles débits de dose, e.g. cancers et effets héréditaires.



Détriment et Système de Radioprotection

Un lien étroit entre les concepts de détriment et de dose efficace

‘For stochastic effects the Commission’s recommended dose limitation is based on the principle that the risk should be equal whether the whole body is irradiated uniformly or whether there is non- uniform irradiation. This condition will be met if

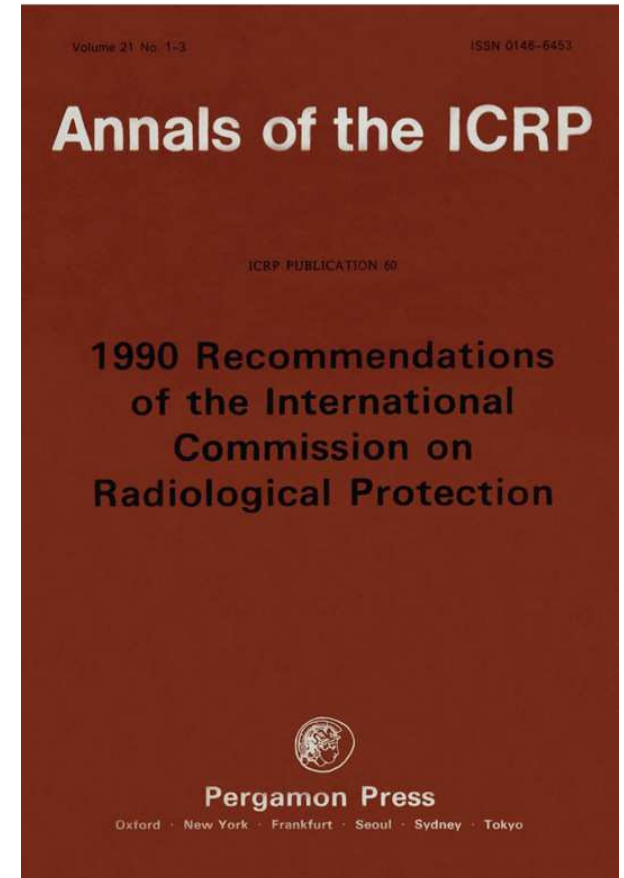
$$\sum_T w_T H_T \leq H_{wb, L}$$

where, w_T is a weighting factor representing the proportion of the stochastic risk resulting from tissue (T) to the total risk, when the whole body is irradiated uniformly, H_T is the annual dose equivalent in tissue (T), $H_{wb, L}$ is the recommended annual dose-equivalent limit for uniform irradiation of the whole body’. (ICRP Publication 26)

Détriment et Système de Radioprotection

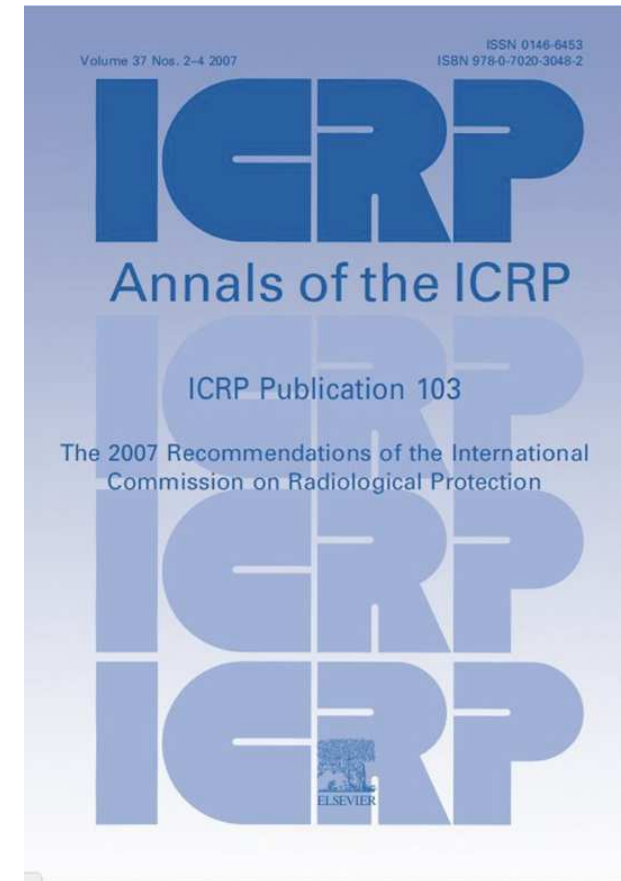
- Réévaluation du détriment radiologique pour prendre en compte l'évolution des connaissances sur les effets sur la santé d'une exposition aux rayonnements ionisants.
- 4 composantes :
 - Cancers létaux,
 - Perte d'espérance de vie,
 - Cancers non létaux,
 - Effets héréditaires.

$$D = \frac{1}{I} \left(F + k \left((1 - k) \frac{F}{k} \right) \right)$$



Détriment et Système de Radioprotection

- Publication 103 : réévaluation du détriment radiologique en s'appuyant sur les données d'incidence.
- Détails du calcul fournis dans l'Annexe A et détaillés par la suite dans cette présentation.



Étapes et paramètres du calcul du détriment

① Risque nominal

Étapes

1. Calcul du risque vie entière
2. Transfert de risque entre populations
3. Application d'un facteur de réduction d'effet aux faibles doses/débits de dose (DDREF)
4. Pondération (sexe, âge, pays)
5. Intégration des effets héritables

Données

- ✓ Taux de base
- ✓ Fonctions de survie
- ✓ Modèles de risque radio-induit
- ✓ Distribution d'âge des populations

Étape dépendant
des rayonnements

② Détriment

6. Ajustement sur la létalité
7. Ajustement sur la qualité de vie
8. Ajustement sur les années de vie perdues

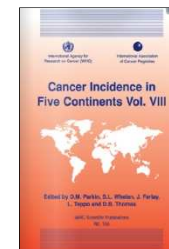
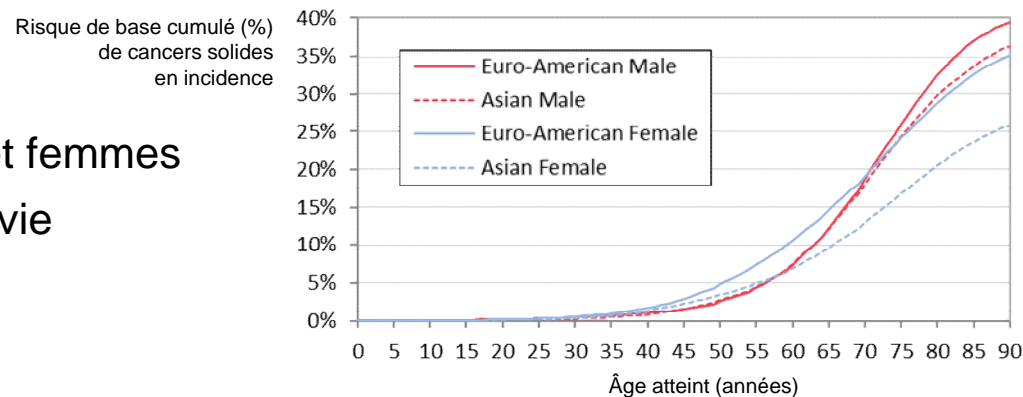
- ✓ Fractions de létalité
- ✓ Facteurs de qualité de vie
- ✓ Durée de vie perdue relative après cancer

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-OMS, période 1993-1997)



Modèles de relation dose-risque

- Pour 13 types de cancer spécifique
- Modèles dérivés de la cohorte des survivants des bombardements atomiques Japonais (LSS, 1958-1998)
- Modèles de risque d'incidence : sexe, âge atteint, âge expo, dose

Évaluation des risques radio-induits : hypothèses nécessaires

Transposition : application de la relation à une population différente de celle sur laquelle elle a été estimée

- Variabilité des taux de cancer de base,
- Modèle multiplicatif / additif : ERR / EAR

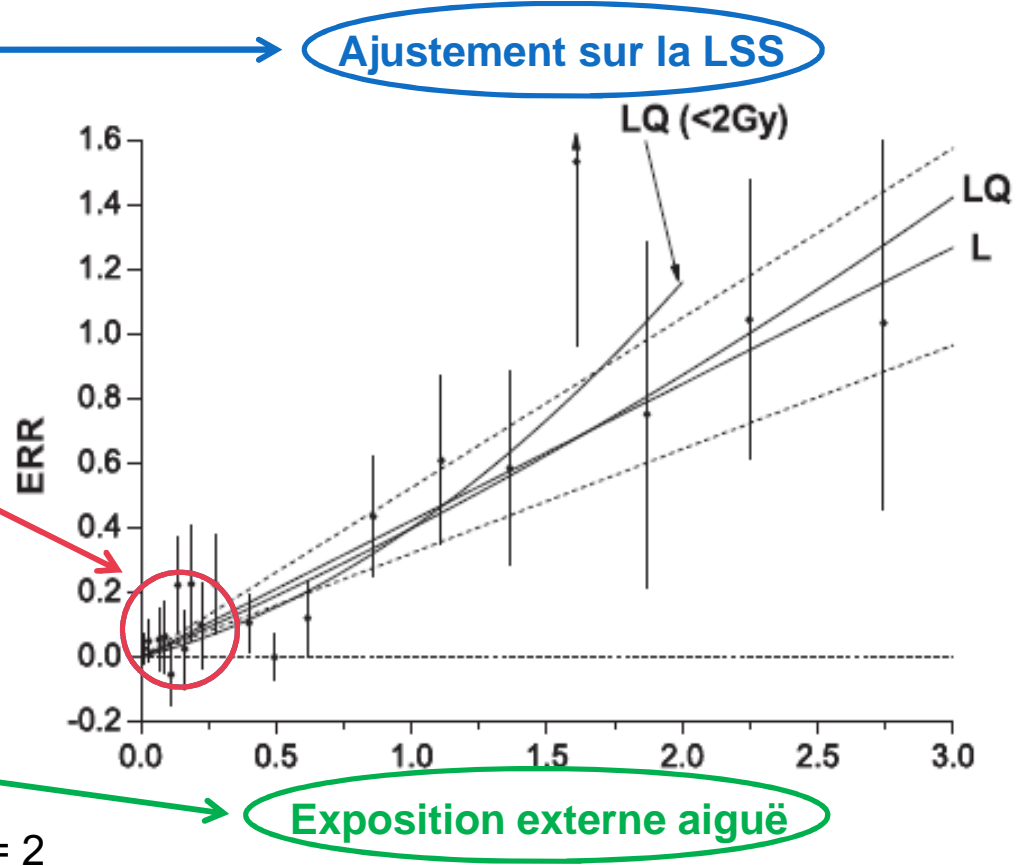
Extrapolation : application de la relation en-dessous du domaine de dose sur lequel elle a été estimée

- Type de modèles de risque (linéaire, quadratique...)
- pour extrapoler les résultats aux faibles doses

Analogie : application de la relation à des expositions différentes de celle de la population sur laquelle elle a été estimée

- DDREF (Dose and Dose Rate Effectiveness Factor) = 2

Facteur de réduction pour estimer l'effet des RI délivrés à faibles doses et faibles débits de 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 (méthode REIC × 10)
 - Population générale : 0-90 ans à l'exposition
 - Travailleurs : 18-65 ans à l'exposition

2. Transfert de risque entre populations

- Pondération ERR:EAR
 - 0:100% sein
 - 100:0% thyroïde
 - 30:70% poumon
 - 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 : hommes / femmes
- | Population : Euro-Américains / Asiatiques
- | Âge à l'exposition (pyramide des âges)

5. Intégration des effets héréditaires

- | 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 à moins de 1 pour ceux survenant tard dans la vie → ex : vessie, poumon

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

① Risque nominal

② Détriment

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

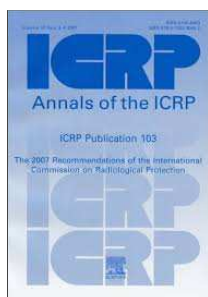
Tissus/organe	Risque nominal	Fraction de létalité	Pondération sur la qualité de vie	Perte relative de durée de vie	Détriment	Contribution au détriment
	<i>R</i>	<i>k</i>	<i>q</i>	<i>l</i>	<i>D</i>	
Œsophage	15	0,93	0,935	0,87	13,1	0,023
Estomac	79	0,83	0,846	0,88	67,7	0,118
Côlon	65	0,48	0,530	0,97	47,9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

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

W_T : dose efficace

Détriment radiologique (cas pour 10 000 individus par Sv)

Tissus/organe	Public		Travailleurs	
	Détriment	Contribution au détriment	Détriment	Contribution au détriment
	<i>D</i>		<i>D</i>	
Oesophage	13,1	0,023	14,2	0,034
Estomac	67,7	0,118	51,8	0,123
Côlon	47,9	0,083	43,0	0,102
Foie	26,6	0,046	19,7	0,047
Poumon	90,3	0,157	120,7	0,286
Os	5,1	0,009	3,4	0,008
Peau	4,0	0,007	2,7	0,006
Sein	79,8	0,139	32,6	0,077
Ovaire	9,9	0,017	6,6	0,017
Vessie	16,7	0,029	19,3	0,016
Thyroïde	12,7	0,022	3,4	0,046
Moelle osseuse	61,5	0,107	23,9	0,057
Autres cancers	113,5	0,198	65,4	0,155
Gonades (héritables)	25,4	0,044	15,3	0,036
Total	574,2	1	422,0	1

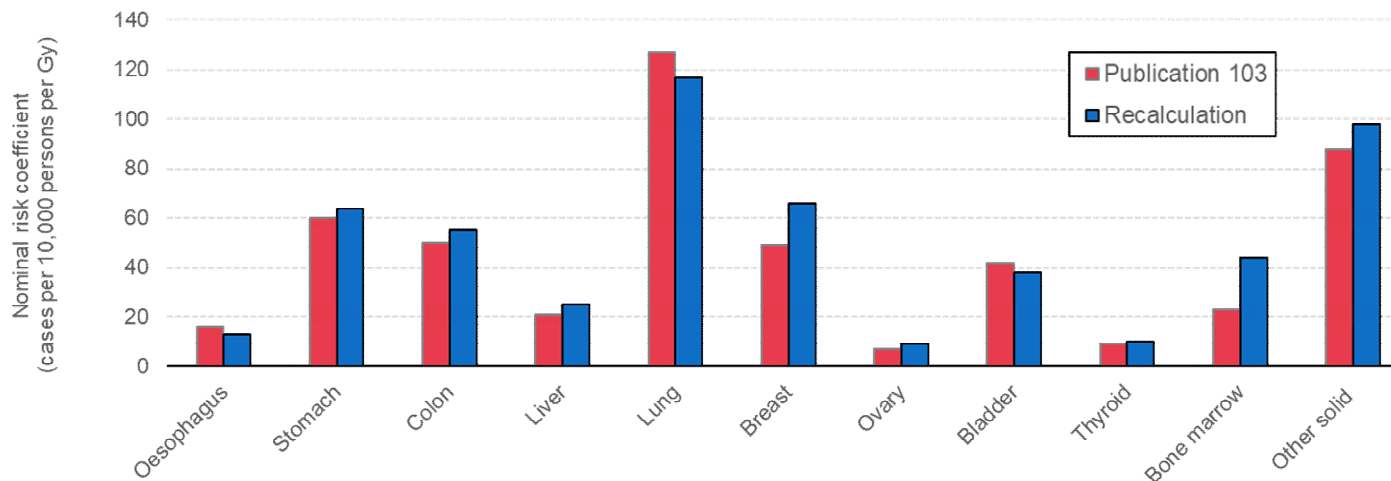


Synthèse de la Publication 152

- Radiation detriment is a concept developed by the Commission to quantify the health impact of stochastic effects (cancer and heritable effects) from low-dose and/or low-dose-rate exposures for radiological protection purposes, considering both the probability of occurrence and the severity of these effects.
- The procedure for calculating radiation detriment consists of two main parts: calculation of the nominal risk (average estimate of the lifetime cancer risk and the risk of heritable effects associated with radiation exposure) and adjustment for severity in terms of quality of life in non-lethal conditions and length of life lost. Details of the procedure have been provided, which resolve ambiguity and correct misdescriptions in Publication 103.

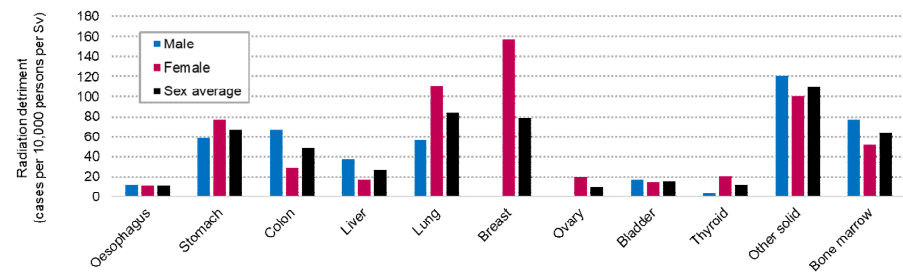
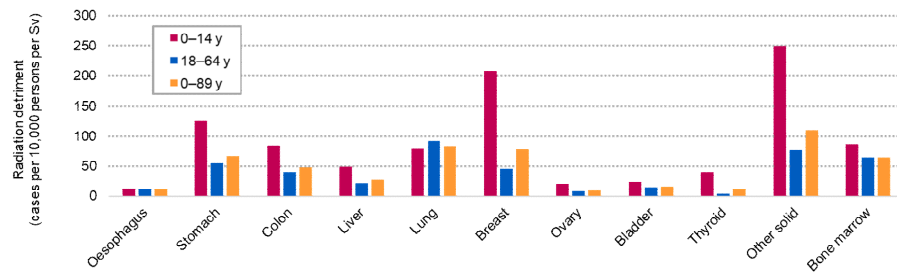
Synthèse de la Publication 152

- Programming errors were found in the calculation of nominal risks for working-age population in Publication 103. The Commission notes that these errors do not impact overall detriment and have no implications for the protection system.



Synthèse de la Publication 152

- Selected sensitivity analysis has demonstrated that sex, age at exposure, dose and dose-rate effectiveness factor (DDREF), dose assumption in the lifetime risk calculation, and lethality fraction have a substantial impact in the calculation of radiation detriment.



- The way of calculating radiation detriment needs to be updated to better reflect changes in reference population data and cancer severity parameters, variation of cancer risk with sex and age and between different populations, improvement in cancer risk models, and advances in risk estimation for heritable effects.

Discussion et perspectives

- La Publication 152 présente de manière transparente et détaillée les différentes étapes du calcul du détriment et constitue une base solide pour les futures recommandations générales de la Commission,
- Plusieurs points d'importance pour la réévaluation du détriment :
 - Prendre en compte l'évolution des connaissances scientifiques : taux d'incidence, taux de létalité, modèles (LSS, etc.), DDREF, organes cibles, effets héritables, etc. Certaines données utilisées dans la Publication 103 datent des années 1980 ;
 - Repenser l'agrégation des facteurs de risque nominaux et la prise en compte de la sévérité des effets ;

Discussion et perspectives

- Plusieurs points d'importance pour la réévaluation du détriment (suite) :
 - 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 plus avant 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 et plusieurs TG seront mis en place prochainement.

Références

- **History of radiation detriment and its calculation methodology used in ICRP Publication 103**, Enora Cléro, Ludovic Vaillant, Nobuyuki Hamada, Wei Zhang, Dale Preston, Dominique Laurier and Nobuhiko Ban, in Journal of Radiological Protection 39 (2019) R19–R35 (17pp).
- **Sensitivity analysis of parameters and methodological choices used in the calculation of radiation detriment for solid cancer**, Zhang W., Laurier D., Cléro E., Hamada N., Preston D., Vaillant L., Ban N., in International Journal of Radiation Biology, Vol. 96, 2020, Issue 1.
- **Radiation detriment calculation methodology: Summary of ICRP Publication 152**, Nobuhiko Ban, Enora Cléro, Ludovic Vaillant, Wei Zhang, Nobuyuki Hamada, Dale Preston and Dominique Laurier, submitted to JRP.