

A ginger and white cat is looking into a glass bowl containing a goldfish. The background is a warm, golden-yellow color.

**Les effets de rayons X
administrés à
faible dose.**

**Existe-t-il vraiment un risque en
imagerie médicale ?**

Pr François Bochud – IRA-CHUV

***Séminaire ARRAD "Exposition aux rayons X
en imagerie médicale : quels défis ? "***

2 février 2017



Faibles doses : définition floue

Valeurs de doses en dessous desquelles
on n'observe **pas d'effets** sanitaires
par l'épidémiologie

A painting of a three-masted sailing ship on a stormy sea. The ship is in the center, struggling against large, dark blue waves. The sky is a dark, overcast grey. The overall mood is dramatic and somber.

Le **risque**, s'il existe, est **très faible**
puisque l'on ne sait pas le mettre en évidence
par les études épidémiologiques

Ordre de grandeur
Dose effective additionnelle de l'ordre
de **100 mSv chez l'adulte**
(50 mSv chez l'enfant)

Grande **diversité** des faibles doses

Faibles doses à **faible débit** de dose
rayonnement naturel (^{14}C , ^{40}K de notre corps)

Faibles doses **répétées**
= plus fortes doses en cumul

0.4 mSv/an
(35 mSv en une vie)

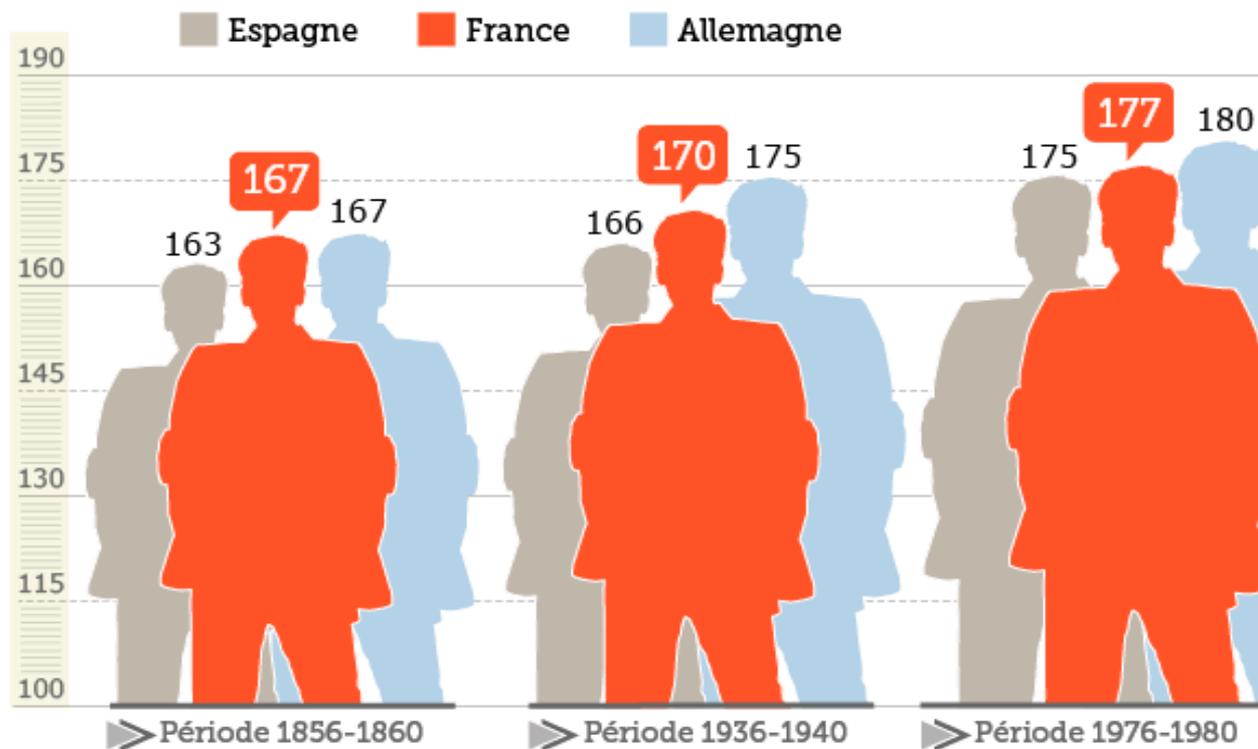
Grande diversité des faibles doses

The background of the slide is a composite of various medical scan images. On the left, a person's silhouette is shown from the side, pointing their right index finger towards a grid of MRI scans of the spine. The grid consists of three rows and four columns of images. To the right of the spine scans is a large grid of CT angiography (CTA) images, showing a network of blood vessels in a bright blue color against a dark background. Below the spine scans, there are several axial and sagittal MRI scans of the brain. The overall lighting is dim, with the scan images providing the primary light source, creating a professional and clinical atmosphere.

Faibles doses à **fort débit** de dose
expositions médicales (*20 mSv d'un scanner*)

Grande diversité des faibles doses

TAILLE MOYENNE D'UN HOMME ADULTE SELON LE PAYS, en cm



**Fortes doses
déclarées faibles
doses
par moyennage
sur la population
(expositions médicales,
radon dans les
habitations)**

Grande diversité des faibles doses

An illustration of human lungs. The left lung is shown in a light blue, semi-transparent style, revealing the bronchial tree. The right lung is also semi-transparent but features a prominent, glowing red tumor in the central region, representing a high-dose area of exposure.

Fortes doses déclarées faibles doses par « dose-effectivation » avec le w_T
(radon dans l'habitat : $400 \text{ Bq/m}^3 = 200 \text{ mSv/an au poumon}$)
($w_T(\text{poumon}) = 0.12$ i.e. $E = 0.12 \times 200 = 24 \text{ mSv}$)

Le risque pour les effets stochastiques est connu
grâce aux survivants d'**Hiroshima et Nagasaki**



Mais pas seulement ...

*travailleurs du nucléaire
mineurs*

résidents

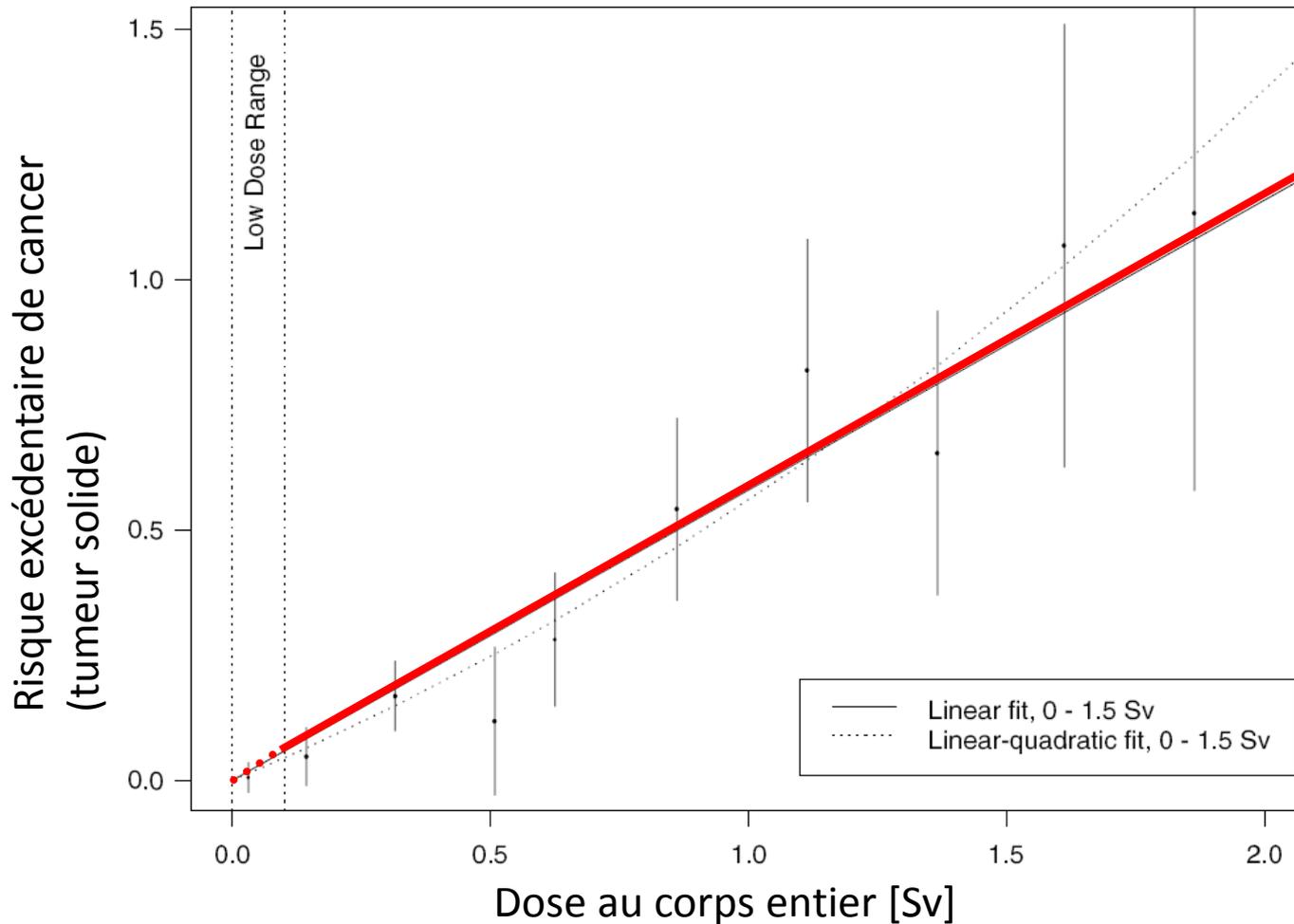
patients radiothérapie

patients radiodiagnostic

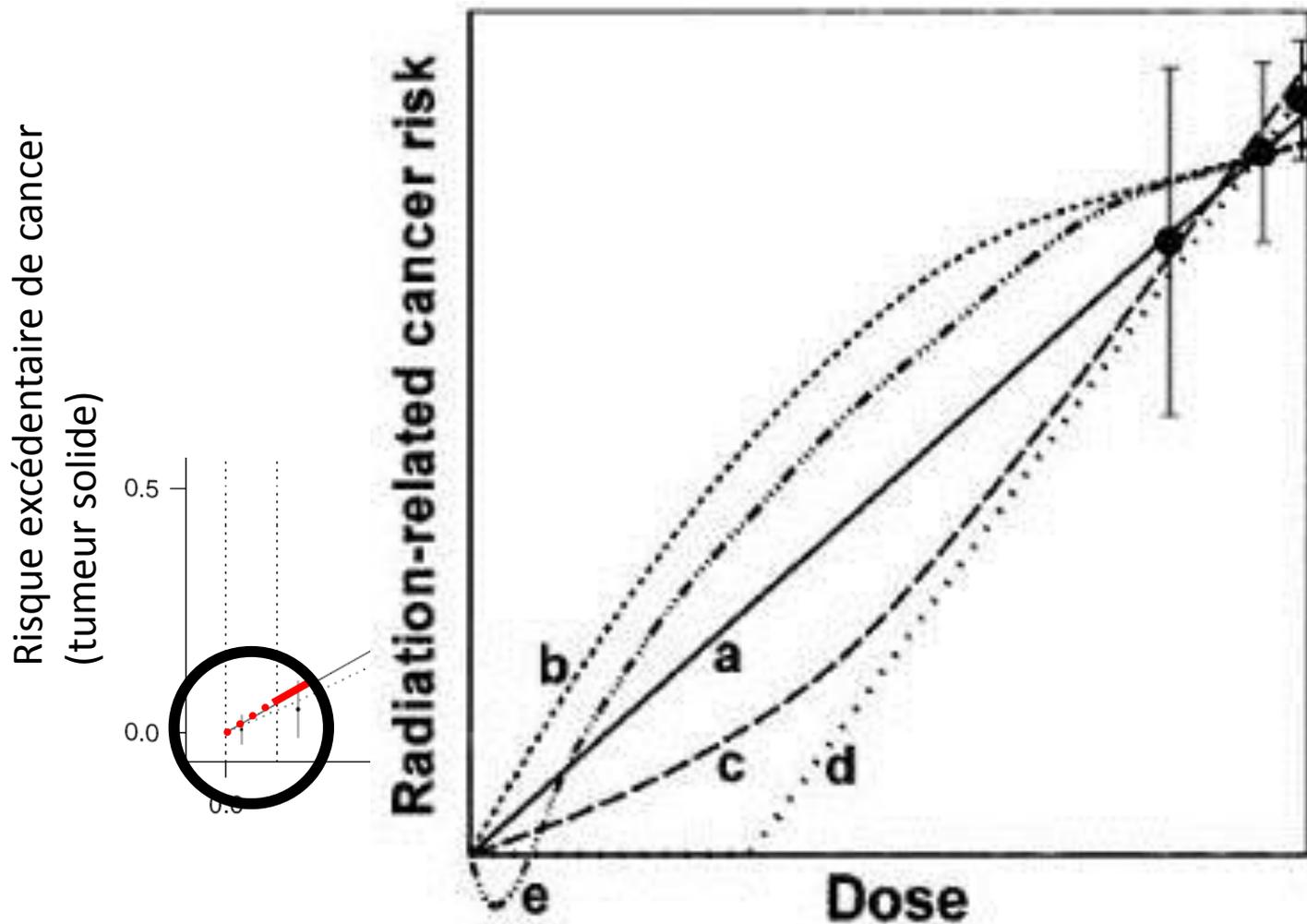
Tchernobyl

irradiation naturelle

Le risque pour les effets stochastiques est connu grâce aux survivants d'**Hiroshima et Nagasaki**

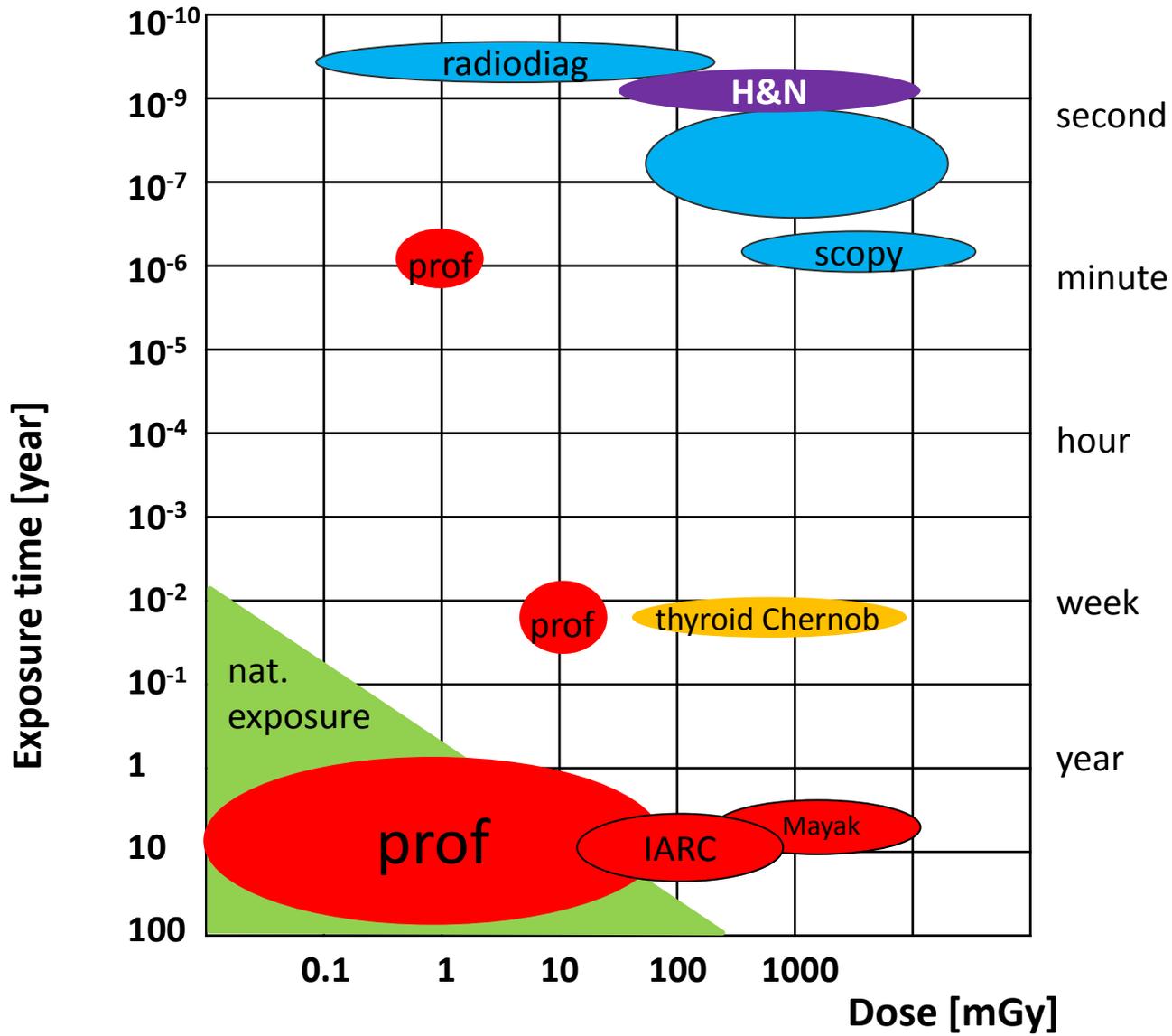


Toute la question est dans l'**extrapolation aux faibles doses**





Est-ce pertinent de comparer
Hiroshima et Nagasaki
avec le radiodiagnostic ?



Consensus international

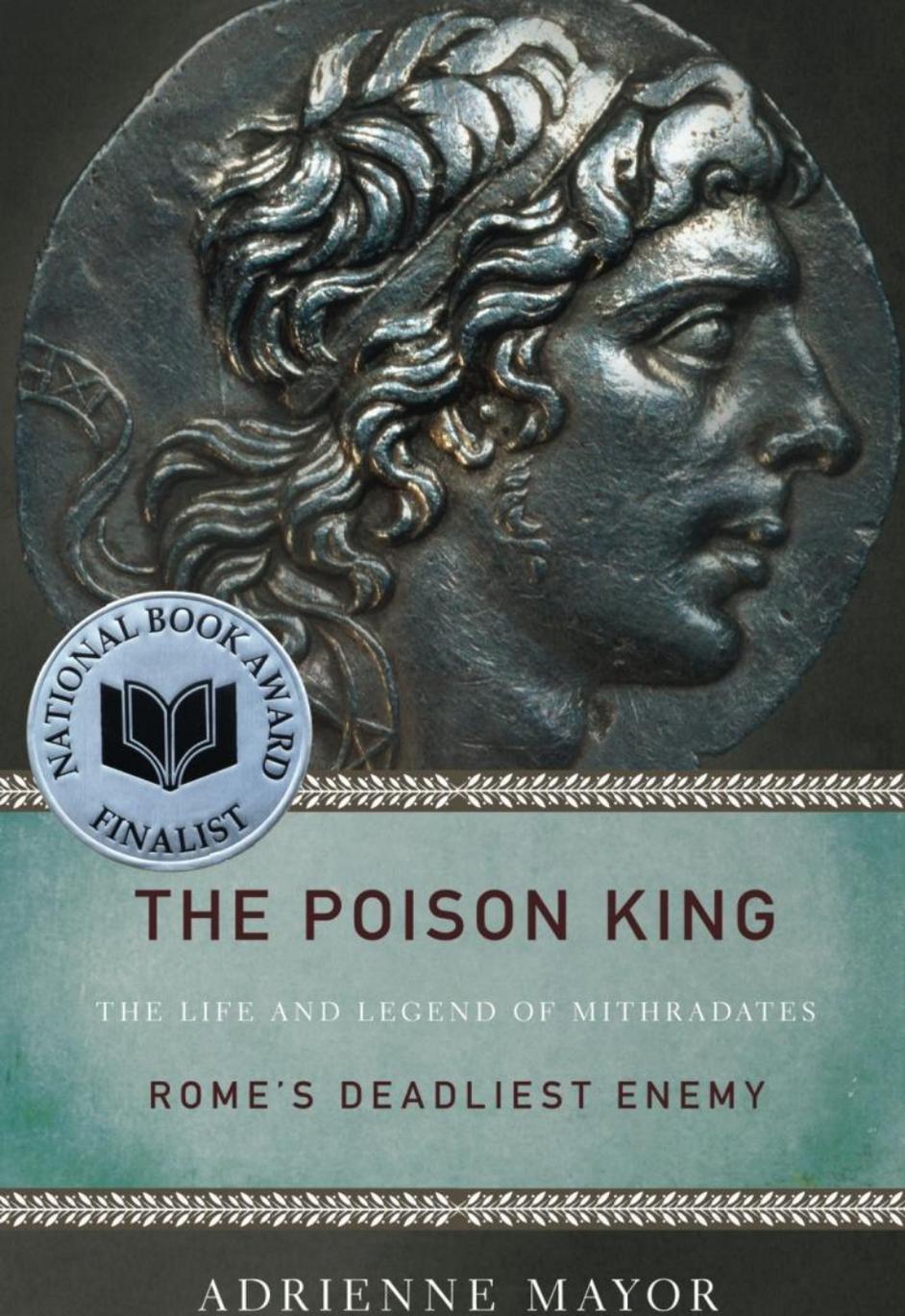
Relation dose-effet **linéaire sans seuil**,
quels que soient la dose et le débit de dose
(*hypothèse LNT*)

Quantification du risque **par Sv** de dose effective

Risque tératogène : 50 %

Risque de **cancers mortel** : **5 %**

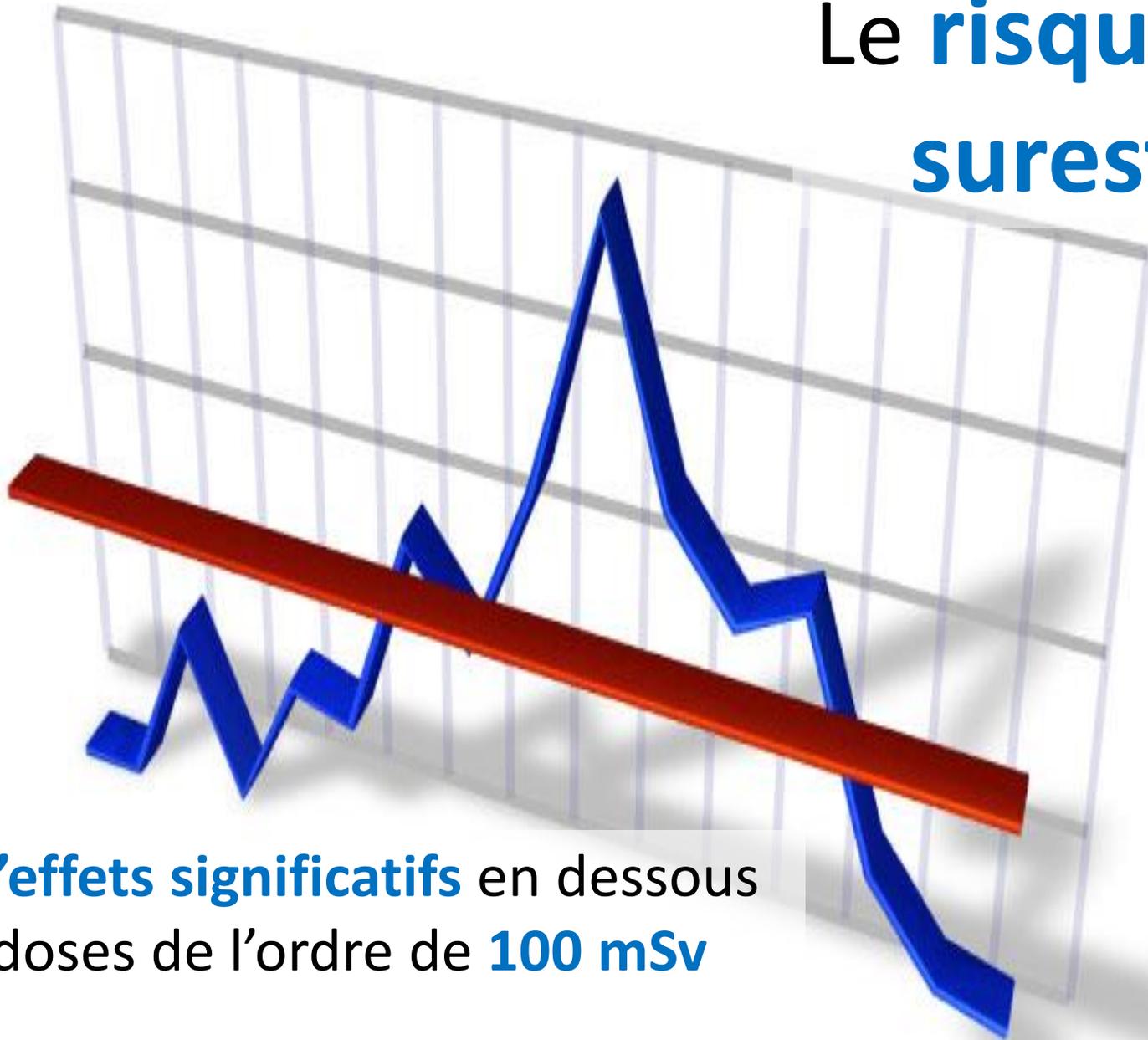
Risque de maladie héréditaire : 0.5 %



Le **risque** est **surestimé**

Réponse adaptative
« mithridatisation »

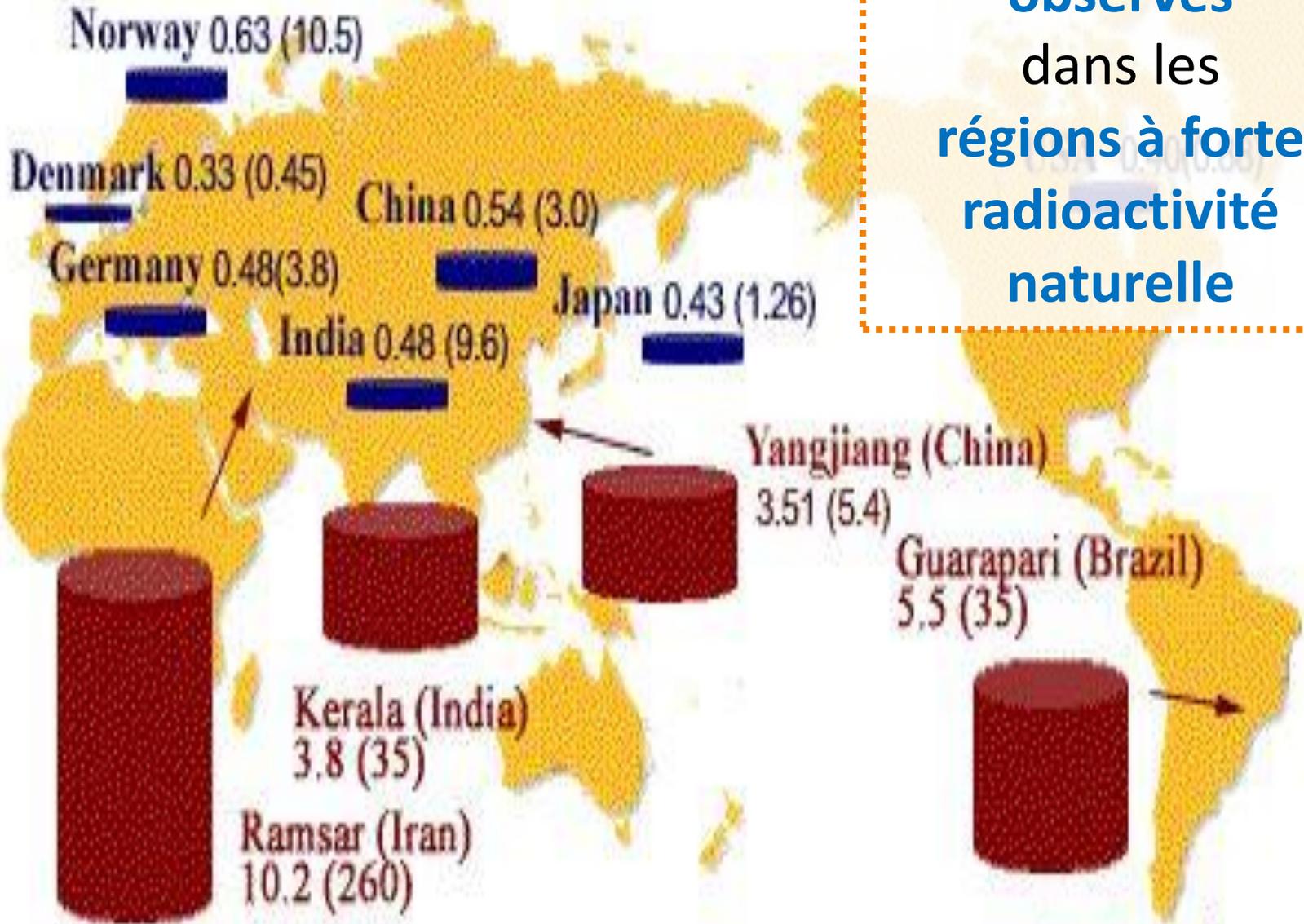
Le **risque** est
surestimé



Pas d'effets significatifs en dessous
de doses de l'ordre de **100 mSv**

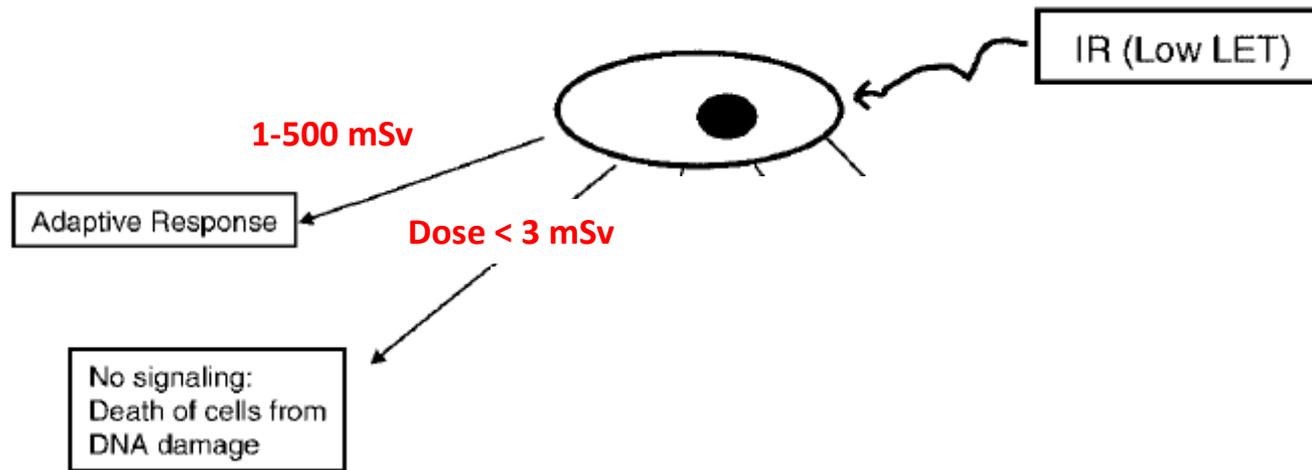
Le risque est surestimé

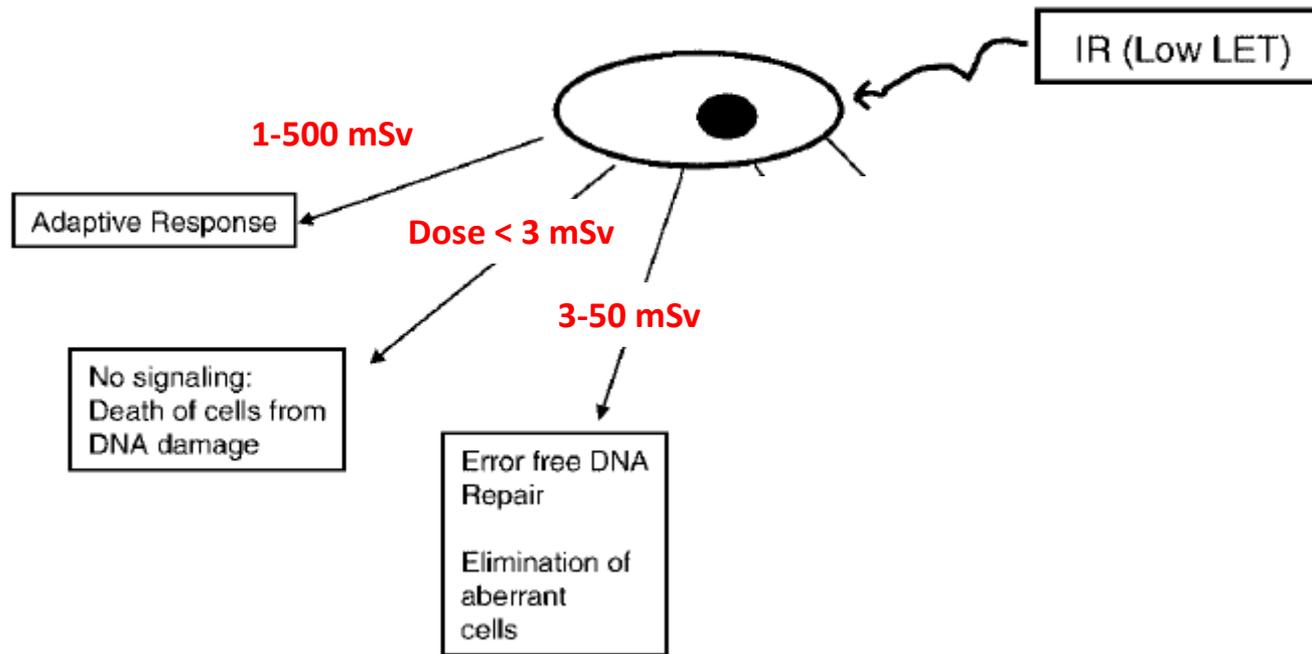
Pas d'effets observés dans les régions à forte radioactivité naturelle

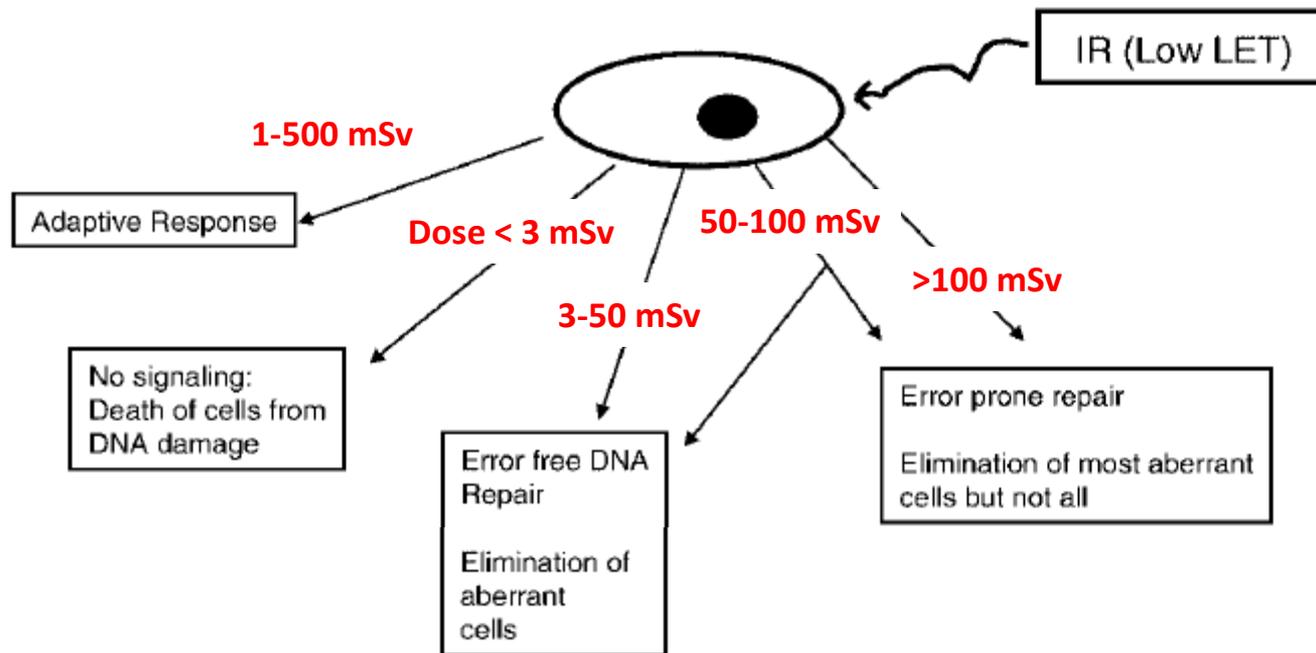


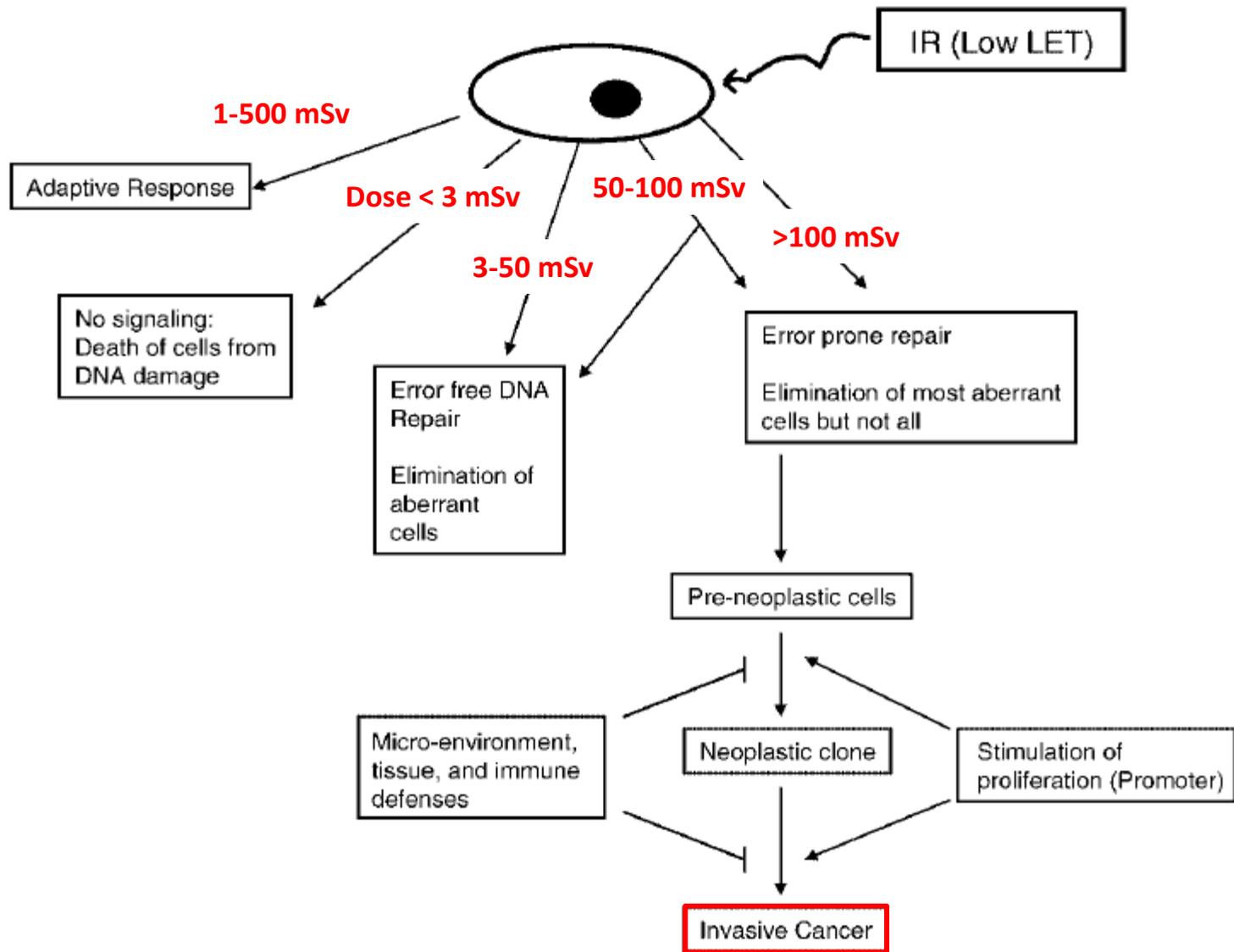
() maximum value











Le **risque** est **sous-estimé**



Effet bystander :

lésions génomiques des cellules voisines de la cellule irradiée



Le **risque** est **sous-estimé**

Instabilité génomique

dans la descendance de cellules irradiées,
avec amplification des anomalies observées

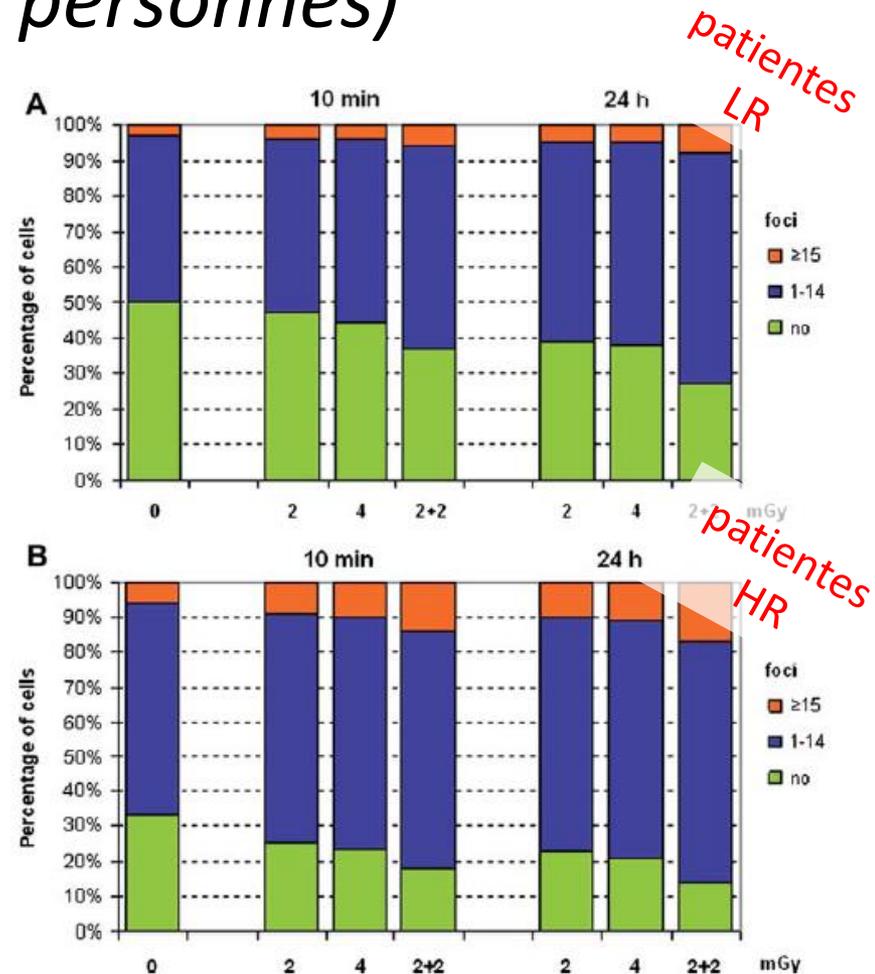
Le **risque** est **sous-estimé** (pour certaines personnes)

Étude sur **épithélium mammaire** humain exposé **ex vivo** aux rayonnements ionisants dans les conditions de la mammographie

taux spontané de **focci γ H2AX** plus élevé chez les **patientes HR**

relation **dose-effet** identifiée à **faible dose** (2 et 4 mGy)

effet **plus important** à **2+2 mGy** qu'à **4 mGy**



Le **risque**
est **largement**
sous-estimé

2010 Recommendations of the ECRR

*The Health Effects of Exposure to Low Doses of
Ionizing Radiation*

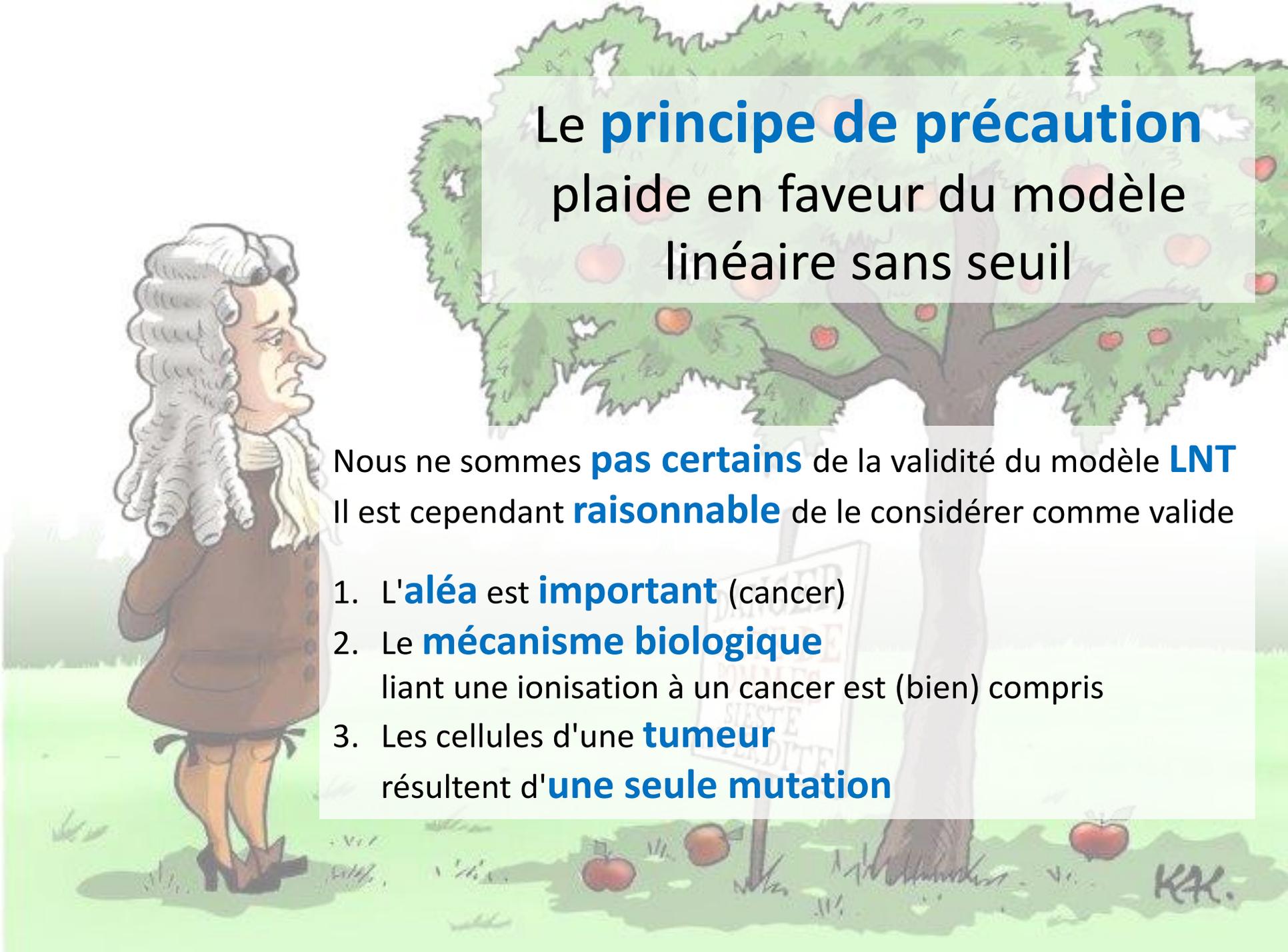
Regulators' Edition

Edited by Chris Busby
with

Rosalie Bertell, Inge Schmitz-Feuerhake,
Molly Scott Cato and Alexey Yablokov

Published on behalf of the European Committee on
Radiation Risk
Comité Européen sur le Risque de l'Irradiation

Green Audit ♦ 2010



Le **principe de précaution**
plaide en faveur du modèle
linéaire sans seuil

Nous ne sommes **pas certains** de la validité du modèle **LNT**
Il est cependant **raisonnable** de le considérer comme valide

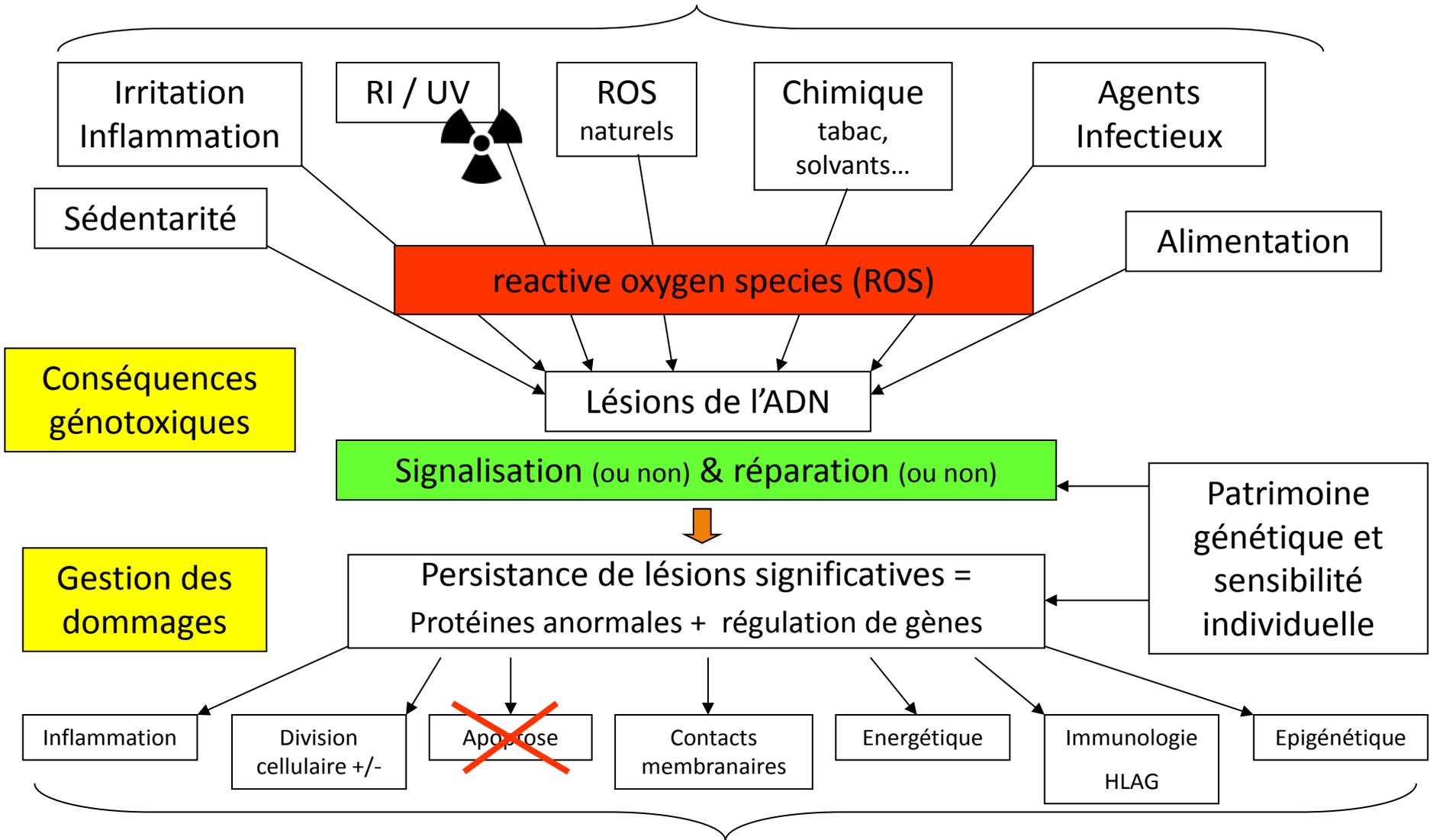
1. L'**aléa** est **important** (cancer)
2. Le **mécanisme biologique**
liant une ionisation à un cancer est (bien) compris
3. Les cellules d'une **tumeur**
résultent d'**une seule mutation**

Pose-t-on les **bonnes questions** ?

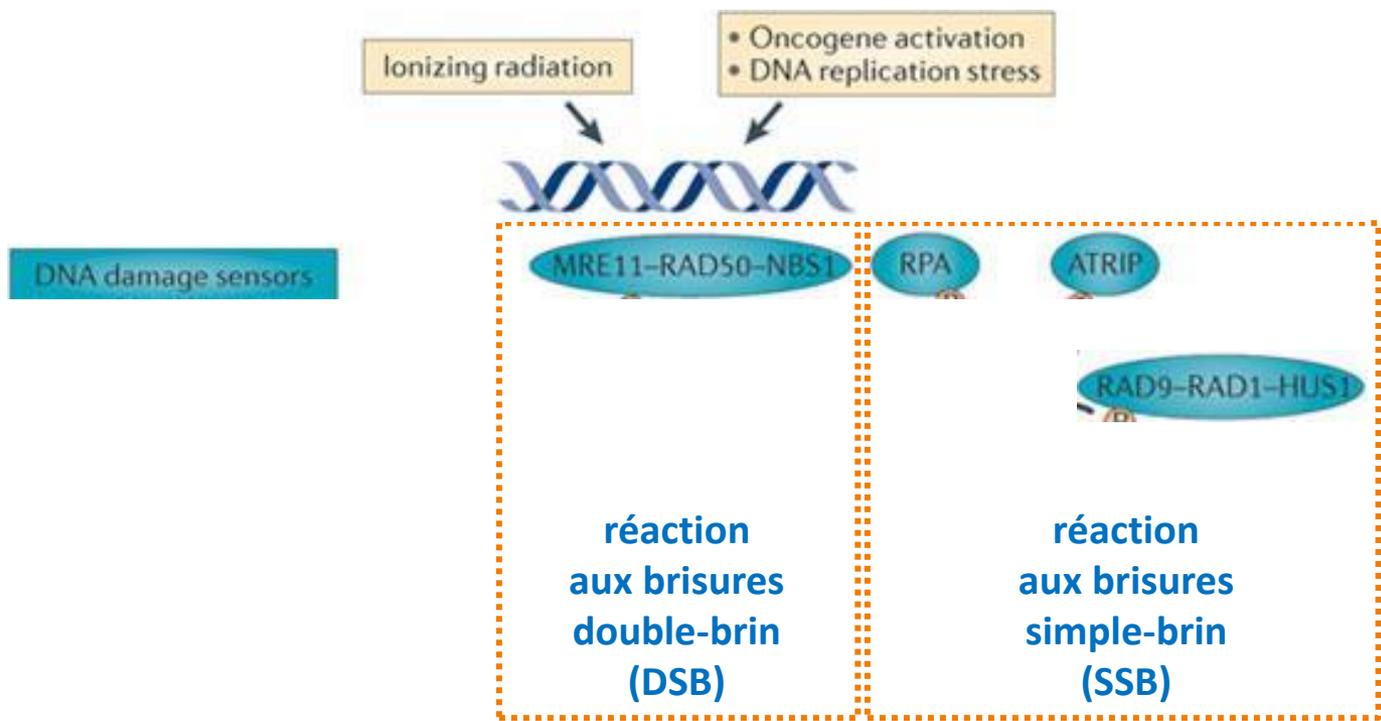
- **Linéarité** de la relation **dose-réponse** ?
 - Pour **tous les cancers** considérés comme **un seul groupe** ?
- Existence d'un **seuil probabiliste** en dessous duquel il n'y a pas de risque de cancer lié aux rayonnements ionisants ?
 - Seuil **individuel** ?

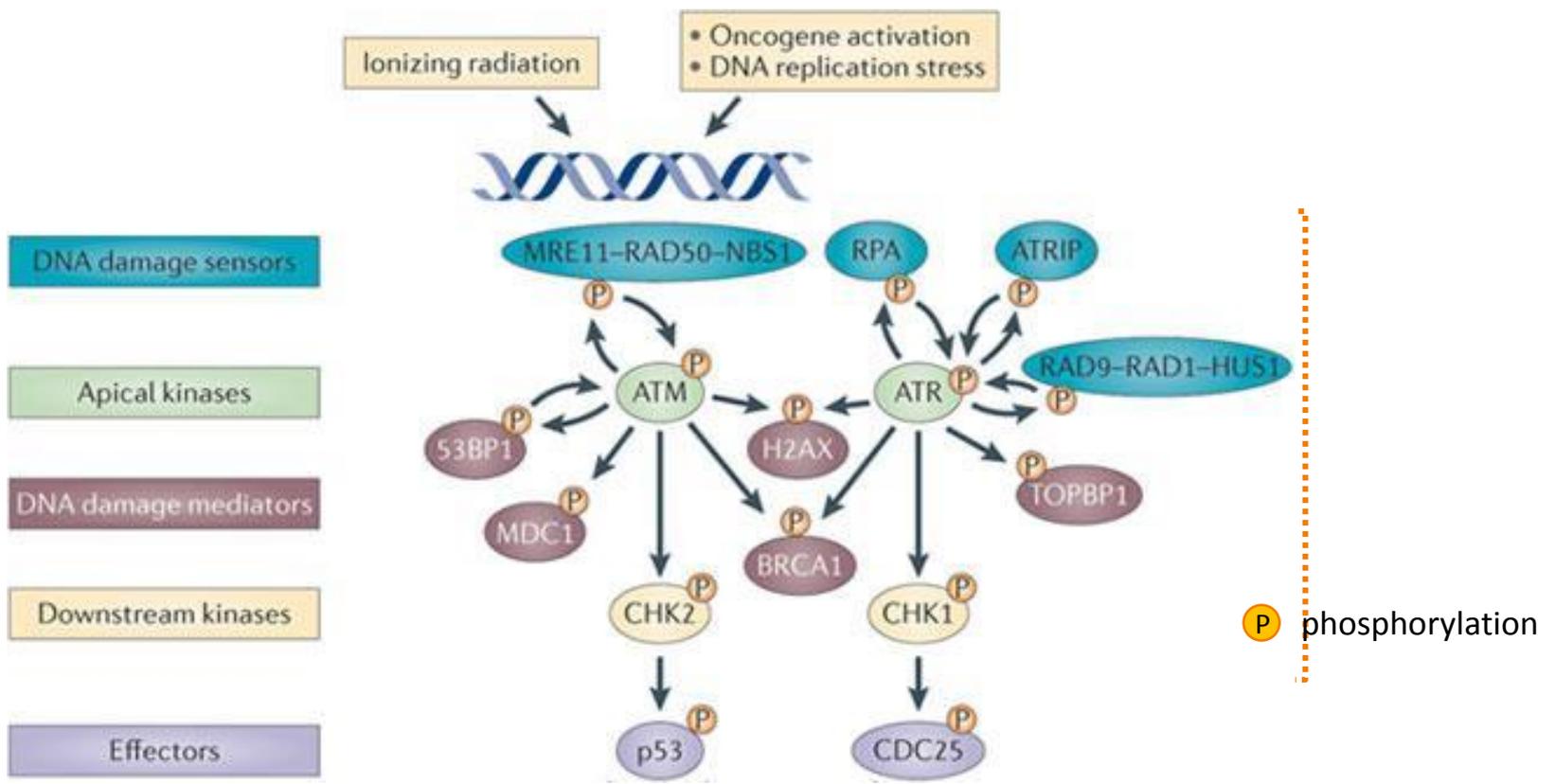
Les réponses aux questions
résident dans la **cancérogénèse**
et la **radiobiologie**

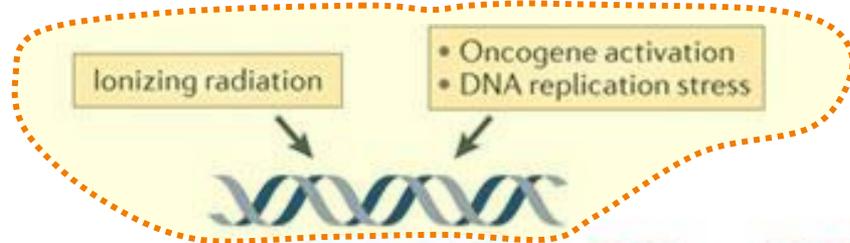
Facteurs d'environnement et de mode de vie



Cancer = combinaison délétère de mauvaises lésions de l'ADN et facteurs du microenvironnement tissulaire (hormone, cytokines...)

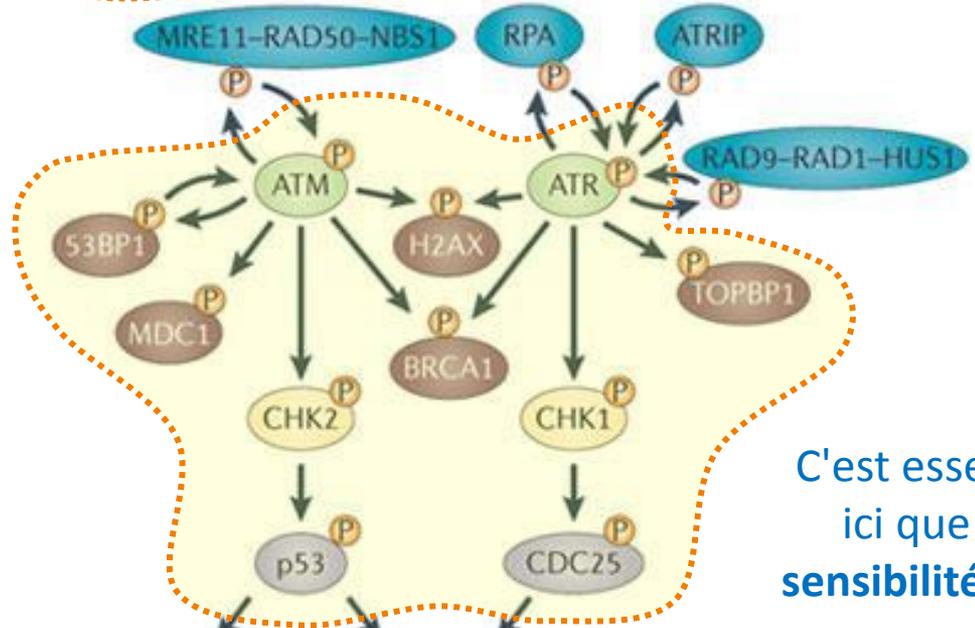




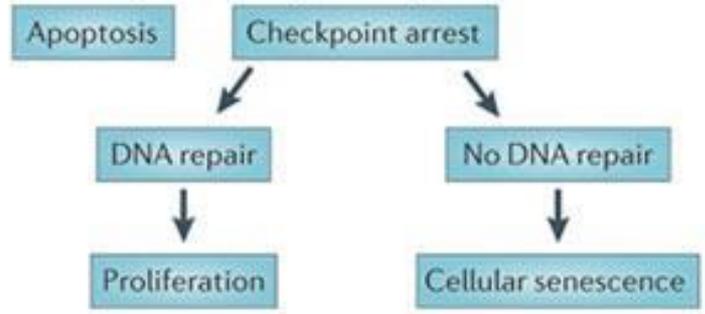


Même à 1 mGy, des DSB sont possibles
(pas de différence individuelle ?)

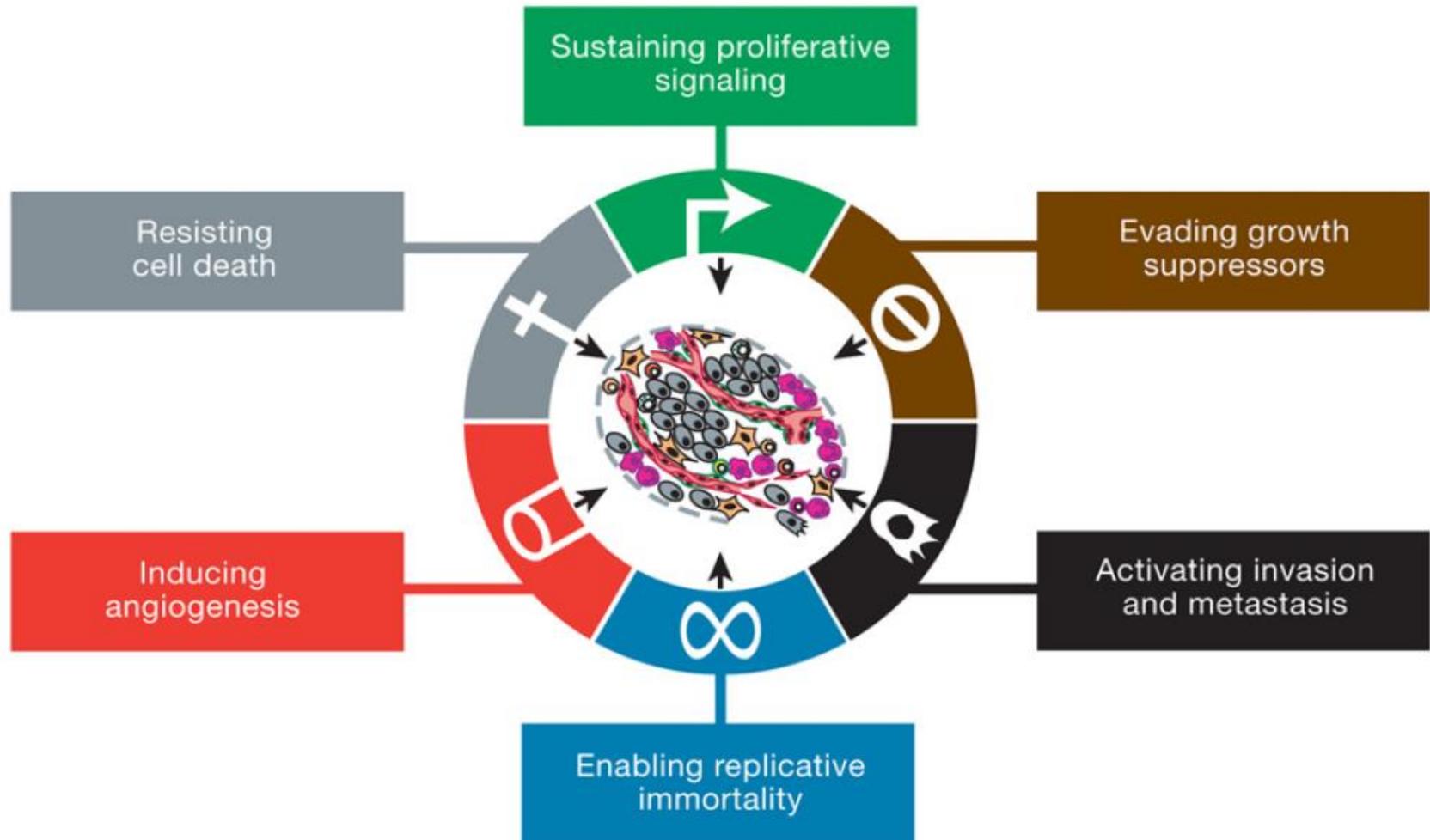
- DNA damage sensors
- Apical kinases
- DNA damage mediators
- Downstream kinases
- Effectors
- Outcomes

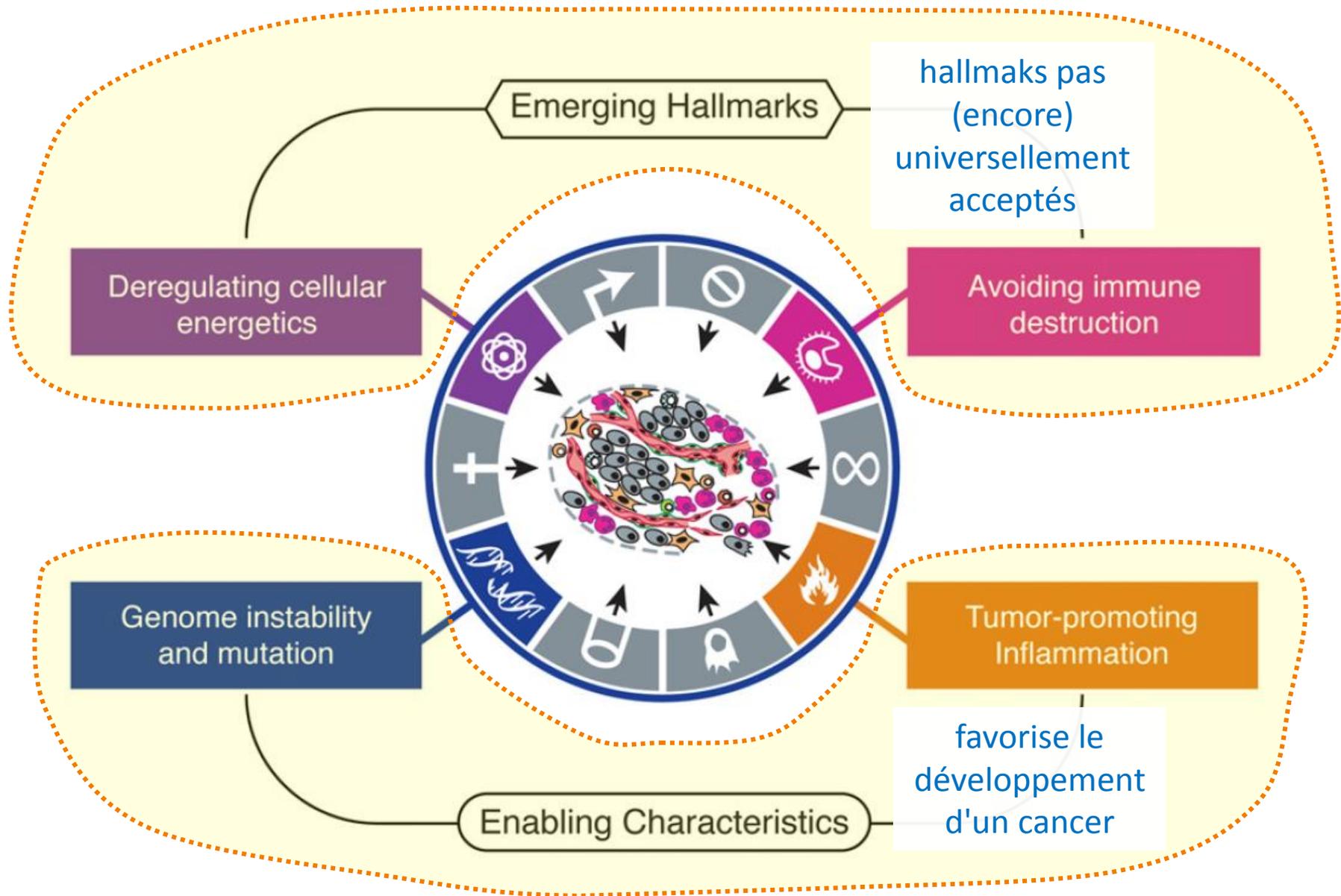


C'est essentiellement ici que se joue la **sensibilité individuelle**



(quasiment) **tous les cancers** doivent acquérir **6 caractéristiques**
(hallmarks) durant leur développement
(les mécanismes d'acquisition diffèrent d'un cancer à l'autre)





Conclusion

Pour **la plupart des cancers**, la réponse en dose est **compatible avec le modèle linéaire**

"compatible" → **principe de précaution**



Existe-t-il **vraiment un risque** à faible dose
en **radiodiagnostic** ?

La **réponse** ne pourra venir que de
la **radiobiologie** couplée à l'**épidémiologie**

La **différence entre individus** est sans doute importante

Merci de votre attention