

Effets stochastiques des radiations ionisantes

Cas particulier des faibles doses

Pr Marion LAHUTTE, Pr Jean ROUSSET

Pr H. Foehrenbach

Service d'imagerie médicale,

Hôpital d'Instruction des Armées Percy

Hôpital d'Instruction des Armées Clermont Tonnerre

Introduction

LE FIGARO

santé

Actualité | L'encyclopédie santé | Mieux-être | Préparer un voyage



Suivre



Rechercher

Le scanner augmente-t-il les risques de cancer ?

le 18/12/2009

Les conclusions alarmistes d'une étude américaine sont relativisées en France. Le risque de cancer dépend aussi de l'âge et du sexe du patient, et du type d'examen.



En utilisant un modèle mathématique, ils ont calculé que les 70 millions de scanners effectués en 2007 aux États-Unis pourraient conduire à 29 000 cas supplémentaires de cancers dans ce pays. Les examens pratiqués entre 35 et 54 ans seraient à l'origine d'un tiers d'entre eux, ceux effectués avant

Les An
usage
publié
scanné
rayons
les irradiations qui ne seraient pas dans les decenni

En utilisant un modèle mathématique, ils ont calculé que les 70 millions de scanners effectués en 2007 aux États-Unis pourraient conduire à 29 000 cas supplémentaires de cancers dans ce pays. Les examens pratiqués entre 35 et 54 ans seraient à l'origine d'un tiers d'entre eux, ceux effectués avant



- Irradiation d'origine médicale



Introduction

- ⊙ L'induction de cancers par les radiations ionisantes n'en est pas moins une réalité
 - documentée lors d'expositions importantes, accidentelles ou médicales
- ⊙ Le vrai problème est celui des expositions « standard » professionnelles ou médicales
 - c'est le problème des faibles doses
 - ce sont les doses rencontrées dans l'immense majorité des cas, lors des utilisations médicales, hors radiothérapie
- ⊙ Aborder les mécanismes sous-jacents pour pouvoir jouer un rôle de conseil objectif



PLAN

- ⊙ Définition des faibles doses
- ⊙ Caractéristiques des cancers radio-induits
- ⊙ Observation épidémiologique
- ⊙ Mécanismes
 - moléculaires
 - cellulaires
 - tissulaires
 - effet du débit de dose
- ⊙ Applications en radioprotection
 - principes de la radioprotection
 - la relation linéaire sans seuil



Cas Clinique

- ⊙ M et Mme Po..
 - Urgences pédiatriques
 - garçon de 9 jours : pleurs incessants, agitation, examen neurologique normal
 - Dilatation des ventricules en ETF

- ⊙ Demande de TDM cérébrale par l'interne des urgences

Cas Clinique

- Refus des parents au motif du risque augmenté de cancer

Es

Q

The screenshot shows the homepage of 'planète santé', a Swiss medical portal. The main navigation bar includes links for HOME, MAG SANTÉ, QUE FAIRE SI..., MALADIES, FORUM, and SALON. A search bar is located in the top right corner. Below the navigation bar, there are several featured articles and sections. A red box highlights the article titled 'Scanners et risque de cancers: prudence chez les enfants'. The article text states: 'Une équipe internationale de chercheurs a découvert que la multiplication de ces examens avant 15 ans augmentait ultérieurement les risques de certaines lésions cancéreuses du cerveau et du sang.' To the right of the article is a photograph of a CT scanner. Below the article, there are social media sharing icons and a 'J'EN PROFITE' button. On the right side of the page, there is a 'RECHERCHER UN DOCUMENT' search bar and a 'MÉDECINES' sidebar with categories like Actu, Cancer, Cardiovasculaire, Grossesse / Enfants, Ma santé au quotidien, Ma sexualité, Médicaments et Examens, Mon alimentation, Politique / Juridique, Psycho, and Sport et Santé.

Cas Clinique

Radiation exposure from CT scans and subsequent risk of leukaemia and a retrospective cohort study

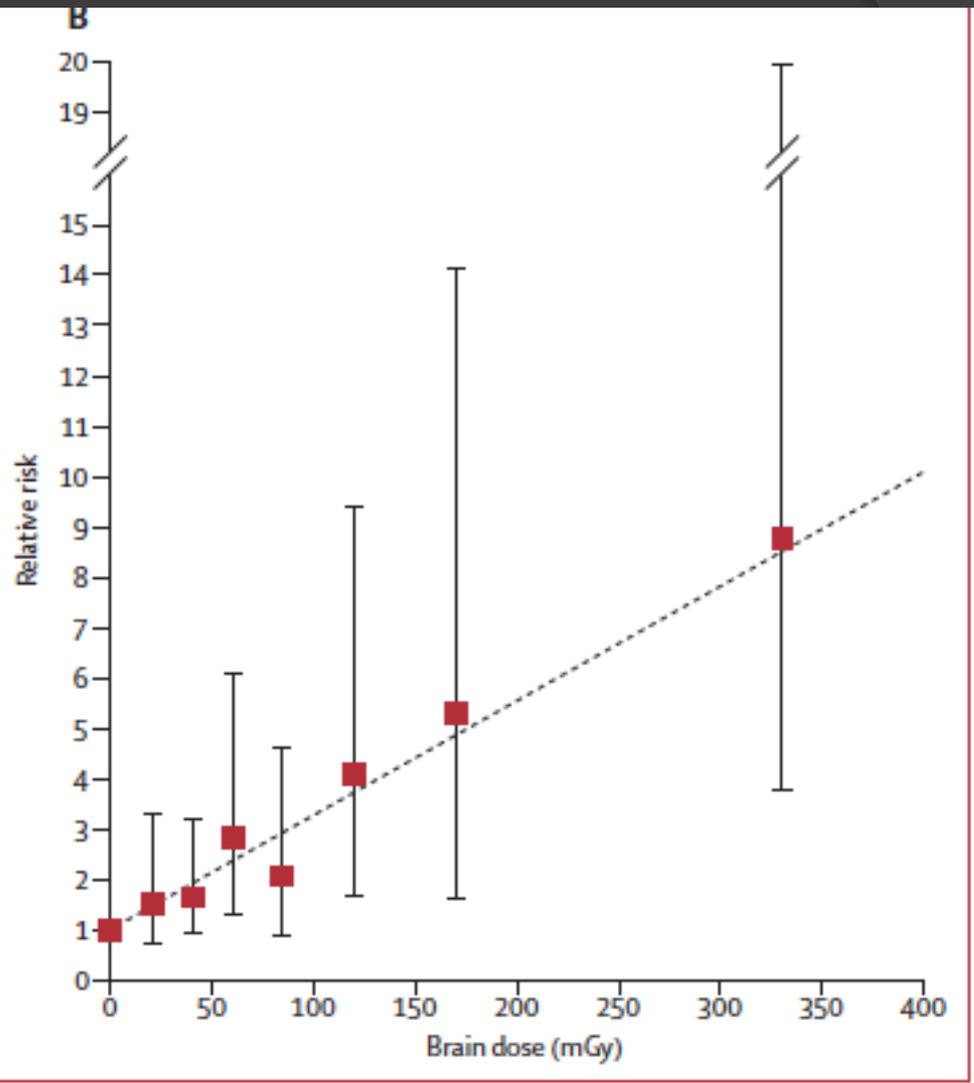
Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran McHugh, Choonsik Lee, Kwame Sir Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de González

Summary

Background Although CT scans are very useful clinically, patients receive ionizing radiation, in particular for children who are more radiosensitive. We assessed the risk of leukaemia and brain tumours after CT scans in a cohort of children.

Methods In our retrospective cohort study, we included patients who were examined with CT in National Health Service (NHS) centres in England between 1985 and 2002, when they were younger than 22 years of age. We excluded patients with loss to follow-up from the NHS Central Registry from Jan 1, 1985. We calculated red bone marrow doses per CT scan in mGy and assessed excess relative risk with Poisson relative risk models. To avoid inclusion of CT scans that began 2 years after the first CT and for brain tumours 5 years after the first CT.

Findings During follow-up, 74 of 178 604 patients were diagnosed with brain tumours. We noted a positive association between brain dose and risk of brain tumours (excess relative risk [ERR] per mGy 0.036, 95% CI 0.005–0.120, $p < 0.0001$). Compared with patients who received a dose of less than 10 mGy, patients who received a cumulative dose of at least 30 mGy (mean dose 55 mGy) had a relative risk of brain cancer for patients who received a cumulative dose of at least 30 mGy (mean dose 55 mGy) of 2.82 (1.33–6.03).





Cas Clinique

- ⦿ Acceptez-vous de discuter avec les parents et insistez-vous pour faire le scanner?
- ⦿ Que dites-vous?
- ⦿ Faites-vous le scanner?



Cas Clinique

- Analyse critique de l'article
- Obligations légales du radiologue
 - Justification
 - Optimisation
 - Compte rendu





Définition

- ◎ Définition des faibles doses
 - domaine d'exposition $< 100 \text{ mSv}$
 - pour une dose corps entier délivrée en une fois à débit élevé
 - quasiment aucun effet biologique ou clinique observé à ce jour
 - Déterministe
 - Stochastique
 - Cancérogénèse
 - Mutations transmissibles



Définition

- ◎ Conséquences de cette définition
 - aucun effet déterministe
 - 100 mSv est inférieur à tous les seuils connus d'effets déterministes
 - le problème est celui des effets stochastiques tardifs redoutés par la population exposée
 - cancérogenèse
 - effets héréditaires transmissibles

Définition

- Une remarque concernant les mutations transmissibles
 - à ne pas confondre avec les effets tératogènes
 - résultent d'une exposition in utero
 - effet déterministe à seuil > 200 mGy



Définition

Aucun effet

Radiation ionisante

100 mSv

Mort cellulaire

Mutation cellulaire

~~Effet déterministe~~

Cellule somatique

Cellule germinale

Cancérogenèse

Observation
à forte dose

~~Mutation
transmissible~~

Aucune
observation
à ce jour

Qu'en est-il à faible dose ?



Définition

100 mSv



Scintigraphie
thallium

TDM abdominal
Coronarographie

15 mSv
10 mSv



2,5 mSv

Irradiation naturelle
en France



Cancérogenèse radio-induite

Cancer lié aux rayons ionisants

- ⊙ Le cancer radio-induit
 - dans sa présentation
 - dans ses caractères histologiques
 - lors de son évolution
 - pour sa prise en charge
 - dans sa sensibilité aux traitements
 - IRA thérapie des cancers





Cancérogenèse radio-induite

- ⊙ Différence notable avec d'autres agents cancérogènes
 - possibilité de signatures moléculaires établissant la relation entre l'agent et le cancer
 - UV et cancer cutané (dimères thymine)
 - aflatoxine et cancer hépatique (mutation codon 249)



*Aspergillus
flavus*

Cancérogenèse radio-induite

⊙ Pourquoi ?

- absence de spécificité de l'action sur l'ADN
 - 1 Gy dans une cellule
 - 100 000 ionisations
 - 2 000 dans l'ADN lui-même = 2 %
 - la voie majeure de lésion de l'ADN = radicaux libres
 - effets sur l'ADN identique à tous les autres mécanismes de production de radicaux libres
 - 1^{er} producteur de RL : le métabolisme oxydatif
 - les lésions directes sont aussi peu spécifiques
 - rupture dans une zone de fragilité



Cancérogenèse radio-induite

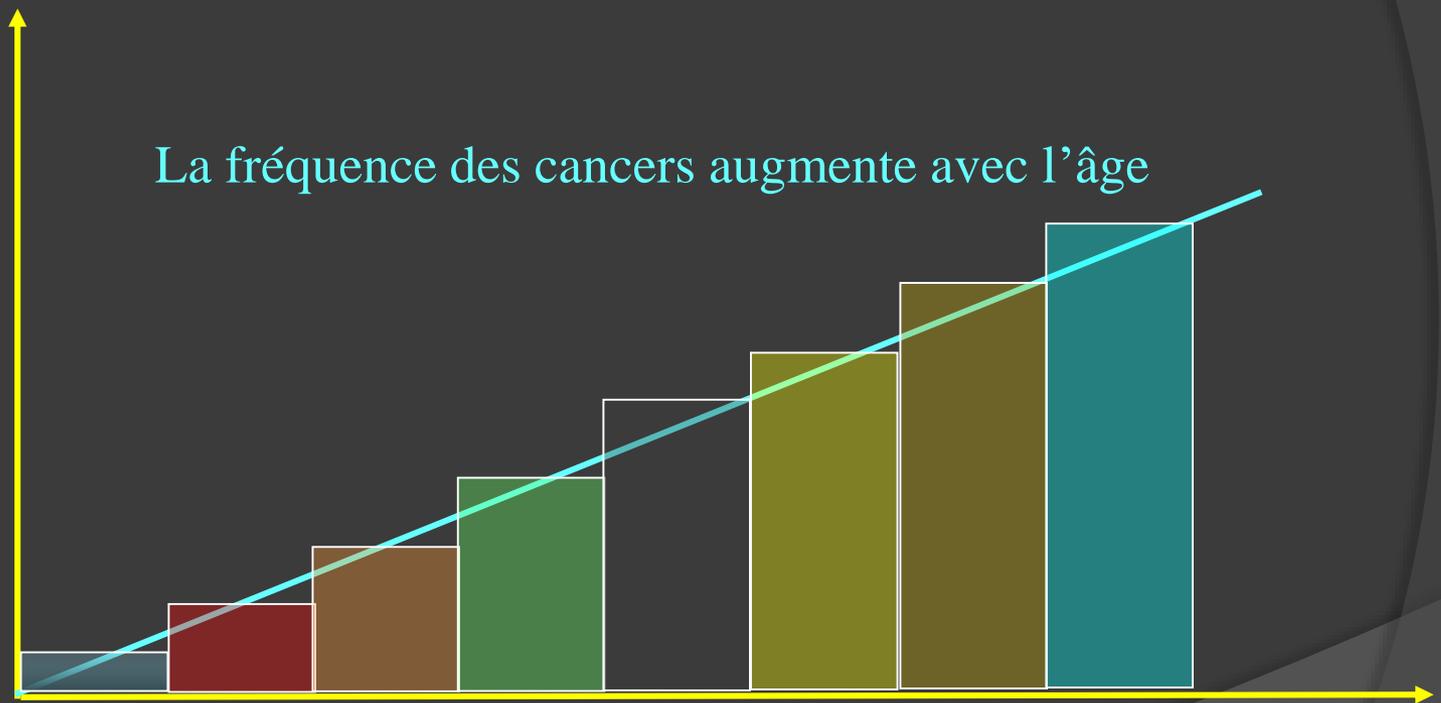
◎ Conséquence

- impossibilité d'établir une relation entre un cancer particulier et une exposition
- seule méthode d'étude possible = statistique
 - la survenue spontanée d'un cancer est un évènement fréquent
 - Risque = 0.25 à 0.3 vie entière
 - enregistrer une incidence de cancer accrue au sein d'une population exposée
 - comparaison à une population identique non exposée
 - prise en compte de tous les autres agents cancérigènes (facteurs de confusion)



Fréquence des cancers spontanés

Nombre de cancers par effectif dans chaque classe

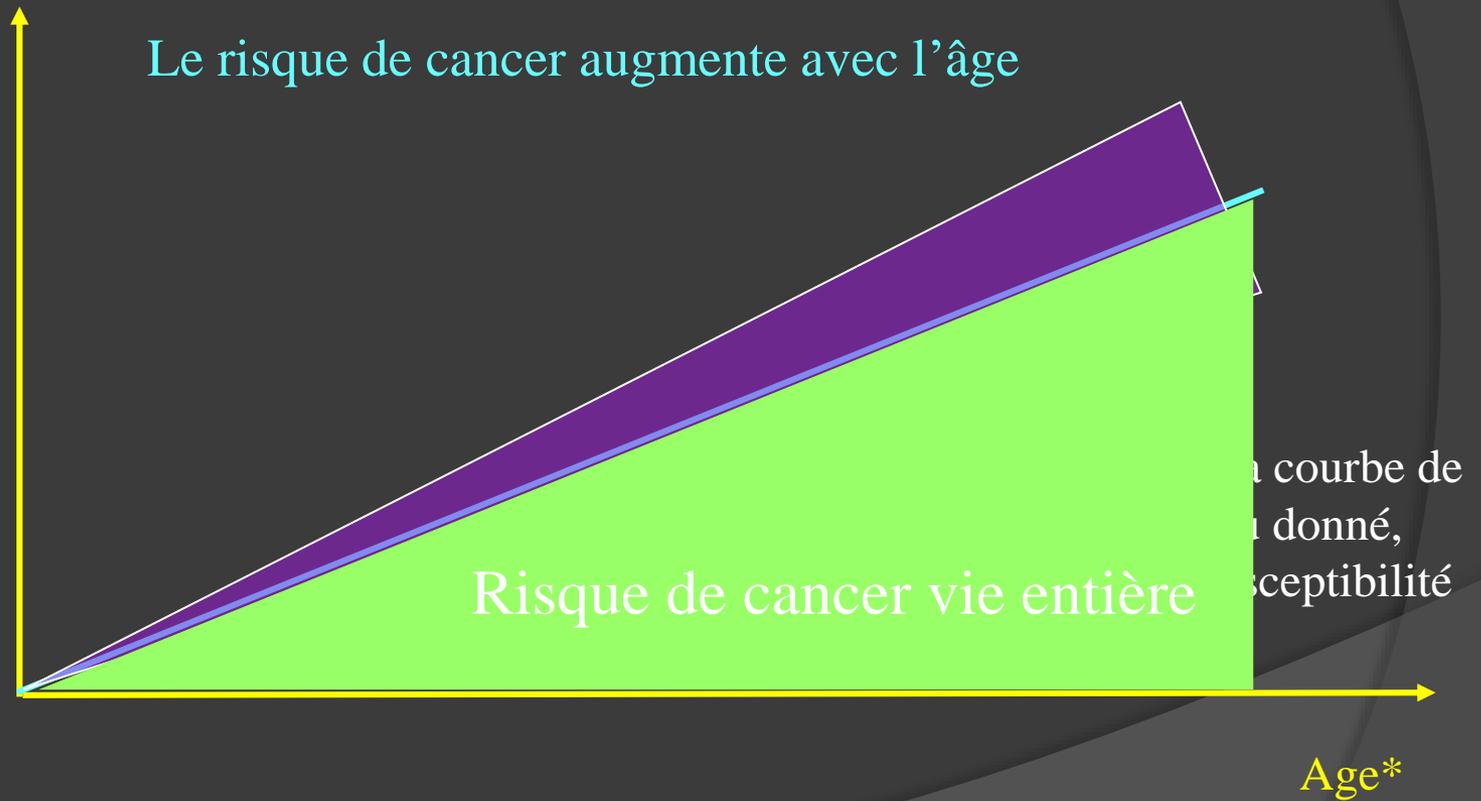


Classes d'âge dans une population



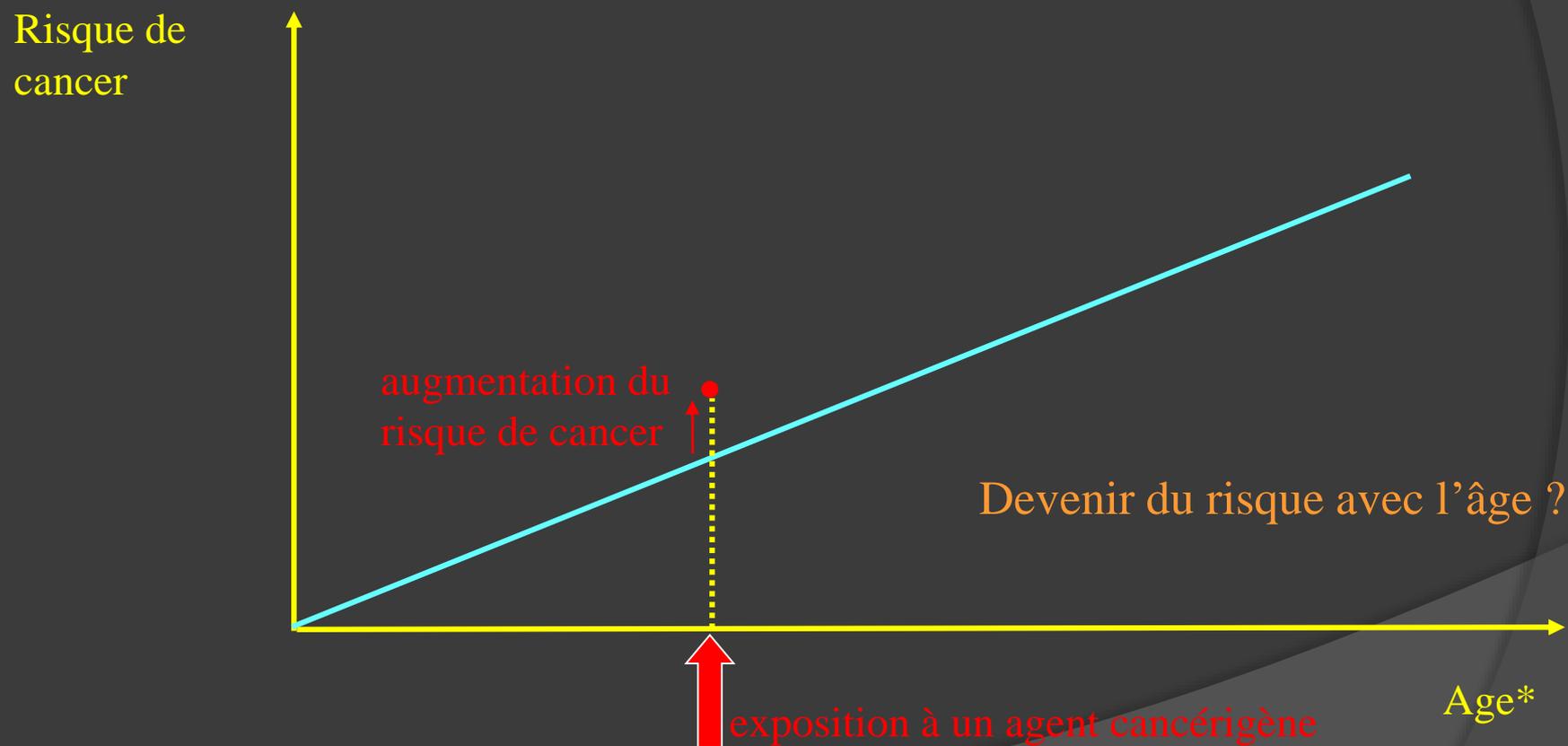
Risque de cancer spontané

Risque de cancer



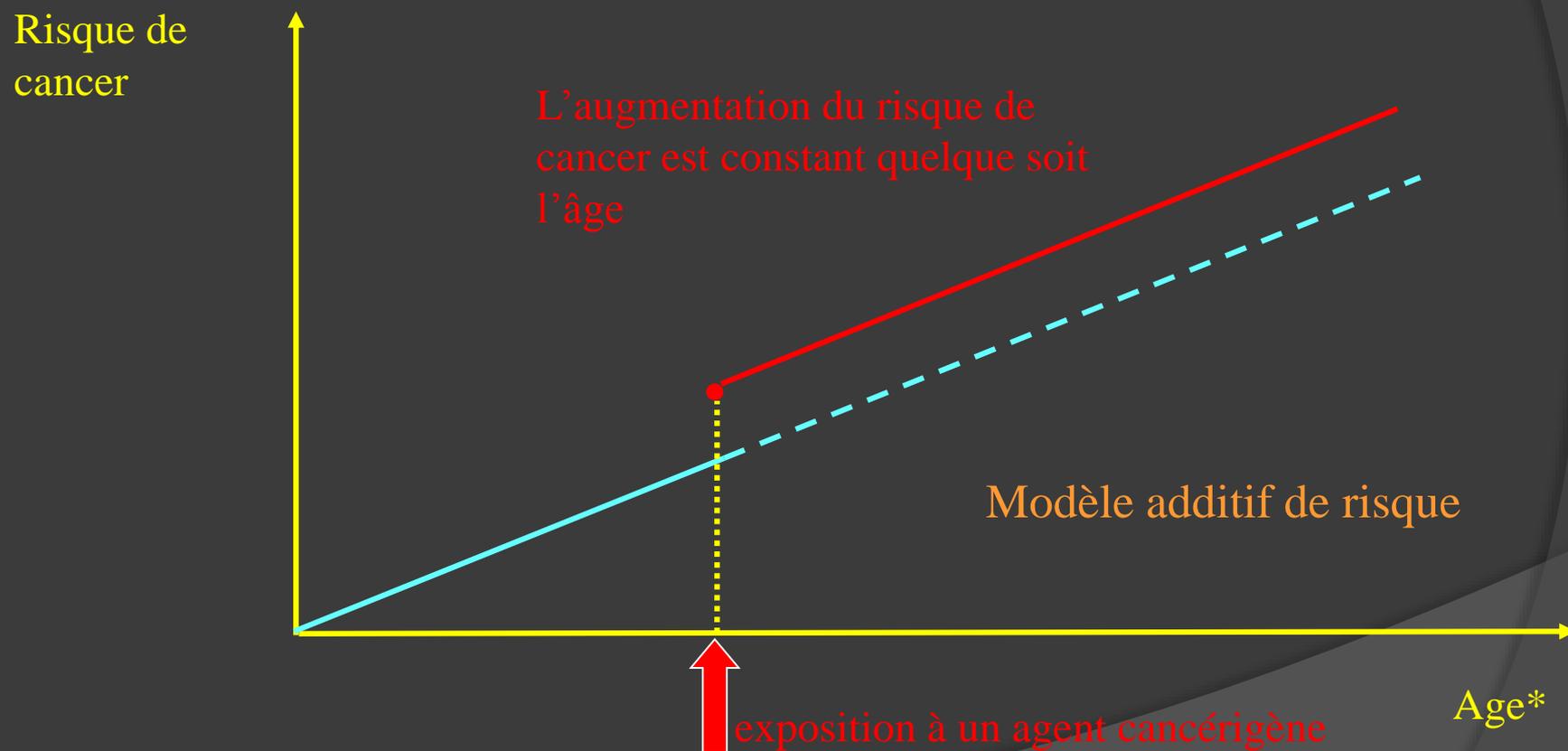
* âge au sein d'une population ou d'un individu

Evènement accroissant le risque



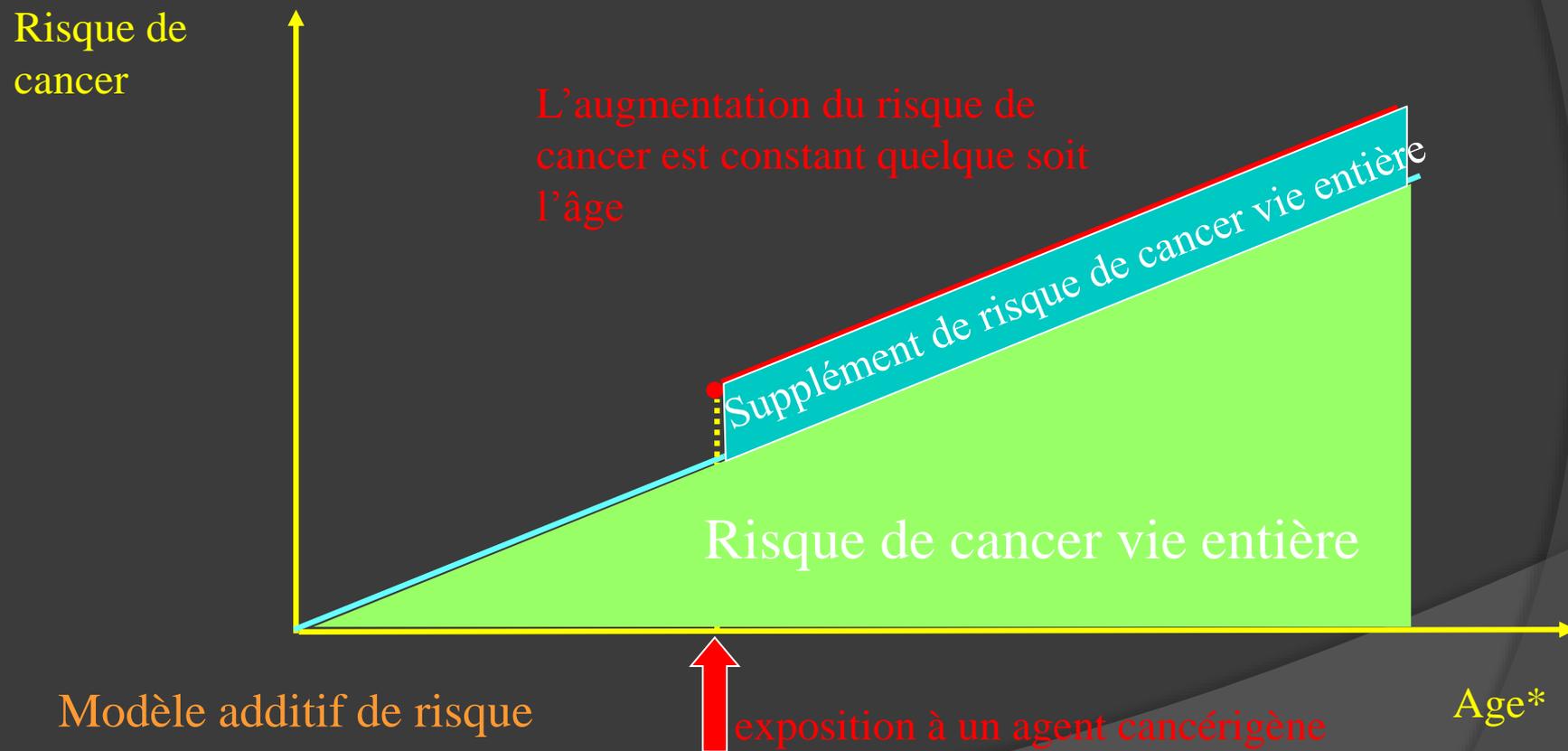
* âge au sein d'une population ou d'un individu

Evènement accroissant le risque



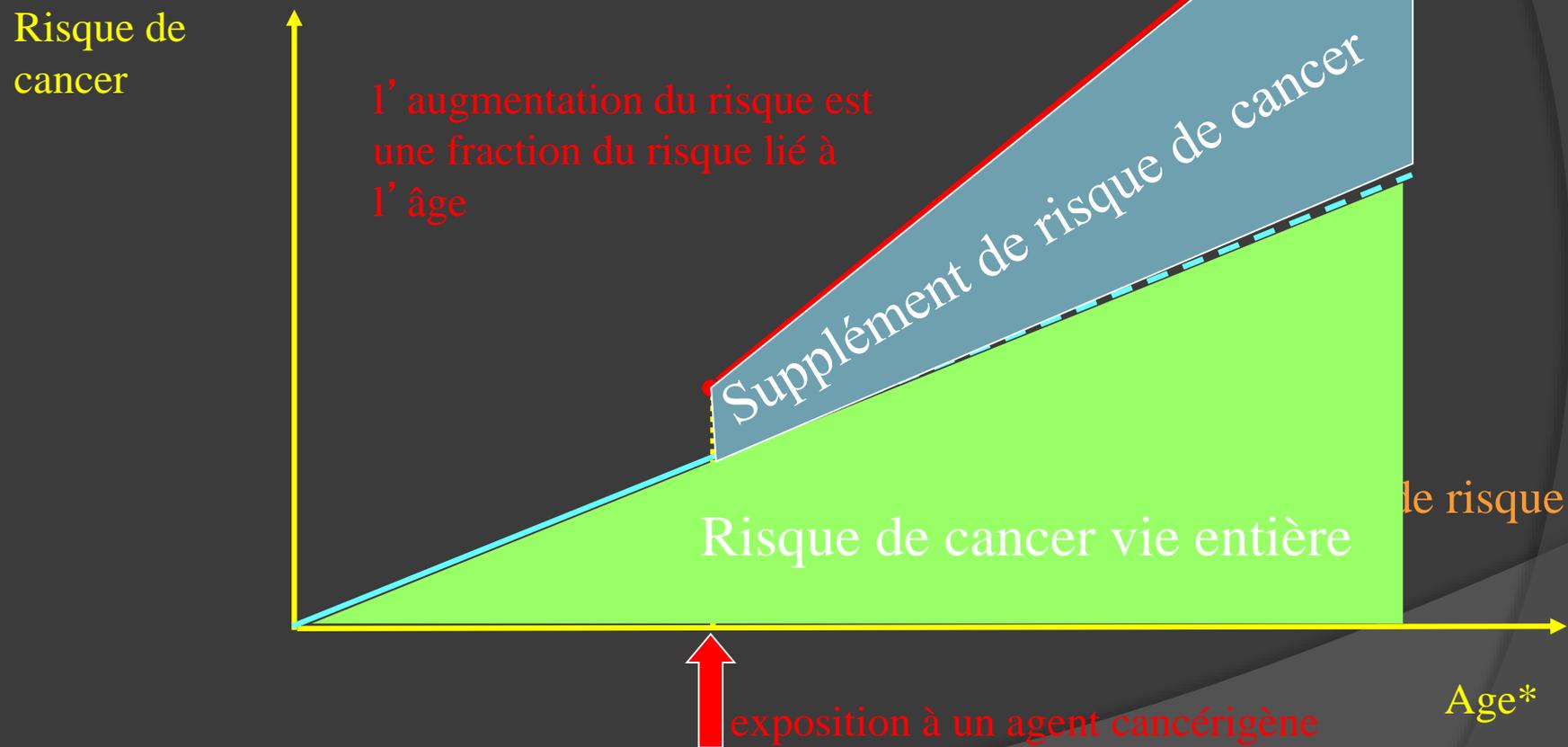
* âge au sein d'une population ou d'un individu

Evènement accroissant le risque



* âge au sein d'une population ou d'un individu

Evènement accroissant le risque



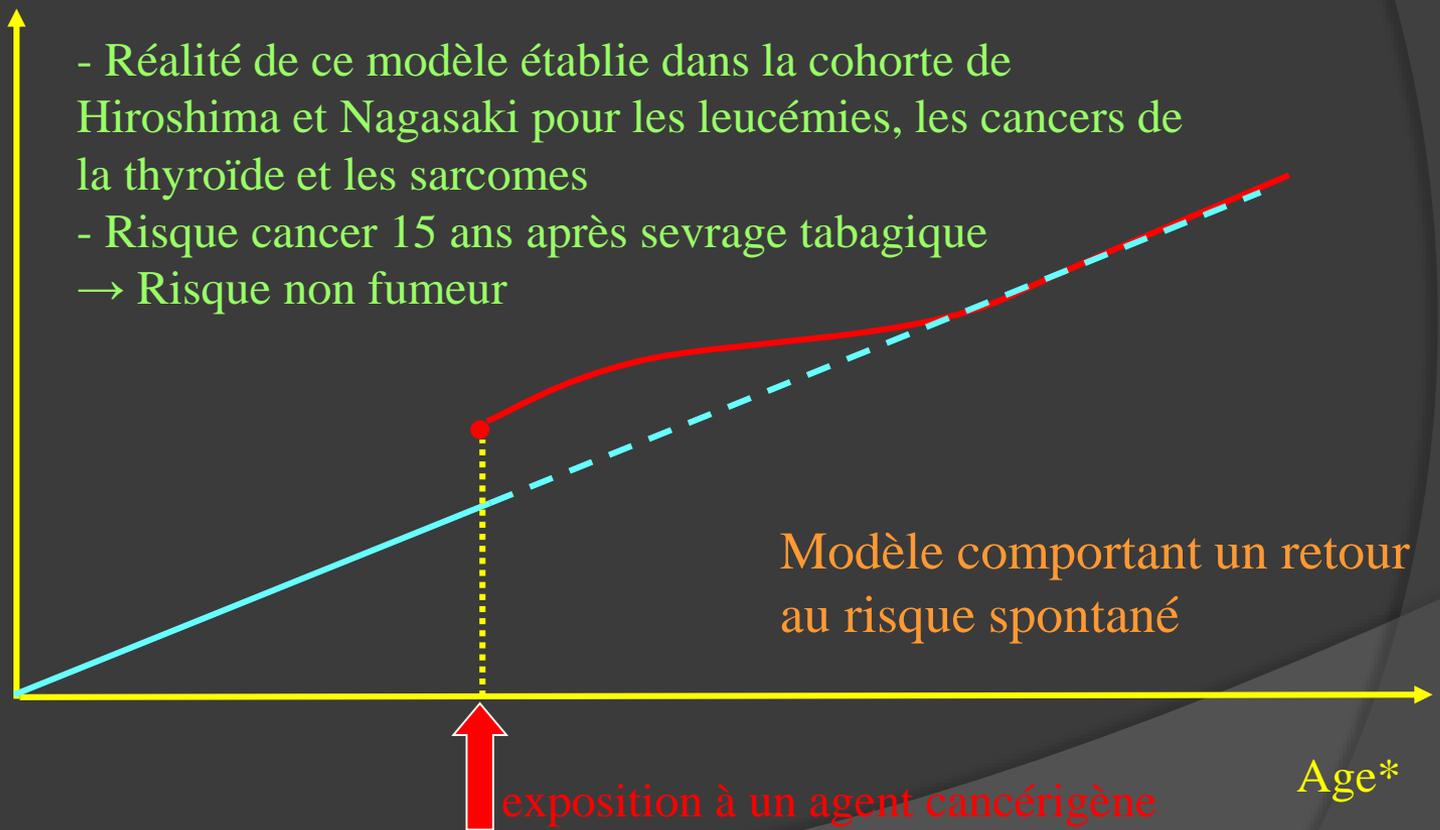
* âge au sein d'une population ou d'un individu



Evènement accroissant le risque

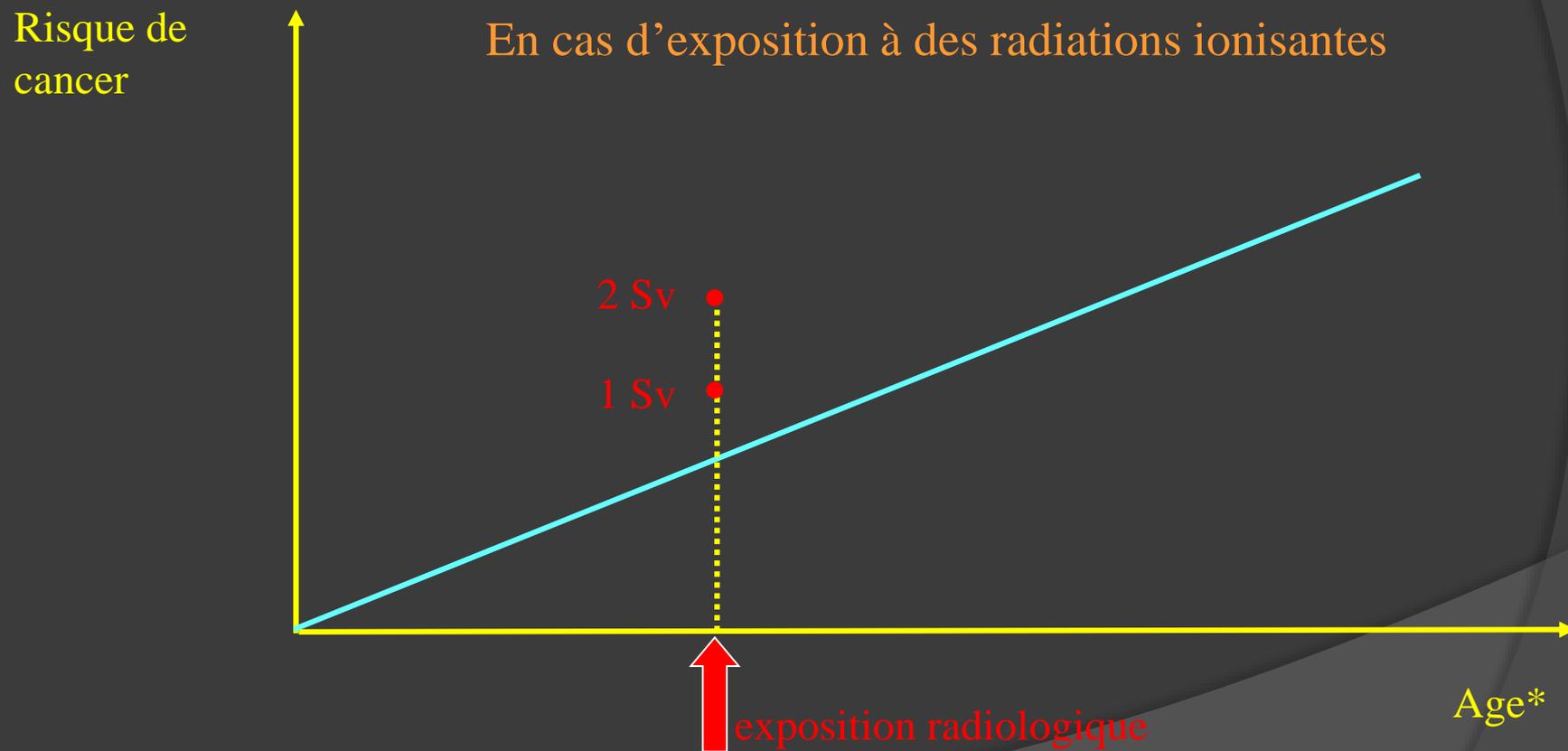
Risque de cancer

- Réalité de ce modèle établie dans la cohorte de Hiroshima et Nagasaki pour les leucémies, les cancers de la thyroïde et les sarcomes
- Risque cancer 15 ans après sevrage tabagique
→ Risque non fumeur



* âge au sein d'une population ou d'un individu

Evènement accroissant le risque

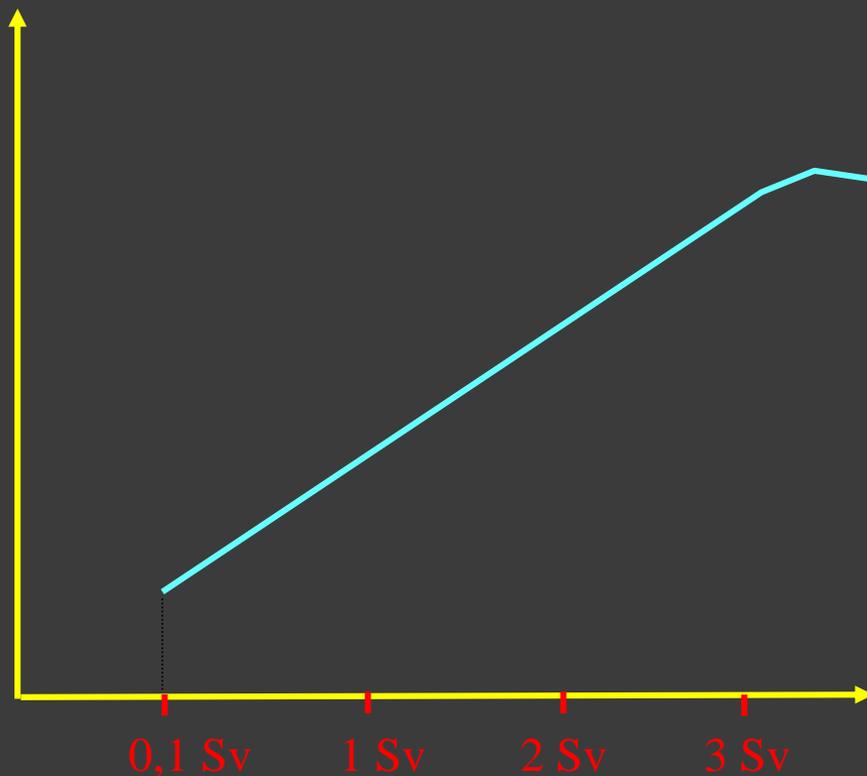


* âge au sein d'une population ou d'un individu



Evènement accroissant le risque

Risque de cancer
(EAR ou ERR)



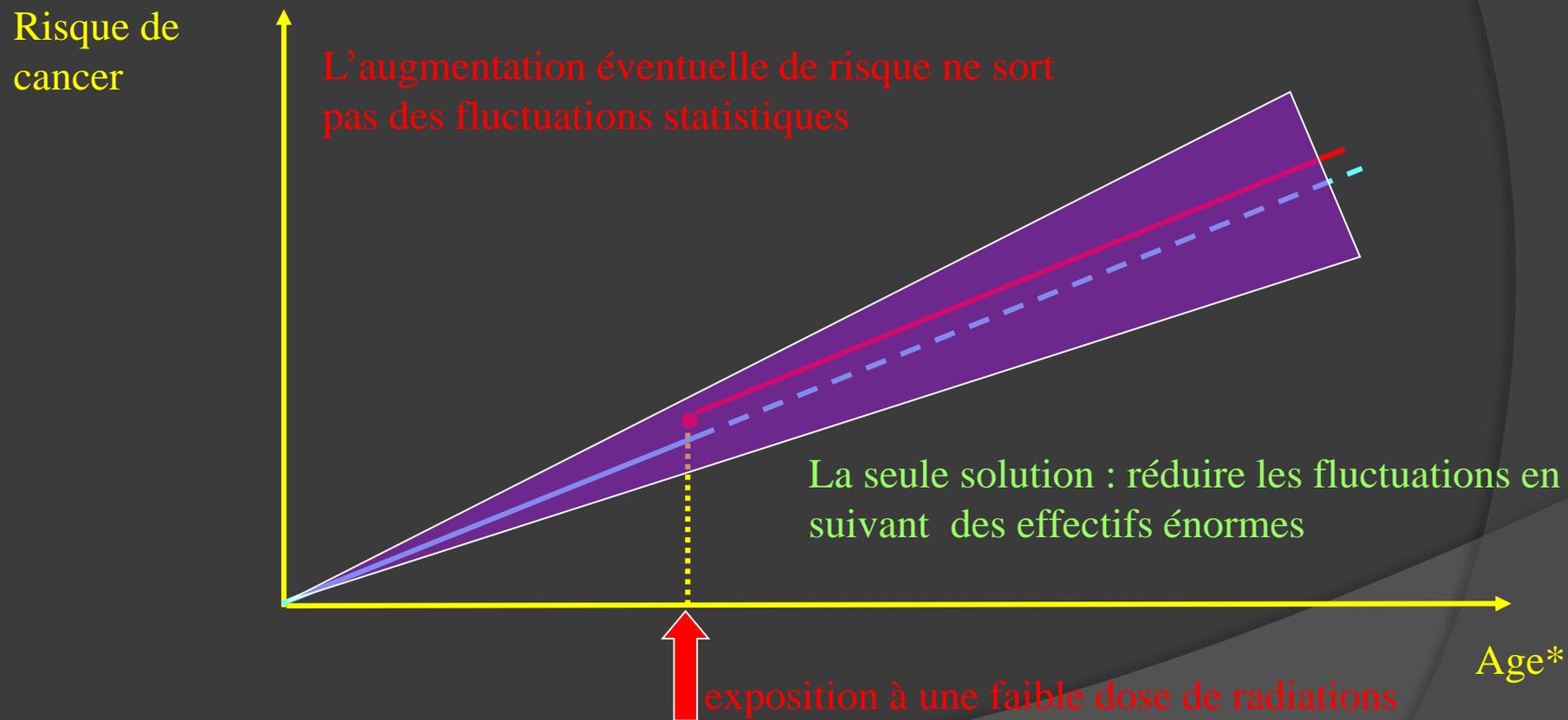
Relation dose – risque de cancer radio-induit : c'est la fréquence d'observation ou le risque qui augmentent avec la dose

Dose

Au delà de 3 Sv, la mort cellulaire l'emporte sur la mutation



Evènement accroissant le risque



* âge au sein d'une population ou d'un individu



Origine des connaissances

- ◎ Suivi de populations irradiées à doses élevées
 - Hiroshima et Nagasaki
 - 80 000 irradiées doses minimales à fortes
 - radiothérapie de cancer de l'utérus
 - 82 000 irradiées, 99 000 témoins
 - populations voisines de Tchernobyl
 - cas particulier des enfants
- ◎ Suivi de populations exposées à faibles doses
 - travailleurs de la filière nucléaire
 - 600 000 personnes suivies



Origine des connaissances

⊙ Résultats

- calcul d'un risque de cancer par Sievert
 - 1 % par Sievert en 1970
 - 5,5 % par Sievert en 2007 CIPR 103
 - révision des données d'Hiroshima et Nagasaki
 - révision à la baisse de la dosimétrie
 - application d'un modèle multiplicatif
- aucune donnée valide au dessous de 100 mSv
- dans l'étude des travailleurs du nucléaire
 - risque de mortalité de leucémie ERR 3 par Gy à la moelle rouge osseuse
 - ERR non significatif K solide, Leucémie, pathologie vasculaire

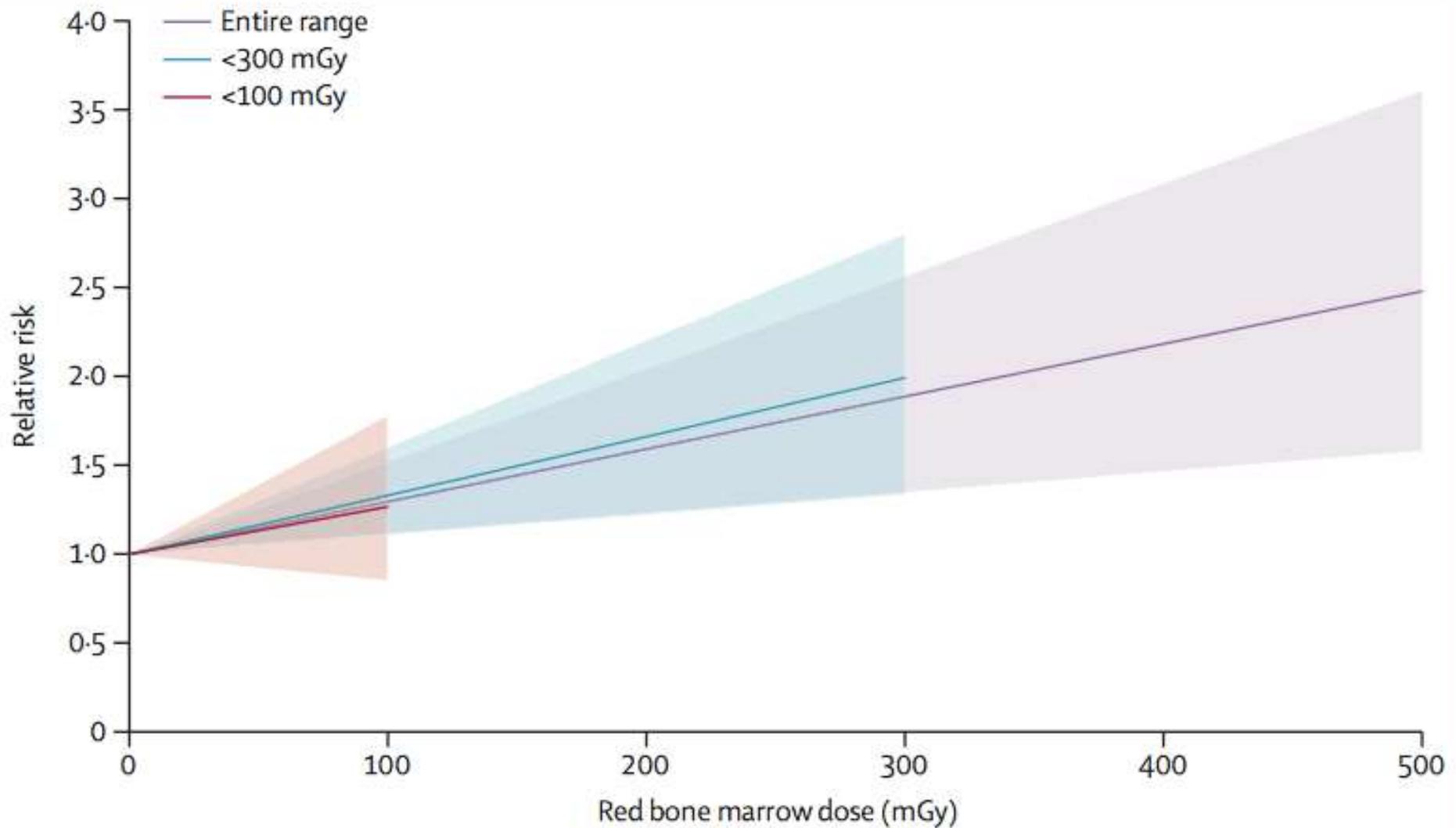
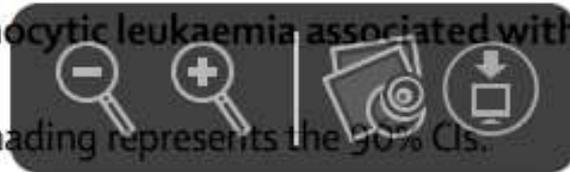


Figure: Relative risk of leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia associated with 2-year lagged cumulative red bone marrow dose

The lines are the fitted linear dose-response model and the shading represents the 90% CIs.





Origine des connaissances

Occup Environ Med. 2013 Sep;70(9):630-8. doi: 10.1136/oemed-2012-101149. Epub 2013 May 28.

Mortality associated with chronic external radiation exposure in the French combined cohort of nuclear workers.

Metz-Flamant C¹, Laurent O, Samson E, Caër-Lorho S, Acker A, Hubert D, Richardson DB, Laurier D.

⊕ Author information

Abstract

OBJECTIVE: The long-term effects of protracted low level ionising radiation exposure are investigated in a combined analysis of French nuclear workers employed by the Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), AREVA Nuclear Cycle (AREVA NC) and Electricité de France (EDF). Associations between cumulative external radiation dose and mortality due to solid cancers, leukaemia and circulatory disease were examined.

METHODS: All workers hired by CEA, AREVA NC and EDF between 1950 and 1994 who were employed for at least 1 year, badge-monitored for radiation exposure and alive on 1 January 1968 were included. Individual data of annual exposure to penetrating photons (X-rays and gamma rays) were reconstructed for each worker. Estimates of radiation dose-mortality associations were obtained using a linear excess relative risk (ERR) Poisson regression model.

RESULTS: Among the 59 021 nuclear workers, 2312 died of solid cancer, 78 of leukaemia and 1468 of circulatory diseases during the 1968-2004 period. Approximately 72% of the cohort had a non-zero cumulative radiation dose estimate, with a mean cumulative dose of 22.5 mSv. Positive but non-significant ERR/Sv were observed for all solid cancers, leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia (CLL), ischaemic heart diseases and cerebrovascular diseases. A significant ERR/Sv was found for myeloid leukaemia.

CONCLUSIONS: This is the first combined analysis of major French cohorts of nuclear workers. Results were consistent with risks estimated in other nuclear worker cohorts and illustrate the potential of a further joint international study to yield direct risk estimates in support to radiation protection standards.

Mortalité travailleurs exposés < population générale



Radiation exposure from CT scans and subsequent risk of leukaemia and a retrospective cohort study

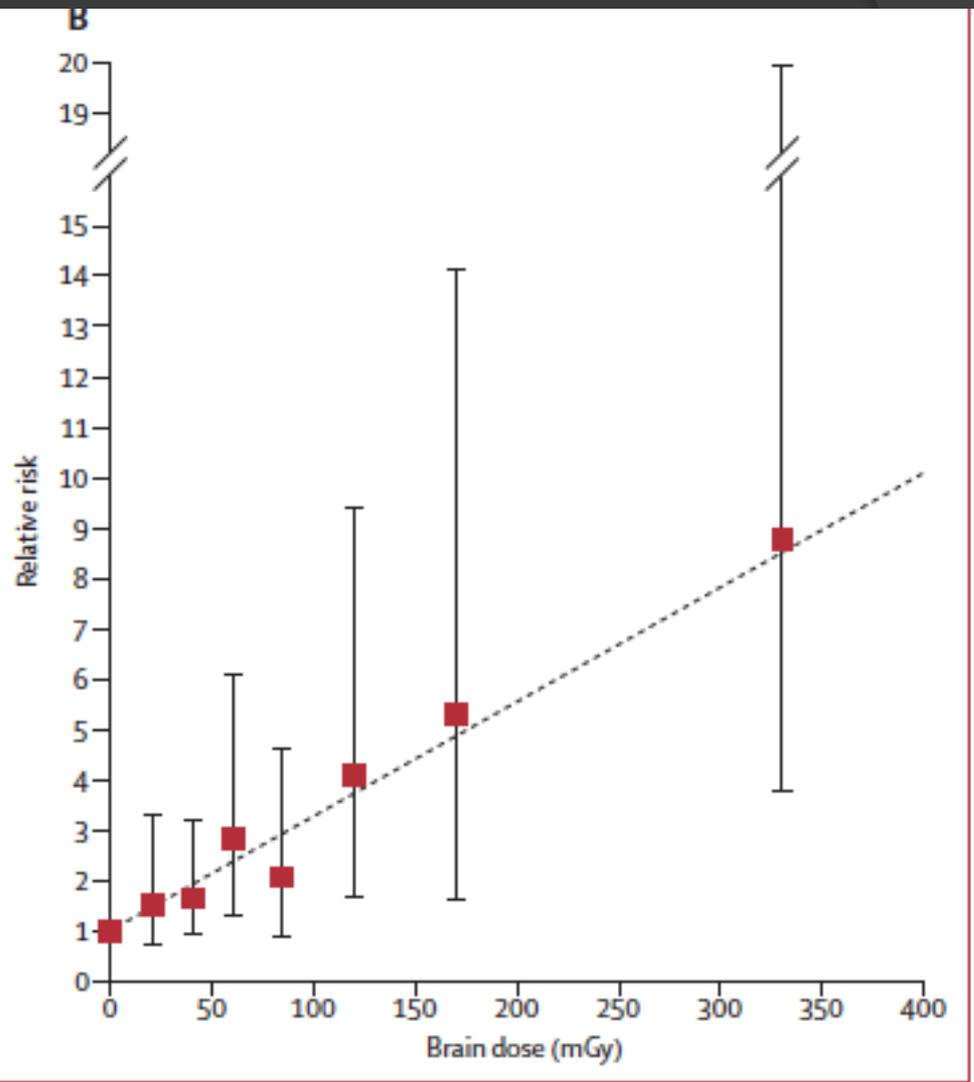
Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran McHugh, Choonsik Lee, Kwame Sir Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de González

Summary

Background Although CT scans are very useful clinically, patients receive ionizing radiation, in particular for children who are more radiosensitive. We assessed the risk of leukaemia and brain tumours after CT scans in a cohort of children.

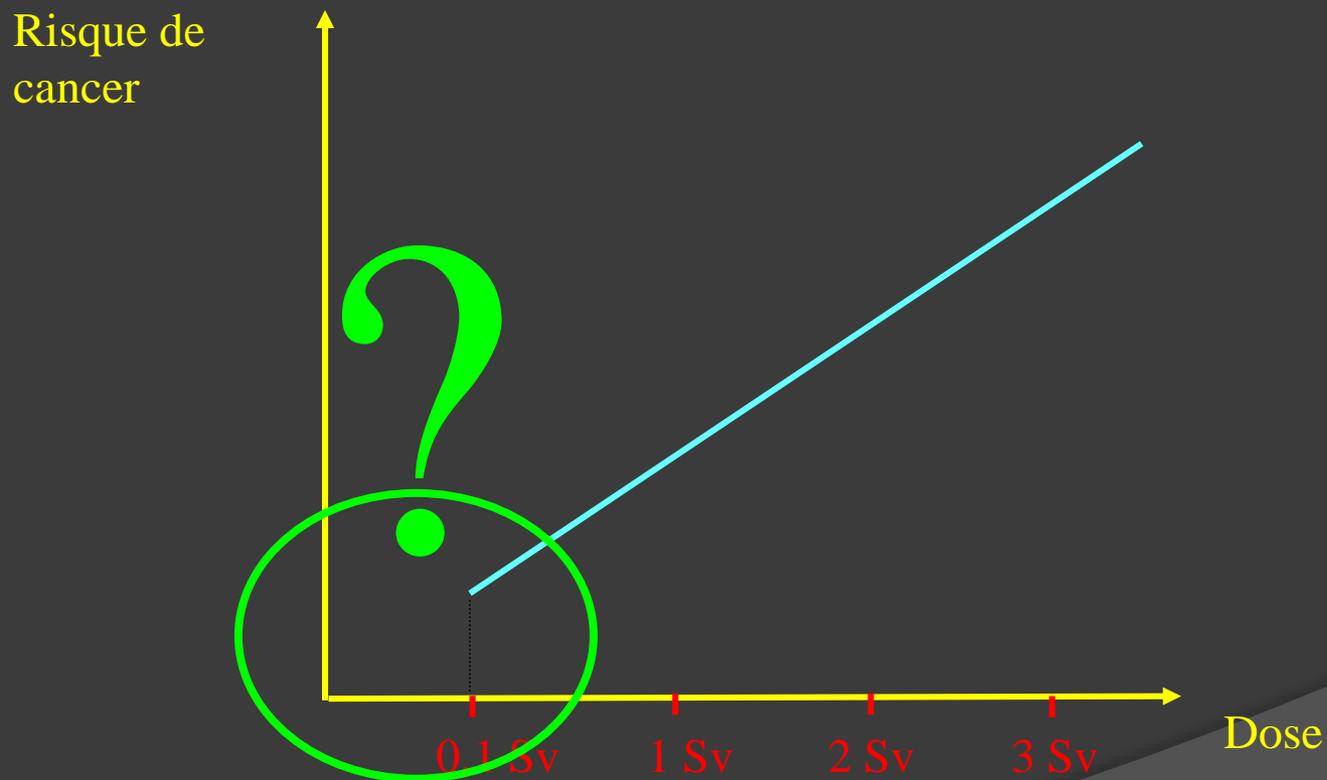
Methods In our retrospective cohort study, we included patients who were examined with CT in National Health Service (NHS) centres in England between 1985 and 2002, when they were younger than 22 years of age. We excluded patients with loss to follow-up from the NHS Central Registry from Jan 1, 1995. We estimated the red bone marrow doses per CT scan in mGy and assessed excess relative risk with Poisson relative risk models. To avoid inclusion of CT scans that were performed less than 2 years after the first CT and for brain tumours 5 years after the first CT.

Findings During follow-up, 74 of 178 604 patients were diagnosed with brain tumours. We noted a positive association between brain dose and relative risk of brain tumours (excess relative risk [ERR] per mGy 0.036, 95% CI 0.005–0.120, $p < 0.0001$). Compared with patients who received a dose of less than 10 mGy, patients who received a cumulative dose of at least 30 mGy (mean dose 53 mGy) had a relative risk of brain cancer for patients who received a cumulative dose of at least 30 mGy (mean dose 53 mGy) of 2.82 (1.33–6.03).



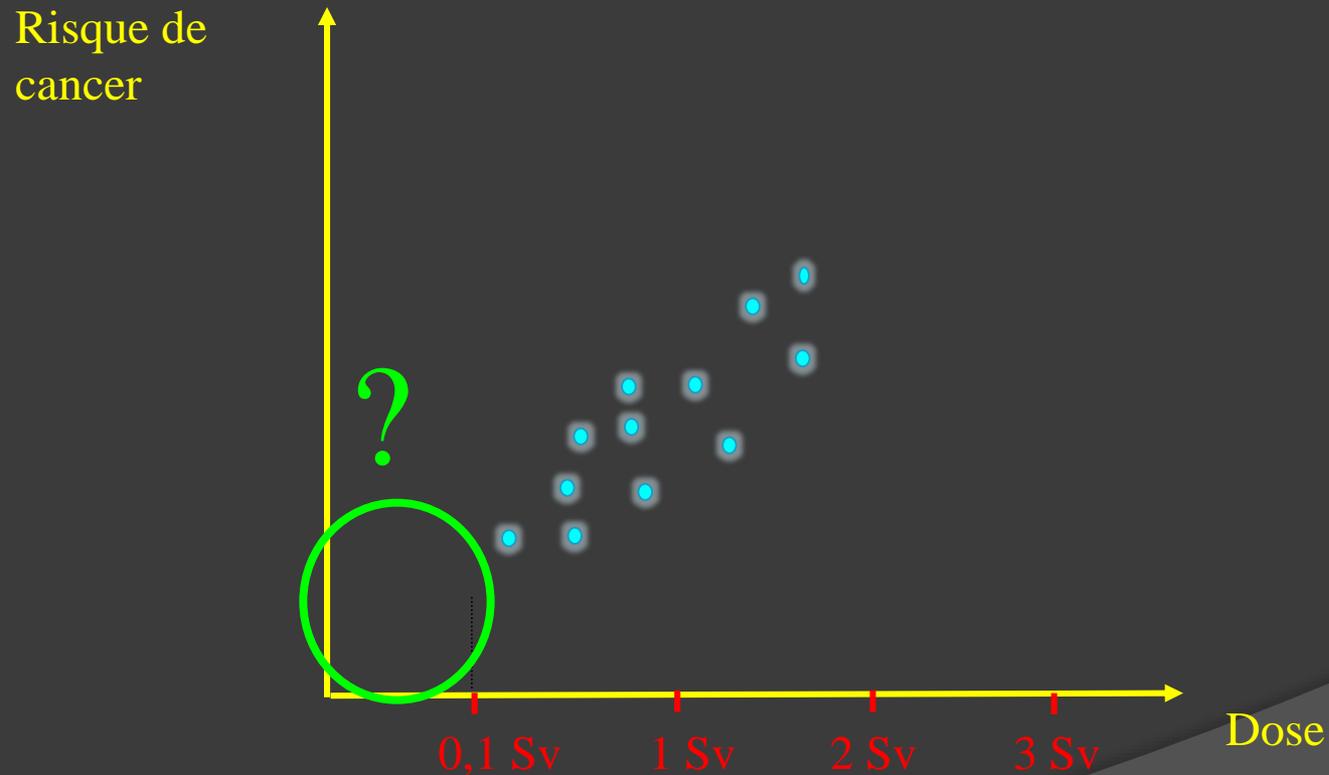


Le cœur du problème





Le cœur du problème





Le cœur du problème

Risque de cancer

Quel est le risque de cancer aux plus faibles doses ?

Il n'y a aucune observation statistiquement valide !

Pour mettre en évidence un effet à 0,1 Sv : suivre 2 millions de personnes pendant plusieurs décennies

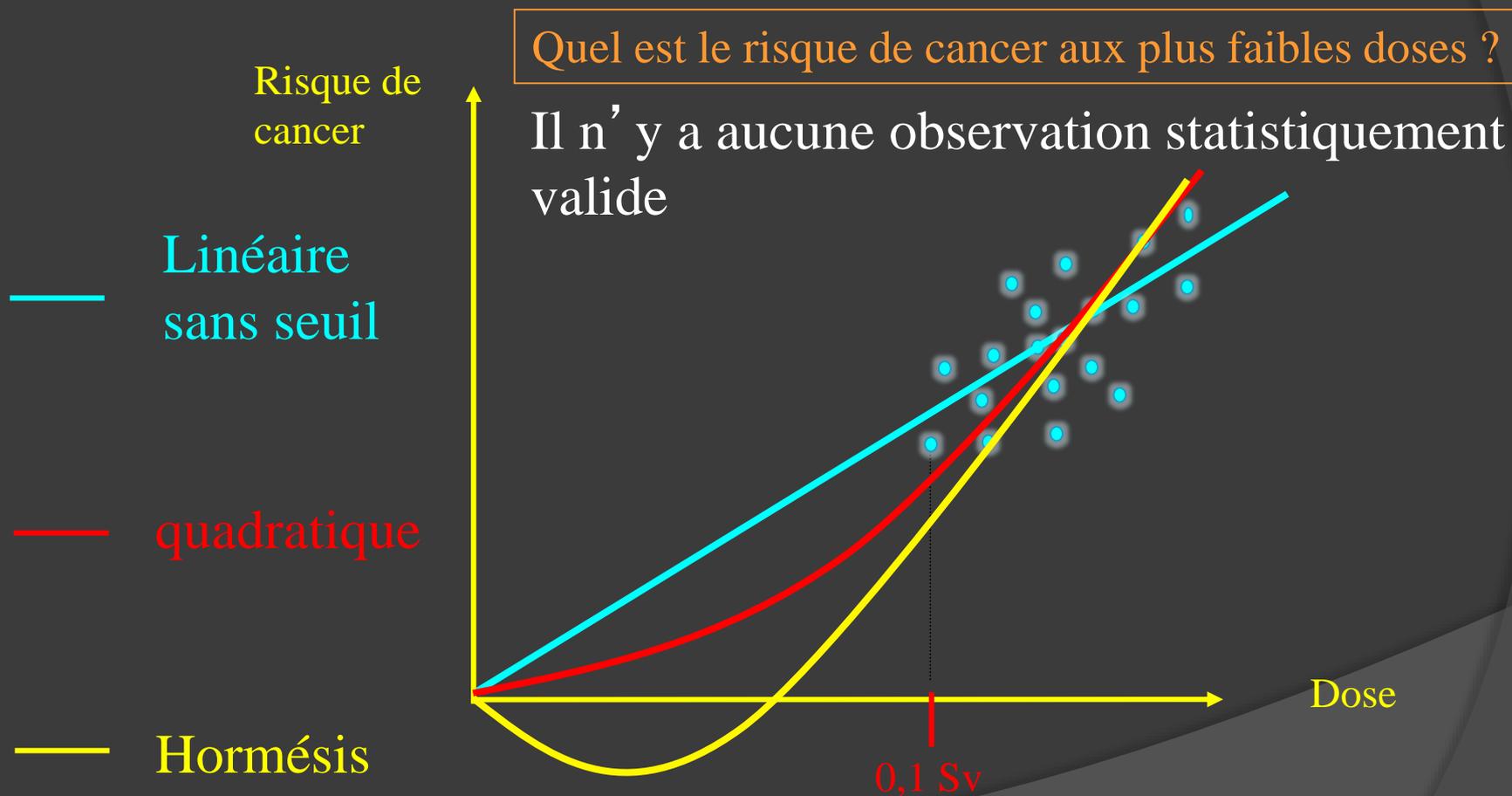
0,1 Sv

Dose





Le cœur du problème



Il n'y a pas d'autre solution actuelle que l'extrapolation

Pourquoi une telle complexité ?

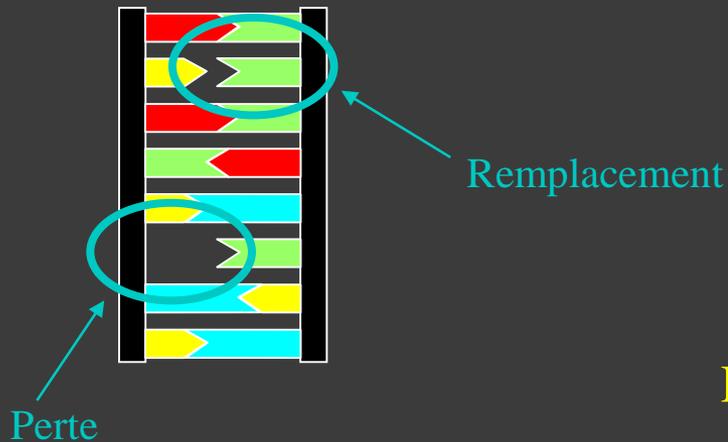
- ⊙ Du fait de celle de la cancérogenèse radio-induite
 - toute altération de l'ADN créée par un rayonnement n'aboutit pas à un cancer
 - il existe de multiples protections empêchant le développement d'un cancer
 - moléculaires
 - cellulaires
 - tissulaires



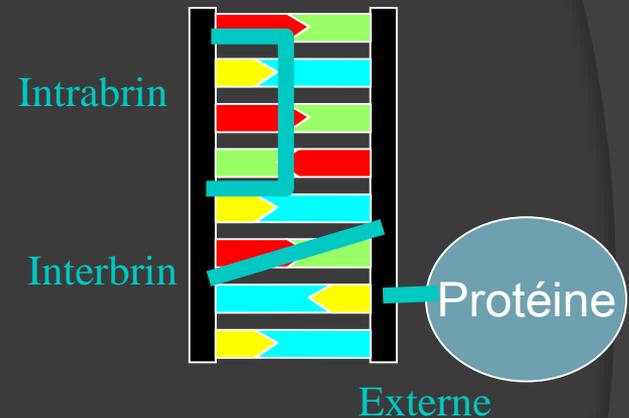
Phénomènes moléculaires

Les lésions de l'ADN sont également multiples

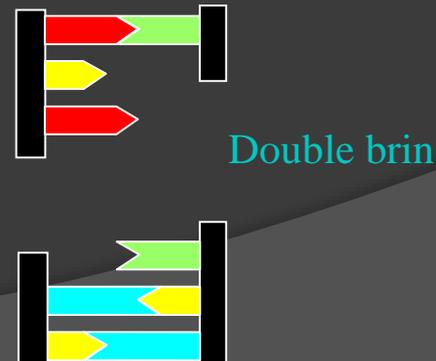
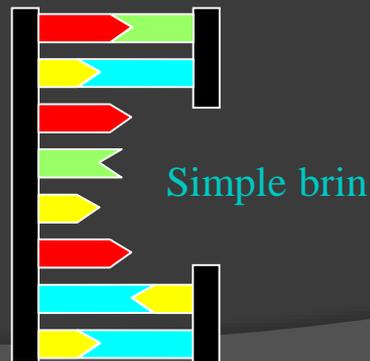
Altérations de bases



Pontages



Ruptures





Phénomènes moléculaires

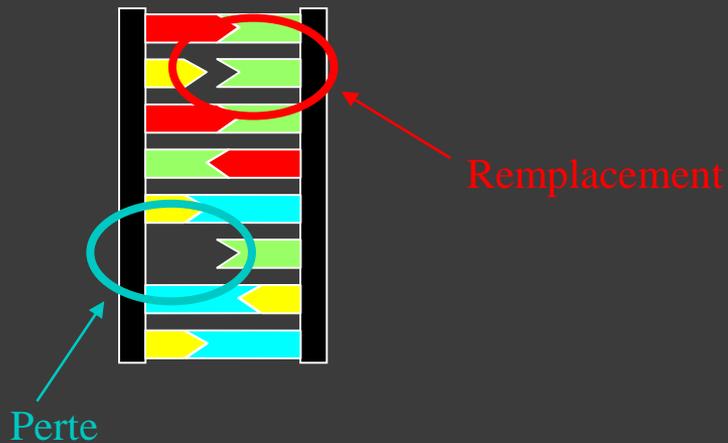
- ◎ Système de contrôle et de réparation de l'ADN
 - pourquoi un tel système ?
 - survenue par jour et par cellule
 - 55 000 lésions simple brin
 - 8 lésions double brin
 - pour une exposition cellulaire avec une dose d'1 Gray
 - création par cellule
 - 1 000 lésions simple brin supplémentaires
 - 40 lésions double brin supplémentaires
 - absence de spécificité des lésions induites par les radiations



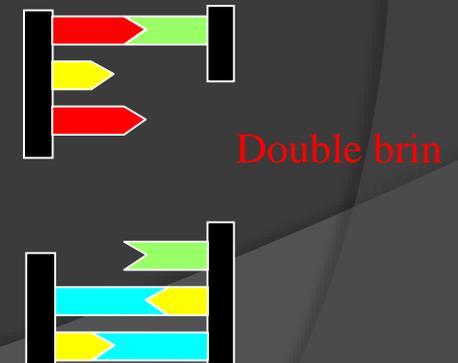
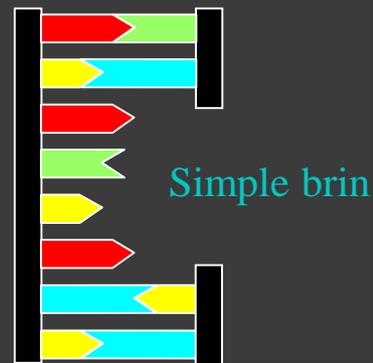
Phénomènes moléculaires

Les lésions les plus mutagènes sont celles qui sont le moins bien réparées

Altérations de bases



Ruptures

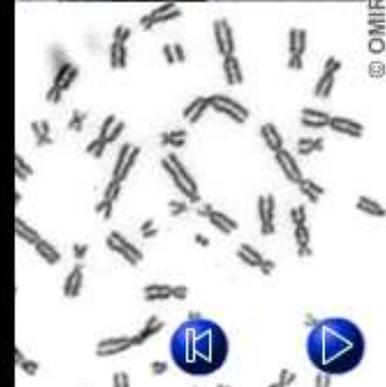
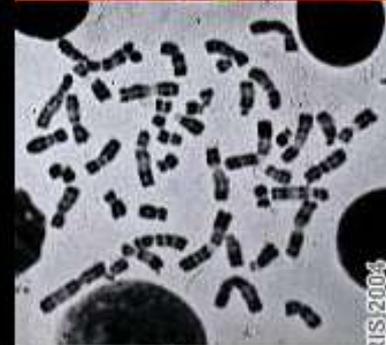
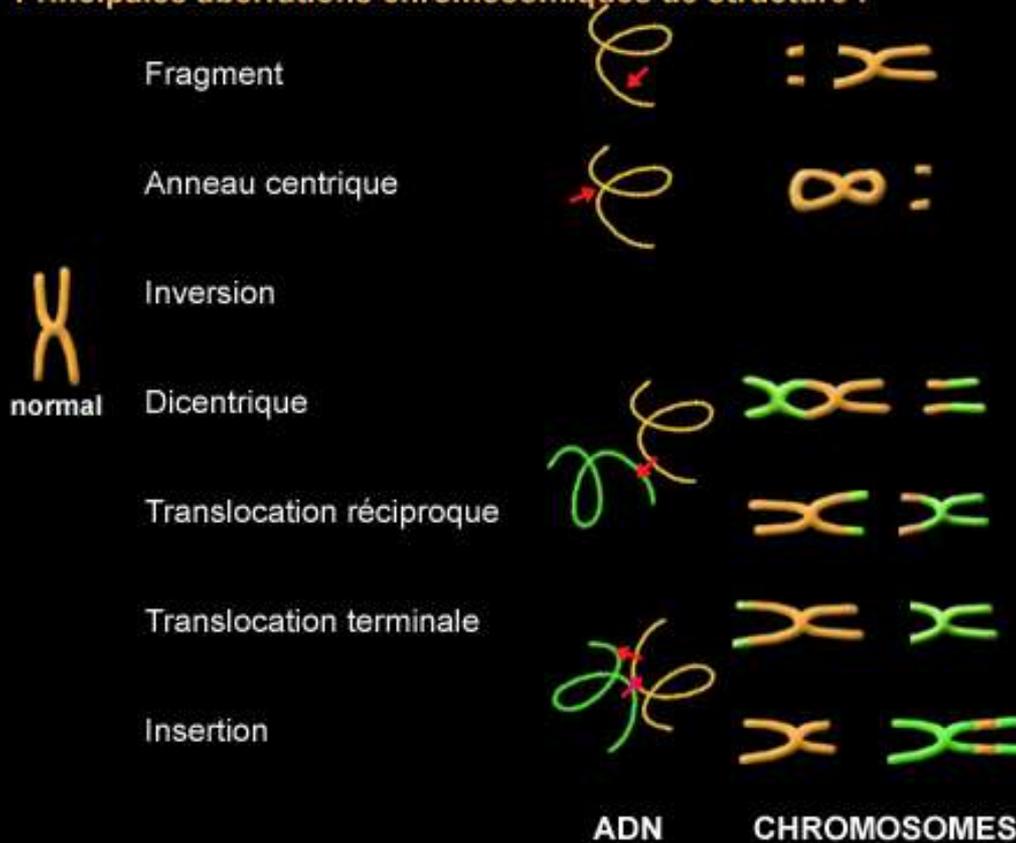


Phénomènes moléculaires

Dosimétrie biologique

consiste à rechercher les aberrations chromosomiques de structure et à les mettre en relation avec une dose.

Principales aberrations chromosomiques de structure :



© OMIRIS 2004





Phénomènes moléculaires

- ◎ **Systeme de contrôle et de réparation de l'ADN**
 - c'est un système enzymatique
 - surveillance et entretien le génome
 - système en partie inductible
 - potentiellement à l'origine du phénomène de réponse adaptative
 - une pré-irradiation à faible dose d'une population cellulaire réduit les effets d'une irradiation ultérieure
 - phénomène temporaire
 - effet réel très difficile à établir en dehors de situations expérimentales
 - cultures cellulaires
 - expérimentation animale : mise en évidence du phénomène d'hormésis dans 40 % des travaux effectués chez l'animal



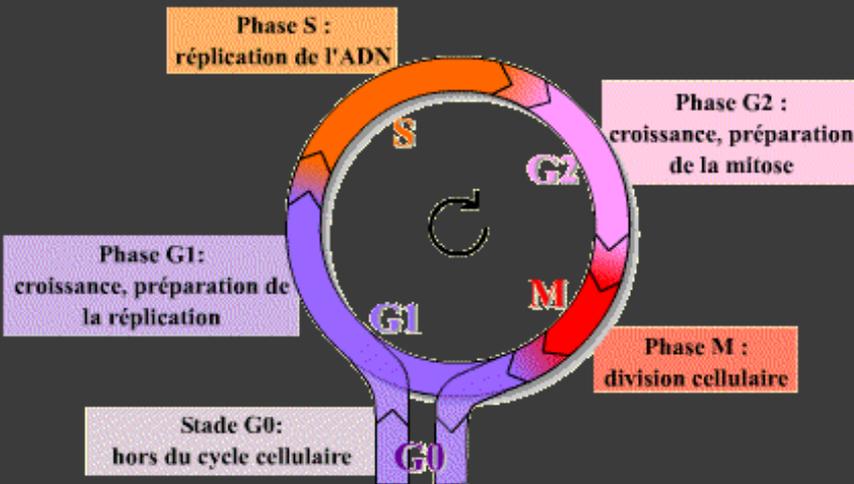
A l'échelle cellulaire

- ◎ Phénomènes très dépendants des processus moléculaires
 - quiescence
 - arrêt en cycle cellulaire
 - favorise la réparation de l'ADN
 - mort cellulaire
 - apoptose
 - élimination des cellules non réparables
 - différenciation terminale

A l'échelle cellulaire

◉ Quiescence

- la transition d'une cellule de la phase G1 à la phase S est sous la dépendance d'une protéine (p53)
- transition autorisée seulement en cas d'absence de signaux d'altération du génome
 - en cas de lésions, la transition est suspendue jusqu'à réparation
 - Si réparation impossible, le blocage peut se maintenir jusqu'à la mort de la cellule





A l'échelle cellulaire

◎ Quiescence

- processus important pour différencier les effets des fortes et faibles doses
 - à forte dose
 - morts cellulaires nombreuses dans un tissu
 - prolifération stimulée des cellules restantes en vue de la restauration du tissu
 - accumulation de lésions non réparées
 - à faible dose
 - peu de morts cellulaires
 - pas de prolifération stimulée
 - quiescence possible et réparation
 - cette différence a des conséquences majeures
 - comment extrapoler aux faibles doses les effets observés à forte dose ?

A l'échelle cellulaire

⊙ Mort cellulaire

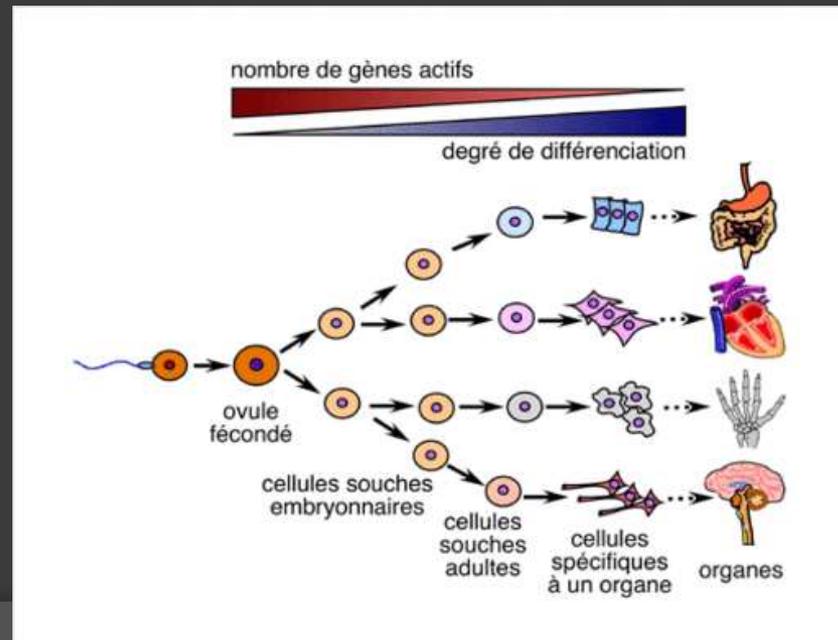
- l'apoptose est un processus actif complexe
 - mort cellulaire programmée d'une cellule dont le matériel génétique n'est pas réparé
 - protéine p53
 - destruction cellulaire sans phénomène inflammatoire



A l'échelle cellulaire

⊙ Différenciation terminale

- une cellule différenciée ne se divise plus
- arrêt de la propagation d'altérations du génome





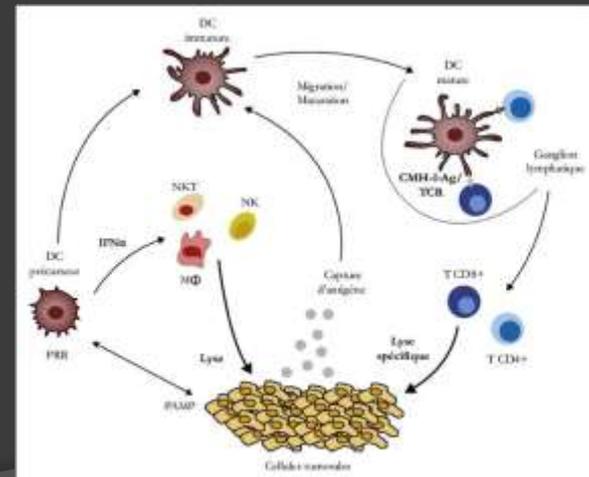
A l'échelle tissulaire

- ⊙ Deux mécanismes supplémentaires pour interdire le développement d'une cellule maligne
 - l'immunité
 - la signalisation intercellulaire

A l'échelle tissulaire

⊙ L'immunité

- la transformation maligne d'une cellule s'accompagne de l'expression de structures antigéniques modifiées



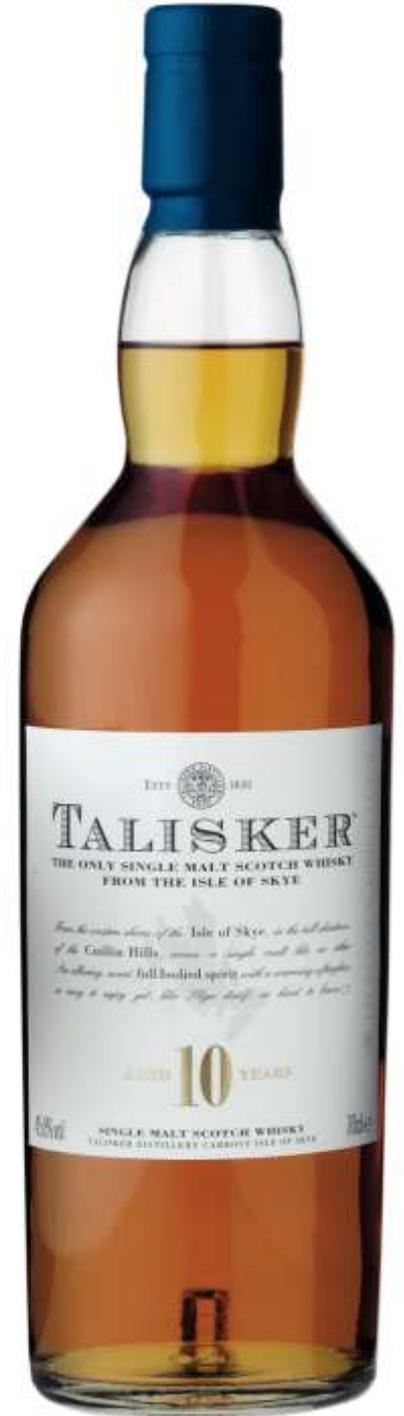


A l'échelle tissulaire

- ◎ La signalisation intercellulaire
 - les effets biologiques des rayonnements sont plus importants lors de l'exposition de cellules non liées au sein d'un tissu
 - cet effet serait dû à des transferts intercellulaires, notamment d'enzymes
 - elle pourrait être à l'origine
 - de la plus grande sensibilité des cellules sanguines et hématopoïétiques à la radio-cancérogenèse
 - et donc de la plus grande fréquence des leucémies après une irradiation

Débit de dose

- ⊙ Dose reçue par unité de temps
 - deux situations opposées
 - dose instantanée
 - dose reçue pendant une période prolongée
 - influence statistique établie
 - minoration de l'effet cancérigène lorsque la dose est reçue sur une longue période
 - facteur 2 à 10 selon les cancers et les études
 - mécanisme possible
 - possibilité accrue de réparation





Applications en radioprotection

- ⊙ Justification du concept de radioprotection
 - L'induction de cancers par les radiations ionisantes est une réalité
 - statistiquement établie au delà de 100 mSv
 - L'exclusion de toute exposition n'est pas souhaitable
 - médicale (imagerie, radiothérapie)
 - industrielle (production d'énergie, gammagraphie)
 - un niveau d'exposition « raisonnable » en vue de bénéfices liés à l'utilisation des radiations ionisantes



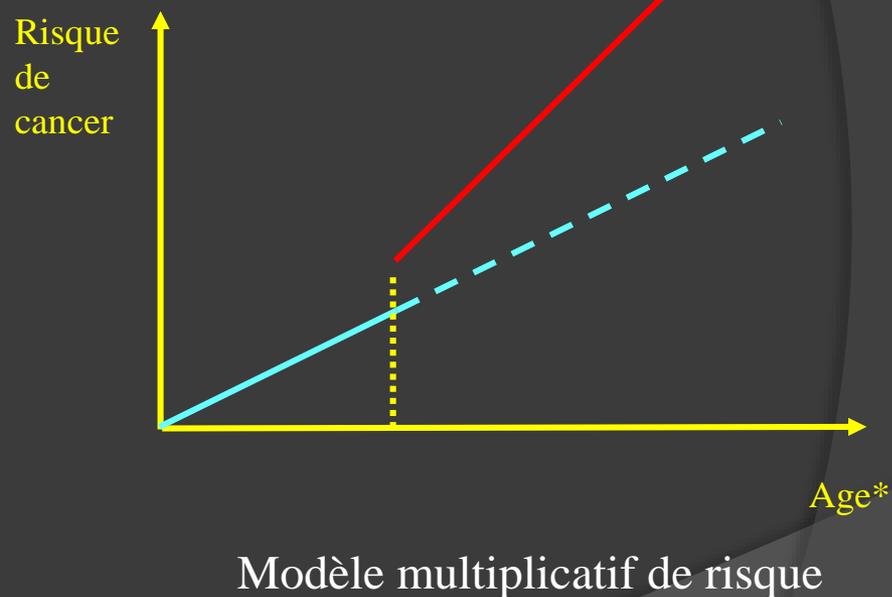
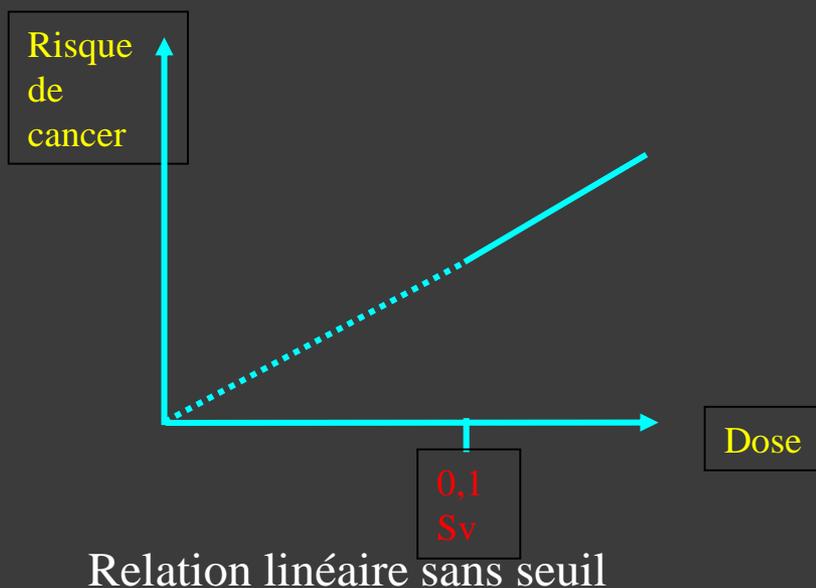
Applications en radioprotection

⊙ But de la radioprotection

- protection à l'égard d'un risque
 - réel
 - à partir de données réelles d'observation
 - au delà de 100 mSv
 - à fort débit
 - hypothétique pour toutes les autres valeurs de dose et de débit
 - or ce sont les valeurs trouvées dans le domaine
 - professionnel
 - médical, hors radiothérapie
 - accidentel, au moins pour la population
- le parti pris est donc de maximiser l'estimation du risque
 - calcul d'une enveloppe maximale du risque
 - afin de ne rien laisser passer

Applications en radioprotection

⊙ Hypothèses de la radioprotection



Un facteur de minoration : division du risque par 2 à faible débit de dose



Applications en radioprotection

- ◎ Application systématique de la relation linéaire sans seuil
 - elle introduit une augmentation du risque de cancer même pour les doses les plus faibles
 - elle est discutée
 - la relation dose – risque linéaire existe
 - seulement pour certains cancers : cancers solides dans la cohorte de Hiroshima et Nagasaki
 - elle a été par contre exclue pour différents cancers
 - leucémies à Hiroshima et Nagasaki
 - cancers hépatiques induits par le thorium (Thorotrast)
 - ostéosarcomes induits par le radium
 - du point de vue microbiologique, elle suppose que
 - la probabilité de réparation des lésions est indépendante de la dose
 - la probabilité d'apoptose est indépendante de la dose



Applications en radioprotection

- ⊙ Application systématique de la relation linéaire sans seuil
 - elle n'a de réalité que dans le domaine de la radioprotection
 - il n'existe pas de validation scientifique de sa réalité
 - il n'existe pas non plus d'invalidation formelle



Applications en radioprotection

BMJ

BMJ 2013;346:f2360 doi: 10.1136/bmj.f2360 (Published 21 May 2013)

Page 1 of 18

RESEARCH

Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians

 OPEN ACCESS

John D Mathews *epidemiologist*¹, Anna V Forsythe *research officer*¹, Zoe Brady *medical physicist*^{1,2}, Martin W Butler *data analyst*³, Stacy K Goergen *radiologist*⁴, Graham B Byrnes *statistician*⁵, Graham G Giles *epidemiologist*⁶, Anthony B Wallace *medical physicist*⁷, Philip R Anderson *epidemiologist*^{8,9}, Tenniel A Guiver *data analyst*⁸, Paul McGale *statistician*¹⁰, Timothy M Cain *radiologist*¹¹, James G Dowty *research fellow*¹, Adrian C Bickerstaffe *computer scientist*¹, Sarah C Darby *statistician*¹⁰



Applications en radioprotection

- ◎ Application systématique de la relation linéaire sans seuil
 - elle n'a de réalité que dans le domaine de la radioprotection
 - il n'existe pas de validation scientifique de sa réalité
 - il n'existe pas non plus d'invalidation formelle
 - elle ne fournit qu'une valeur maximale théorique de risque
 - elle s'est même révélée dangereuse
 - dosimétrie collective pour le calcul de nombre de cancers attendus dans une population exposée à faible dose
 - 1 000 personnes exposées à 1 Sv, risque à 4 % :
 $1000 \times 1 \times 0,04 = 40$ cancers radio-induits
 - 1 000 000 personnes exposées à 0,001 Sv, risque identique :
 $1000\ 000 \times 0,001 \times 0,04 = 40$ cancers radio-induits

Applications en radioprotection

- ⊙ Application systématique de la relation linéaire sans seuil
 - elle ne fournit qu'une valeur maximale théorique de risque
 - ne pas confondre les notions de risque calculé et de cancers attendus
 - à faible dose, on ne peut que calculer un risque
 - il est INTERDIT de convertir le risque calculé de cancer en nombre de cancers attendus !
 - exemple à propos de Tchernobyl
 - surcroît de dose moyen de 0,045 mSv appliqué à tous les habitants de l'hémisphère nord (350 000 000)
 - risque de 53 400 cancers transformés en cancers attendus

Doses moyennes par an et par habitant

Exposition naturelle

radionucléides de l'organisme
0,23 mSv

rayonnements cosmiques
0,39 mSv

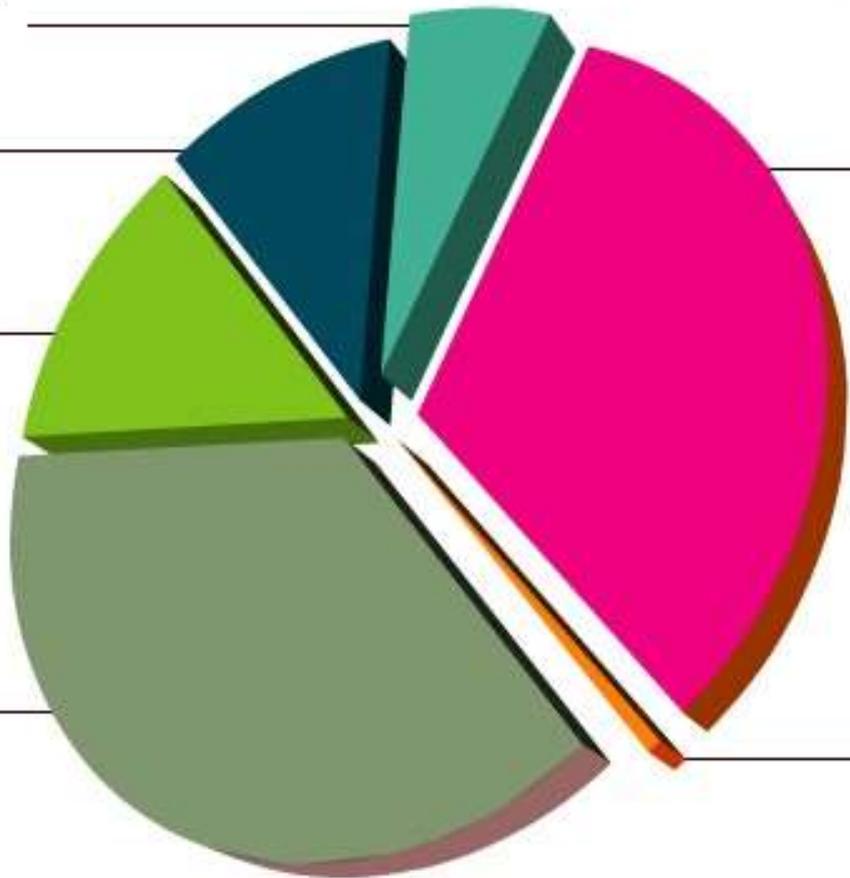
rayonnements telluriques
0,46 mSv

radon
1,3 mSv

Exposition artificielle

applications médicales
1,1 mSv

autres (rejets de l'industrie, essais nucléaires ...)
0,01 mSv



► Voir également : Sources et environnement

les valeurs indiquées sont des expositions moyennes annuelles en France
Source : UNSCEAR 1994

Cas clinique

- ◎ 1,1 mSv /an?
- ◎ France :
 - 47 500 000 000 cigarettes/an 2013
 - 66 000 000 habitants
 - 0,7 paquet/habitant/semaine....

Cas clinique

- ⦿ Obligations légales du radiologue
 - **Justification**
 - Optimisation
 - **Compte rendu**



Cas clinique

MAISON MÉDICALE: [redacted]
Médecine Générale
Tél.: [redacted] Fax: 02 98 [redacted]

Sur Remède-Vous

07/01/2015
RR [redacted]
Age: 55 ans
Poids: 140,00 Kg

n: 2990

Scanner lombaire

tel 02.98. [redacted]

135
135
141

OK.

Article R. 1333-66.- Aucun acte exposant aux rayonnements ionisants ne peut être pratiqué sans un échange préalable d'information écrit entre le demandeur et le réalisateur de l'acte.

Le demandeur fournit au réalisateur les informations nécessaires à la justification de l'exposition demandée dont il dispose. Il précise notamment le motif, la finalité, les circonstances particulières de l'exposition envisagée, notamment l'éventuel état de grossesse, les examens ou actes antérieurement réalisés et

Code de la santé publique, partie réglementaire – 15/08

toute information nécessaire au respect du principe mentionné au 2° de l'article L.1333-1.

Le médecin réalisateur de l'acte indique sur un compte rendu les informations au vu desquelles il a estimé l'acte justifié, les procédures et les opérations réalisées ainsi que toute information utile à l'estimation de la dose reçue par le patient. Un arrêté du ministre chargé de la santé précise la nature de ces informations.



Cas clinique

Article R. 1333-66.- Aucun acte exposant aux rayonnements ionisants ne peut être pratiqué

JORF n°226 du 29 septembre 2006 page 14449

texte n° 35

ARRETE

Arrêté du 22 septembre 2006 relatif aux informations dosimétriques devant figurer dans un compte rendu d'acte utilisant les rayonnements ionisants

NOR: SANY0623888A

ELI: <http://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2006/9/22/SANY0623888A/jo/texte>

Article 5

Pour les actes de scanographie (tomodensitométrie X) de la tête, du cou, du thorax, de l'abdomen ou du pelvis, les informations utiles prévues à l'article 1er du présent arrêté sont :

- le **Produit Dose.Longueur (PDL)** en distinguant le PDL obtenu pour l'exploration de la tête et du cou de celui obtenu pour l'exploration de tout ou partie du tronc (thorax, abdomen et pelvis) ; en cas d'acquisitions multiples sur une même région, le PDL reporté sera la somme des PDL ;
- à défaut, les éléments disponibles parmi les suivants : la longueur examinée, l'indice de dose scanographique (IDS), l'indice de dose scanographique volumique (IDSV).

L'IDSV est indispensable pour les expositions du pelvis chez une femme en âge de procréer et pour les expositions abdomino-pelviennes justifiées chez une femme enceinte.

patient. Un arrêté du ministre chargé de la santé précise la nature de ces informations.

Cas clinique

Tableau 6. — Niveaux de référence en scanographie pédiatrique pour une acquisition

									Poids 30 kg (10 ans)	
									IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
Service: SC PEDIATRIQUE// Médecin praticien: ROUSSET Jean Opérateur:										
mAs total 4707 DLP total 355 mGyom										
	Scan	kV	mAs / réf.	CTDIvol*	DLP	TI	cSL			
				mGy	mGyom	s	mm			
Position du patient H-SP										
Topogramme	1	80	35 mA	0.08 S	1	2.1	0.6	50	900	
Crane SS IV	2	80	228 / 619	11.24 S	151	0.5	0.6	25	300	
Contraste										
Précontrôle	3	100	20	1.31 S	1	0.5	10.0	5	140	
Précontrôle	4	100	20	1.31 S	1	0.5	10.0			
Contraste										
Contrôle 1 de 2	5	100	20	0.18 S	9	0.5	10.0	7	245	
* L = 32cm, S = 10cm										
P.Will	12	70	138 / 391	3.73 S	51	0.5	0.6			



Cas clinique

Tableau 6. — Niveaux de référence en scanographie pédiatrique pour une acquisition

< 2 mSv

EXAMEN	POIDS 10 kg (1 an)		Poids 20 kg (5 ans)		Poids 30 kg (10 ans)	
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
Encéphale	30	420	40	600	50	900
Massif facial	25	200	25	275	25	300
Rochers	45	160	70	280	85	340
Thorax	3	30	4	65	5	140
Abdomen-pelvis	4	80	5	120	7	245



Conclusion

- ⊙ Aucune observation à ce jour de mutations génétiques transmissibles chez les mammifères
- ⊙ La cancérogenèse radio-induite est un processus complexe démontré à forte dose
 - multiples verrous de sécurité prévenant l'évolution d'une mutation de l'ADN vers un cancer clinique



Conclusion

- ⊙ L'épidémiologie ne peut résoudre le problème des faibles doses
- ⊙ L'hypothèse de radioprotection (RLSS, risque multiplicatif, facteur débit/2) vise à rendre négligeable la probabilité de cancer lors des conditions standard d'utilisation des rayonnements ionisants
- ⊙ Cette hypothèse ne PEUT RESOUDRE LE PROBLEME DE L'EPIDEMIOLOGIE AUX FAIBLES DOSES



◎ Merci de votre attention.