

Etudes Inworks Mythes et réalités

André Aurengo

- **Administrateur d'EDF de 1999 à 2009**
- **Président du comité d'éthique d'EDF de 2001 à 2009**
- **Président du conseil médical d'EDF depuis 1994**
- **Ancien chef du service de médecine nucléaire GHPS**
- **Conseiller du Haut Commissaire du CEA**

études épidémiologiques « analytiques »

principe

- pathologie en cause (cancer)
- facteur de risque suspecté
- exposés / non exposés
- cas / témoins

étude cas-témoins

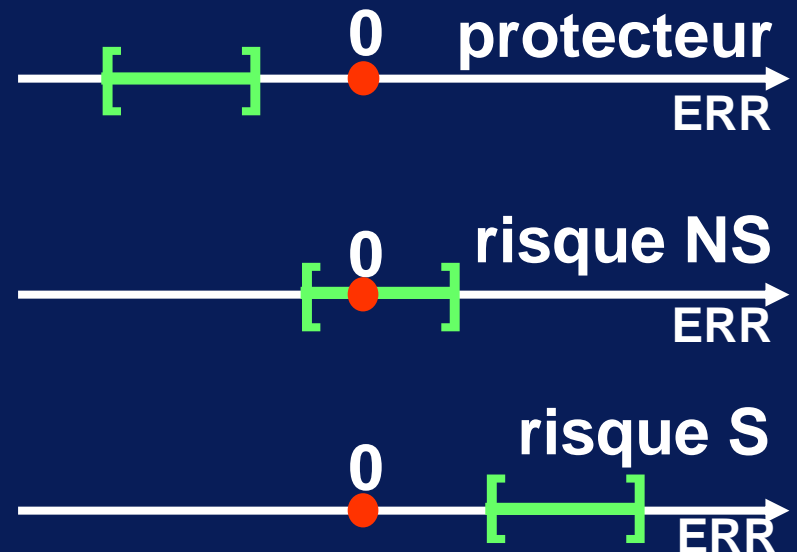
- inclusion des cas et des témoins
- recueil rétrospectif des expositions

enquête de cohorte

- inclusion des sujets
- recueil régulier des expositions
- on attend que les cas se déclarent

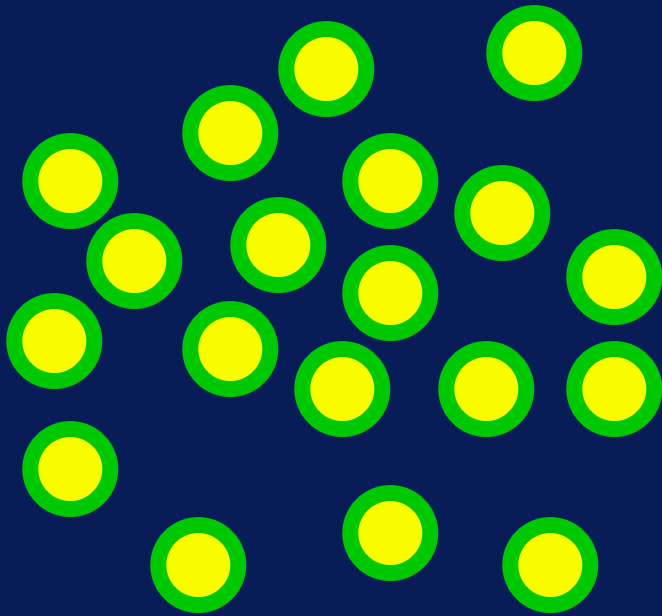
résultat attendu

- excès de risque relatif (ERR)
- risque relatif ($RR = ERR + 1$)
- intervalle de confiance IC



étude épidémiologique cas – témoins

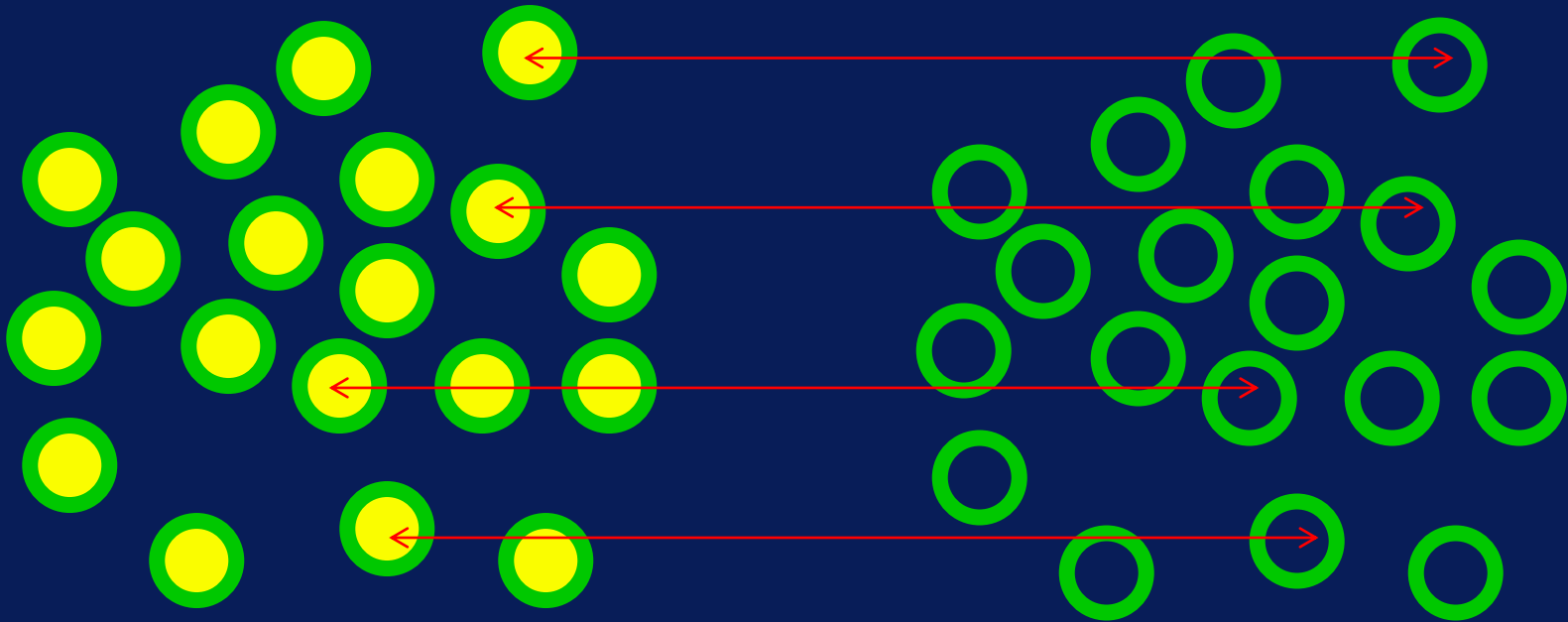
1 recueil des cas (atteints de cancer, exposition inconnue)



 cas exposition inconnue

étude épidémiologique cas – témoins

2 sélection de témoins appariés



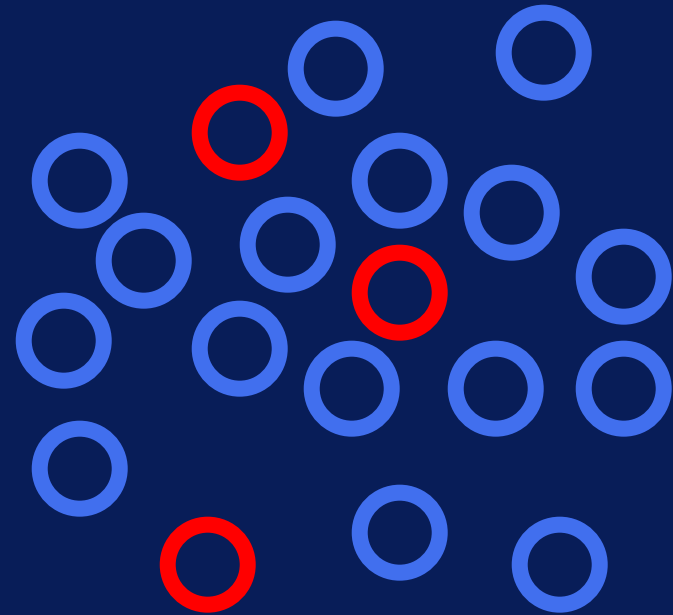
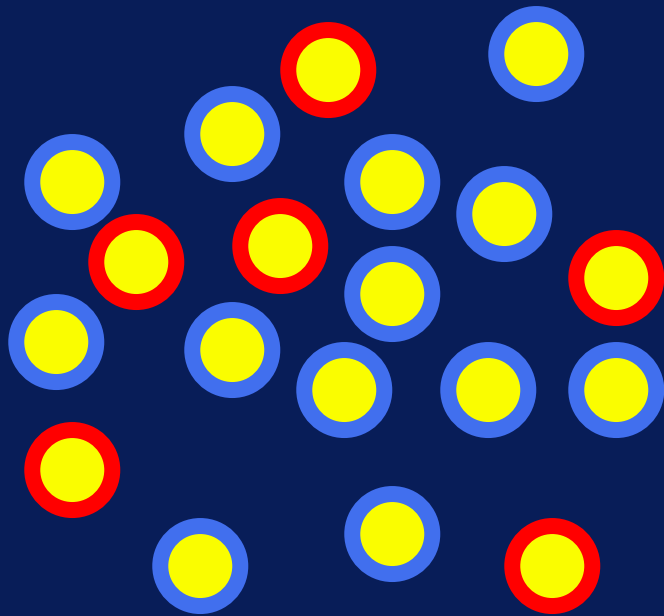
appariement





- même âge
- même sexe
- même statut socio-prof.
- etc.. (sauf cancer)



étude épidémiologique cas – témoins

3 estimation rétrospective des expositions (cas et témoins)



-  cas exposé
-  cas non exposé
-  témoin exposé
-  témoin non exposé

étude épidémiologique cas – témoins

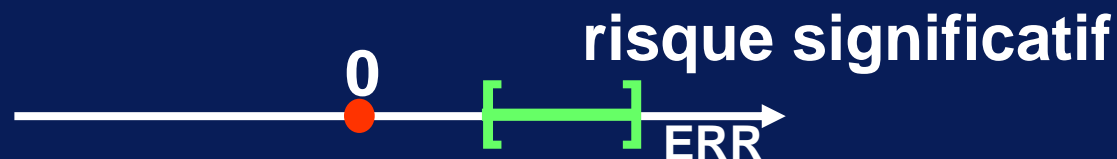
4 analyse statistique & interprétation

comparaison des expositions des cas et des témoins

calcul de l'excès risque relatif par unité d'exposition ERR

calcul de l'intervalle de confiance 95% []

ERR a 95 chances sur 100 d'être dans IC



études cas-témoins : les plus nombreuses

faiblesses

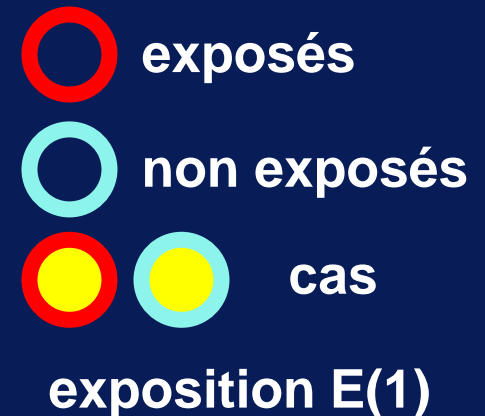
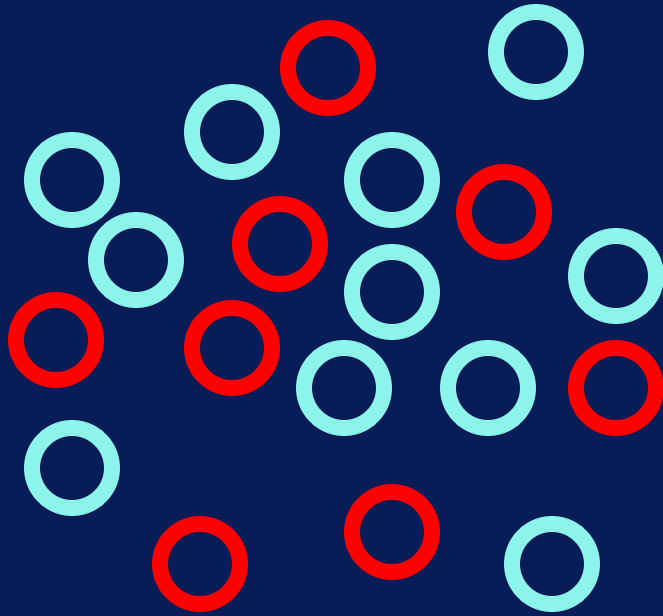
- choix des témoins (biais)
- estimation rétrospective de l'exposition (biais)
- incertitudes & biais d'anamnèse
- amalgame exposition / indicateur d'exposition
- nécessité de plusieurs études concordantes

avantages

- pathologies rares
- durée raisonnable
- publiables quelles que soient leurs faiblesses

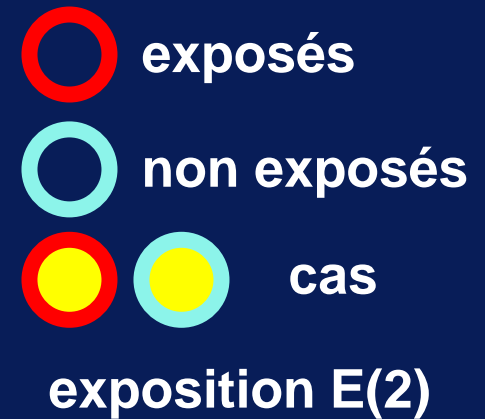
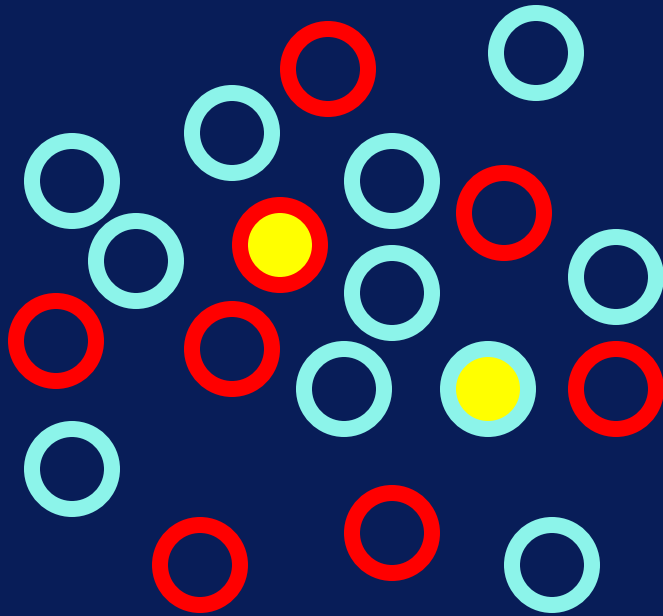
études de cohorte : année 1

cohorte constituée une fois pour toutes de personnes en bonne santé



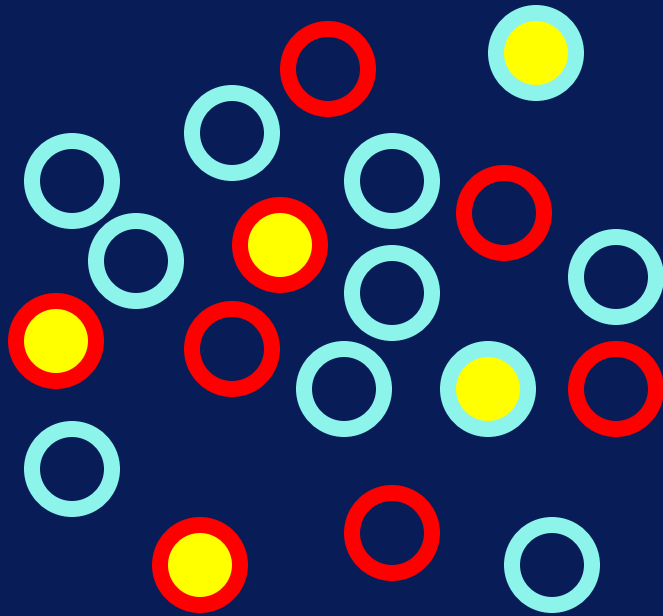
études de cohorte : année 2

on surveille les expositions et la survenue de cas



études de cohorte : année N

on peut conduire plusieurs études (facteur de risque, pathologie)

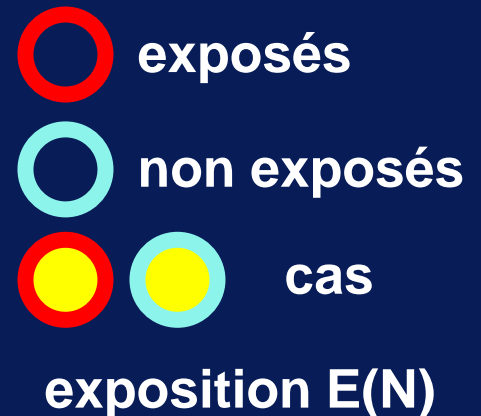


comparaison

% cas chez les exposés

% cas chez les non exposés

ERR et IC 95%



études de cohorte

avantages

- recueil de l'exposition en temps réel
mesures, documents
facteur de risque étudié et facteurs de confusion
- pas de biais différentiel cas / témoins (anamnèse)

faiblesses

- biais de sélection (participation)
- expositions avant constitution de la cohorte
- taille de la cohorte (pathologies rares)
- durée de l'étude
- perdus de vue

les études de cohorte sont considérées comme beaucoup plus fiables que celles cas - témoins

risque de cancer radioinduit

survivants d'Hiroshima-Nagasaki

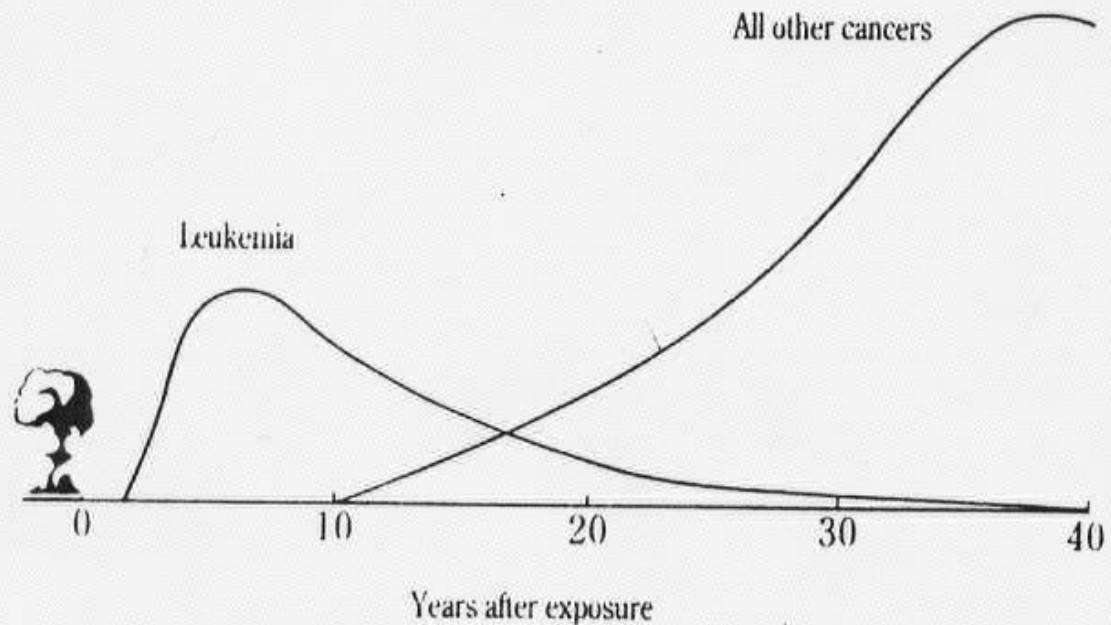


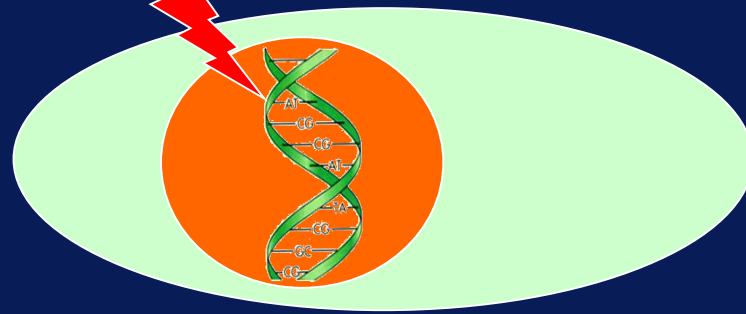
Figure 2 Incidence of radiation-induced cancer after atomic bombing

Source: Kato&Shimizu in: effects of A-bomb Radiation on the Human Body

rayonnement ionisant



lésions de l'ADN
signalisation

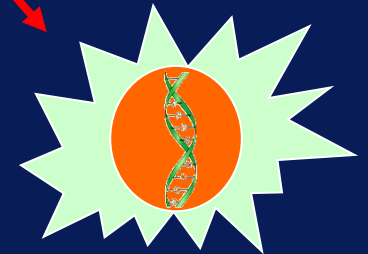
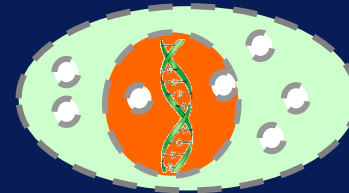
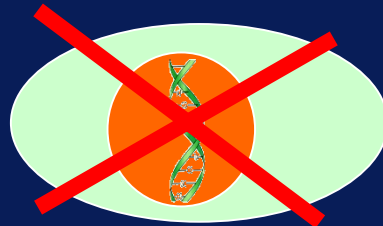
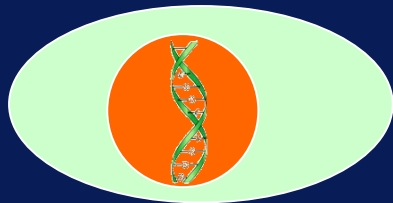


réparation fidèle

pas de réparation

réparation fautive

mutations



intégrité génomique

mort mitotique

apoptose

cancer radioinduit

études de cohorte INWORKS

Ionising radiation and risk of death from leukaemia and lymphoma in radiation-monitored workers (INWORKS): an international cohort study

Klervi Leuraud, David B Richardson, Elisabeth Cardis, Robert D Daniels, Michael Gillies, Jacqueline A O'Hagan, Ghassan B Hamra, Richard Haylock, Dominique Laurier, Monika Moissonnier, Mary K Schubauer-Berigan, Isabelle Thierry-Chef, Ausrele Kesminiene

**Lancet Haematol 2015;
2: e276–81**

Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation: retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom, and the United States (INWORKS)

David B Richardson,¹ Elisabeth Cardis,^{2,3,4} Robert D Daniels,⁵ Michael Gillies,⁶ Jacqueline A O'Hagan,⁶ Ghassan B Hamra,⁷ Richard Haylock,⁶ Dominique Laurier,⁸ Klervi Leuraud,⁸ Monika Moissonnier,⁹ Mary K Schubauer-Berigan,⁵ Isabelle Thierry-Chef,⁹ Ausrele Kesminiene⁹

BMJ 2015;351:h5359

études de cohorte INWORKS juillet & octobre 2015

- **cohorte internationale** de 308 000 travailleurs du nucléaire
 - France : 59 000 (Areva, CEA, EDF)
 - UK : 148 000
 - USA : 101 000
- **suivi** moyen 27 ans
- **durée** moyenne d'activité professionnelle 15 ans
- **dose** professionnelle cumulée moyenne 25 mSv (2 mSv / an)
- dose professionnelle cumulée < 100 mSv pour 94%
- pour les 14 000 les plus exposés, dose moyenne 223 mSv
- 67 000 **décès**
 - 1790 par leucémie
 - 19 000 par cancer hors leucémie

études de cohorte INWORKS

- **objectif** : vérifier la validité des hypothèses sous-jacentes au système actuel de radioprotection, fondé sur l'extrapolation du risque d'une exposition aiguë à fort débit de dose (Hiroshima-Nagasaki) à des expositions externes chroniques, à faible débit de dose, comme y sont exposés certains travailleurs du nucléaire.
- deux études coordonnées par le CIRC (OMS)
 - risque de leucémie. *Levraud K et al. Lancet 2015*
 - risque de cancer solide. *Richardson DB et al. BMJ 2015*

études de cohorte INWORKS

résultats de l'étude sur les leucémies

étude sur les leucémies

- ERR décès par leucémie 2,96/Gy IC90% [1,17 – 5,21]
- ERR décès par LMC 10,45/Gy IC90% [4,48 – 19,65]

pas de risque significatif < 100 mSv

confirme ce que l'on sait depuis longtemps
figure à compléter par une estimation IC 95%

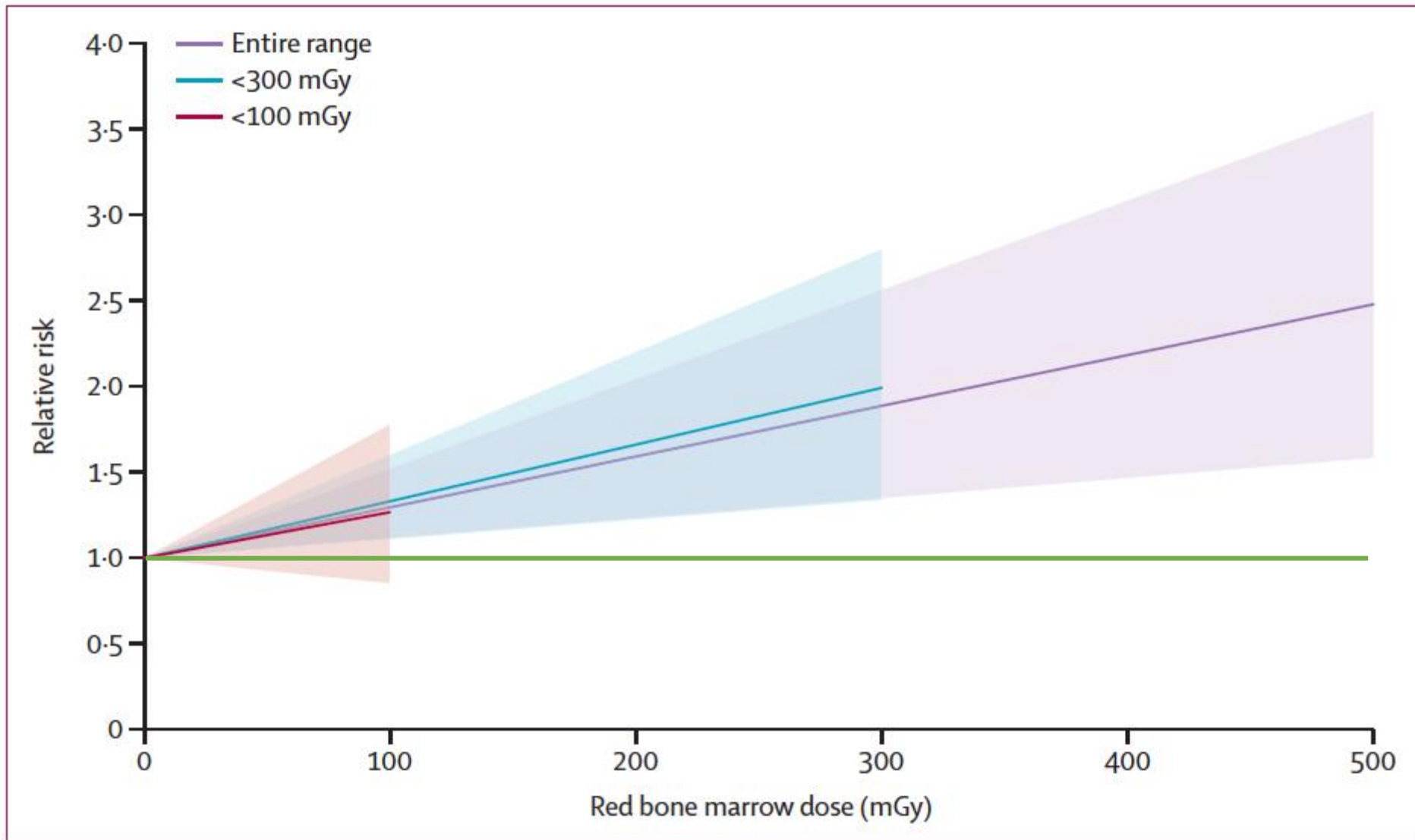


Figure: Relative risk of leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia associated with 2-year lagged cumulative red bone marrow dose

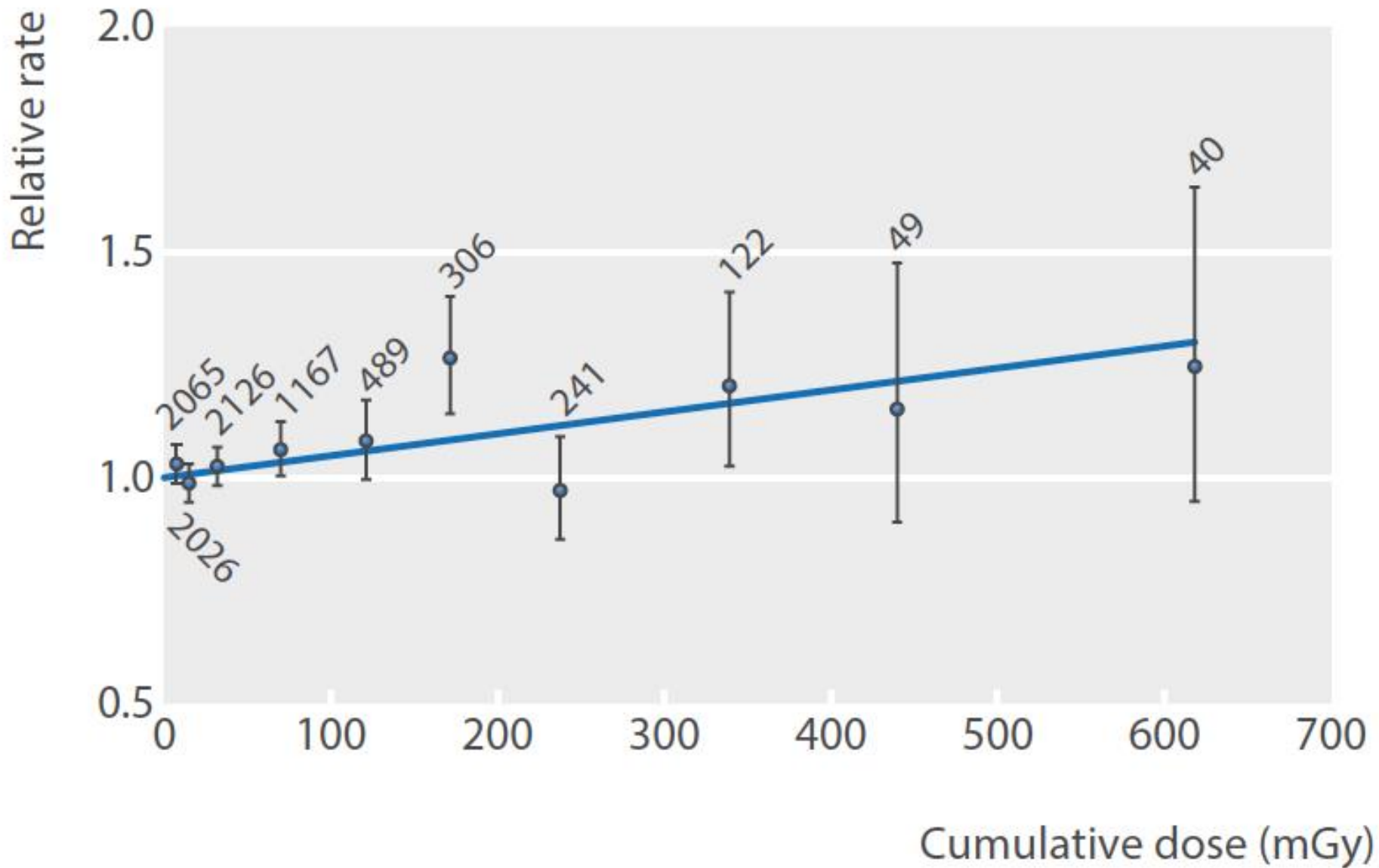
The lines are the fitted linear dose–response model and the shading represents the 90% CIs.

études de cohorte INWORKS

résultats de l'étude sur les cancers solides

étude sur les cancers solides

- ERR décès par cancer solide 0,48 / Gy IC90% [0,20 – 0,79]
- hors K pleuro-pulmonaire
ERR significativement > 0
- hors K liés au tabac
vessie...
92 000 personnes
pas de risque significatif
- figure à compléter par une estimation IC 95%



études de cohorte INWORKS

pièges épidémiologiques 1

incertitudes sur la dose

- dosimètres
- dose moyenne # 25 mSv / 15 ans
- dose « naturelle » en France 3 – 5,5 mSv / an
soit 45 – 80 mSv / 15 ans
- autres sources d'exposition aux RI
médical : TDM 2 à 10 mSv
contamination interne (Pu)
- incertitudes non prise en compte => sous-estimation IC

autres cancérogènes non pris en compte

- tabagisme (ERR # 9 pour le cancer bronchique)
- alcool
- contaminants chimiques, amiante

**INWORKS ne bénéficie pas
des avantages des études de cohorte**

études de cohorte INWORKS

pièges épidémiologiques 2

modèle dose - risque

- linéaire sans seuil $ERR = \beta \times D \times P$
- linéaire quadratique mieux adapté mais écarté (?)

intervalles de confiance

- plusieurs publications des mêmes auteurs IC95%
- passer à IC90% réduit artificiellement la taille des IC

regroupements non pertinents

- les mécanismes de défense sont différents selon la dose
- regrouper faibles et fortes doses conduit à surestimer le risque des faibles doses

études de cohorte INWORKS

présentation et communication

présentation et communication

- prudentes par l'IRSN
- mensongères par le CIRC

the observed association between dose and solid cancer risk is similar per unit of radiation dose

Among the cohort members who received at least 5 mGy of radiation dose in the workplace, an estimated 2.4 of every 100 deaths from such cancers were due to their workplace exposure.

This study strengthens the evidence of a causal relationship between solid cancers and exposure to low doses of ionizing radiation.

The findings are important not only for the protection of workers in the nuclear industry but also for medical staff and the general population, since the level of dose received by nuclear workers in the workplace is comparable with doses received by patients who could be repeatedly exposed in multiple computed tomography (CT) scans or in interventional radiology procedures

études de cohorte INWORKS

conséquences possibles

DRF Dose Reduction Factor

- pressions probables pour passer de 2 à 1
- modifications majeures de la radioprotection sans justification réelle
- des contre-mesures semblent nécessaires

examens médicaux

- mammographie
- scanner
- risque de renoncer à des examens utiles

évacuation en cas d'accident nucléaire

- CIPR : seuil 20 mSv / an passerait à 10 mSv/an
- risque majeur d'évacuations dangereuses et injustifiées

*La vérité ne fait pas tant de bien en ce monde
que ses apparences n'y font de mal.*

La Rochefoucauld

Etudes Inworks

Synthèse...

Liens d'intérêt

- CS AAA
- CSSE EDF

JP Vuillez
SFMN

Éléments de réflexion...

- Les publications INWORKS !
- Les commentaires dans la littérature
- L'analyse d'André Aurengo + + + + +
- La mise en perspective avec d'autres études et publications dans le même registre.

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, France

(K Leuraud PhD, D Laurier PhD);

Department of Epidemiology, University of North Carolina, Chapel Hill, NC, USA

(D B Richardson PhD); **Center for**

Research in Environmental Epidemiology, Barcelona, Spain

(Prof E Cardis PhD); **Universitat**

Pompeu Fabra, Barcelona, Spain

(Prof E Cardis); **CIBER**

Epidemiología y Salud Pública, Madrid, Spain

(Prof E Cardis); **National Institute for**

Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, USA

(R D Daniels PhD,

M K Schubauer-Berigan PhD); **Public Health England Centre**

for Radiation, Chemical and Environmental Hazards,

Chilton, UK (M Gillies MSc,

JA O'Hagan HNC,

R Haylock PhD); **Department of**

Environmental and

Occupational Health, Drexel

University School of Public

Health, Philadelphia, PA, USA

(G B Hamra PhD); **and**

International Agency for

Research on Cancer, Lyon,

France (M Moissonnier BSc,

I Thierry-Chef PhD,

A Kesminiene MD)

David B Richardson,¹ Elisabeth Cardis,^{2,3,4} Robert D Daniels,⁵ Michael Gillies,⁶ Jacqueline A O'Hagan,⁶ Ghassan B Hamra,⁷ Richard Haylock,⁶ Dominique Laurier,⁸ Klervi Leuraud,⁸ Monika Moissonnier,⁹ Mary K Schubauer-Berigan,¹ Isabelle Thierry-Chef,⁹ Ausrele Kesminiene⁹

¹Department of Epidemiology, School of Public Health, University of North Carolina, Chapel Hill, NC 27599, USA

²Center for Research in Environmental Epidemiology, Barcelona, Spain

³Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, Spain

⁴CIBER Epidemiología y Salud Pública, Madrid, Spain

⁵National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, USA

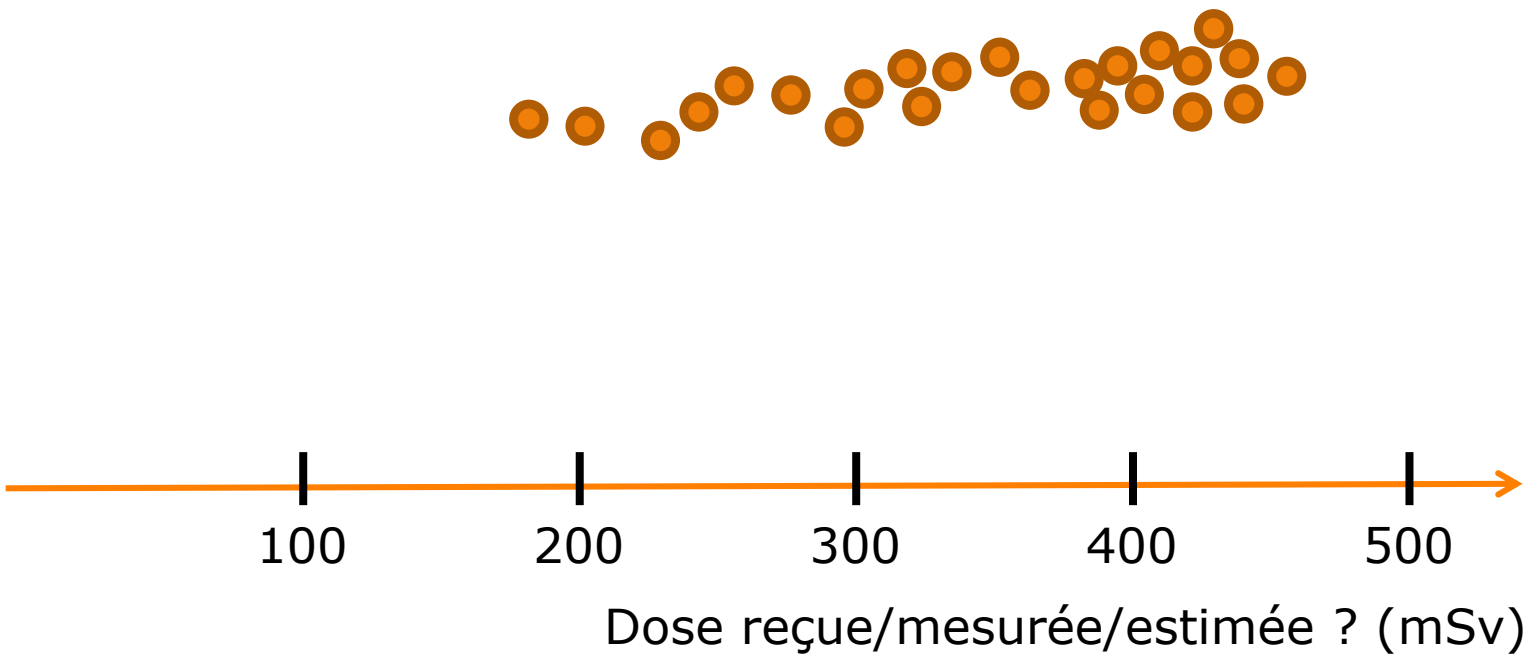
⁶Public Health England Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards, Chilton, UK

⁷Department of Environmental and Occupational Health, Drexel University School of Public Health, Philadelphia, PA, USA

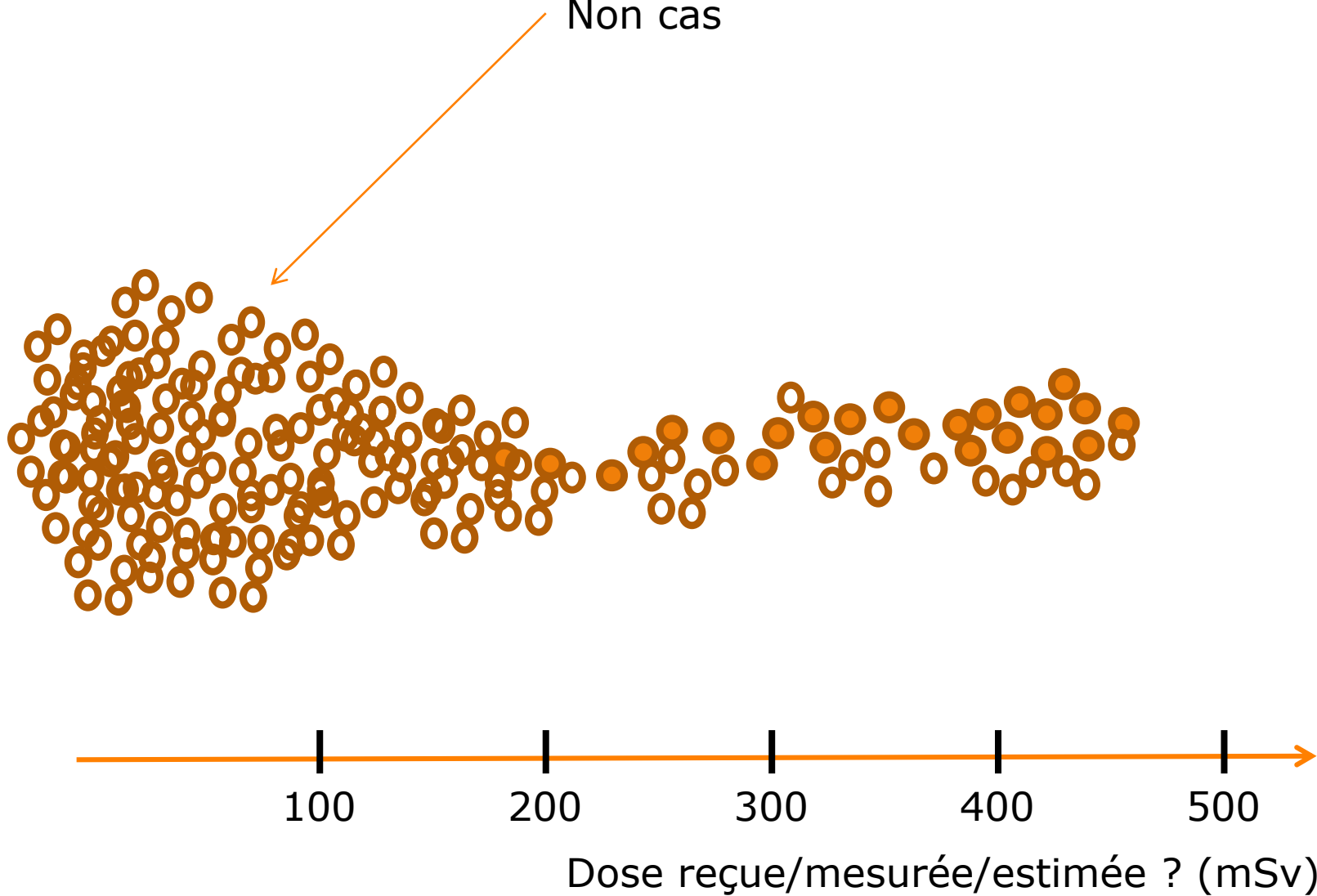
⁸Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-Roses, France

⁹International Agency for Research on Cancer, Lyon, France

Acte 1 : recueil de cas....

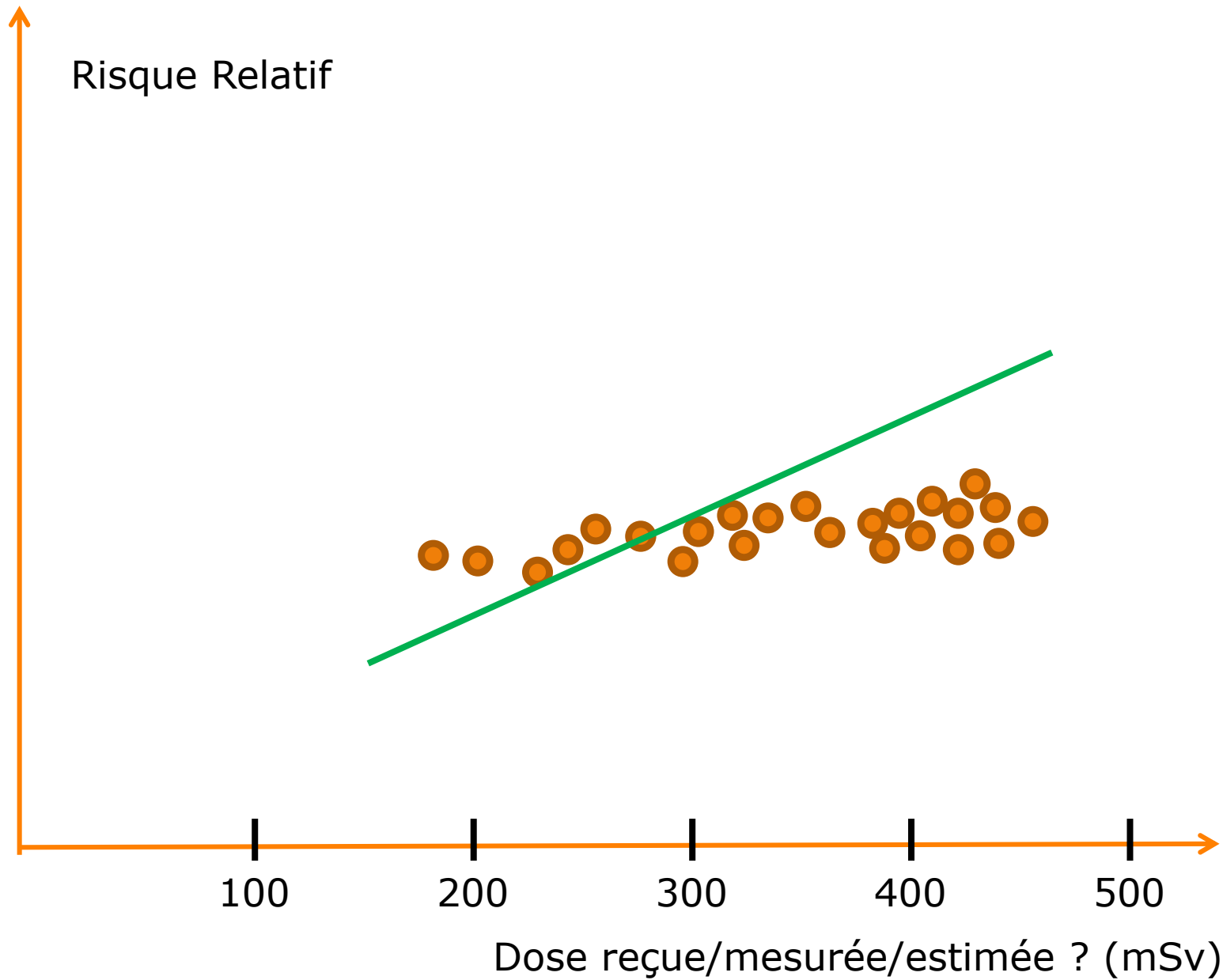


Non cas



Acte 2 : modélisation (c'est scientifique, donc indiscutable...)

Risque Relatif



Dose reçue/mesurée/estimée ? (mSv)

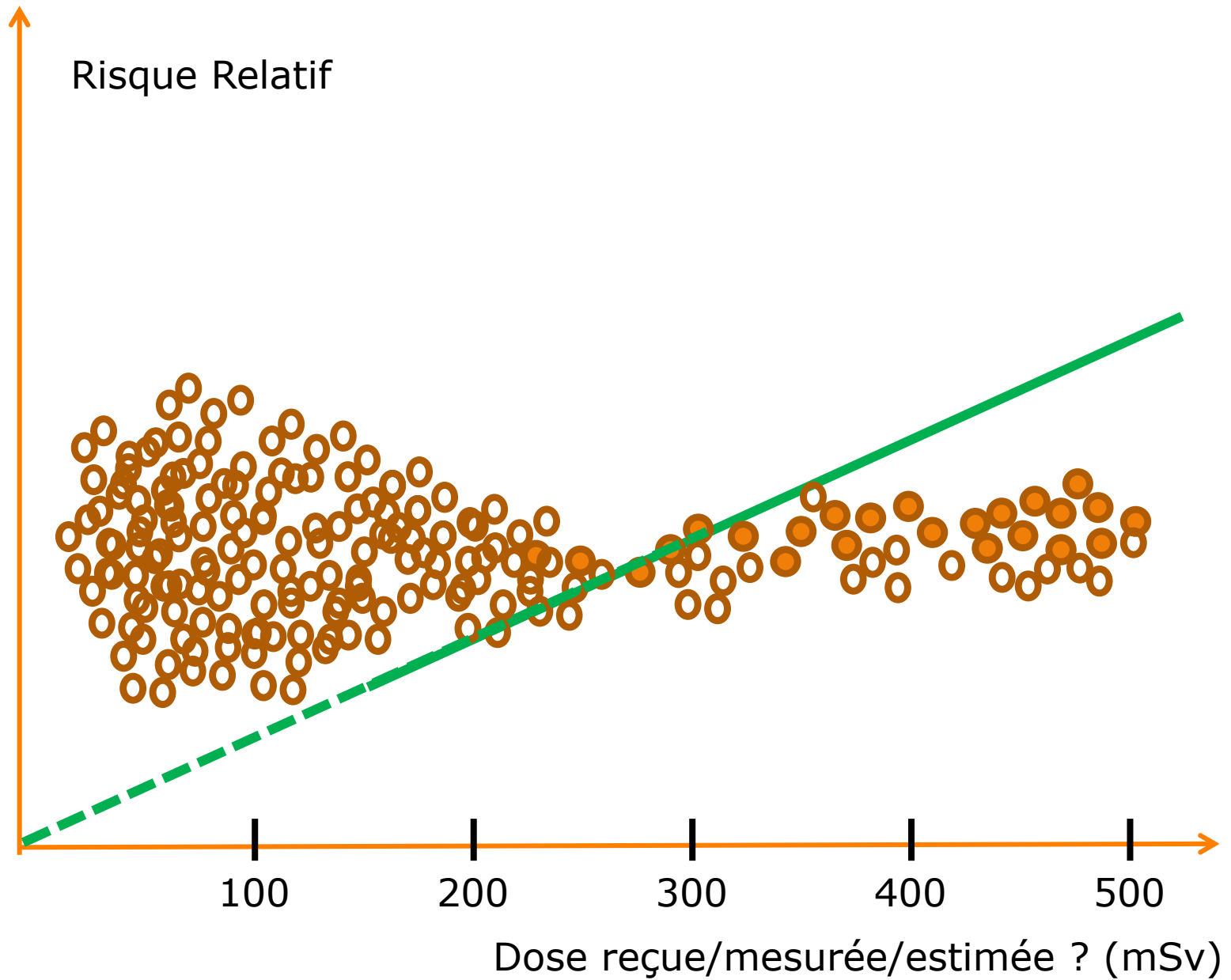
Acte 3 : introduction sournoise et non argumentée (considérée comme un acquis) de la RLSS....

Statistical analysis

Participants entered the study either 1 year after the date of first employment or on the date of first dosimetric monitoring, whichever was later. In France, the national death registry recorded information on individual causes of death only since 1968; therefore, French workers entered follow-up on Jan 1, 1968, or later. Participants remained in the study until the earliest of date of death, date lost to follow-up, or end of follow-up. We estimated relative risk (RR) by a model of the form $RR=1+\beta d$ generally used in studies of radiation effects,²¹ where d is the dose and β is an estimate of the excess relative risk (ERR; $RR-1$) per unit dose; we derived likelihood-based CIs. All models were stratified by country, sex, calendar period (<1946, 1946–50...

on overall results. Because the objective of most contemporary radiation epidemiological studies is to investigate the potential for an increased cancer risk in relation to radiation exposure, one-sided p values and corresponding 90% CIs are usually presented; we follow that convention here by reporting 90% CIs. All models were fitted with EPICURE software³

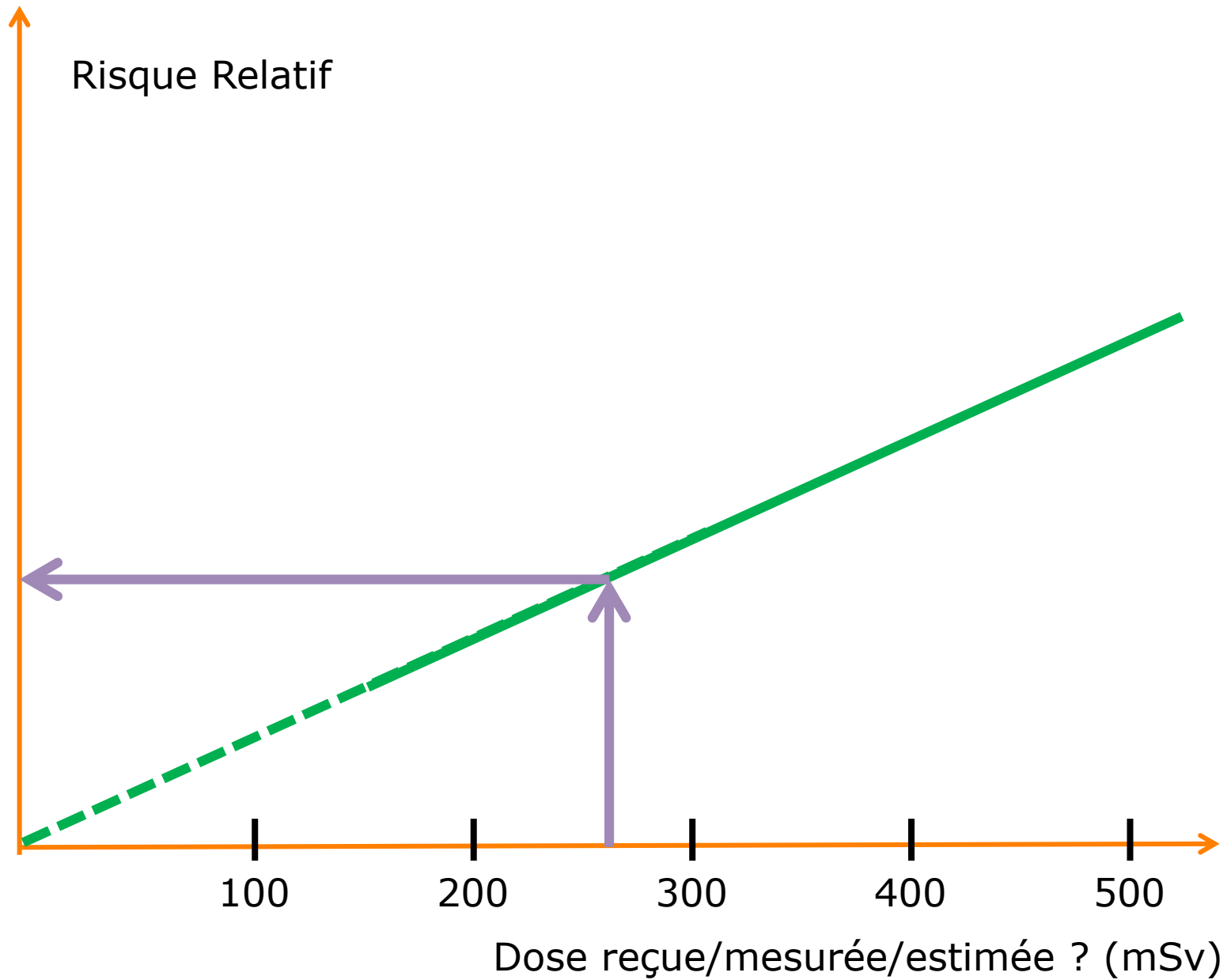
Risque Relatif





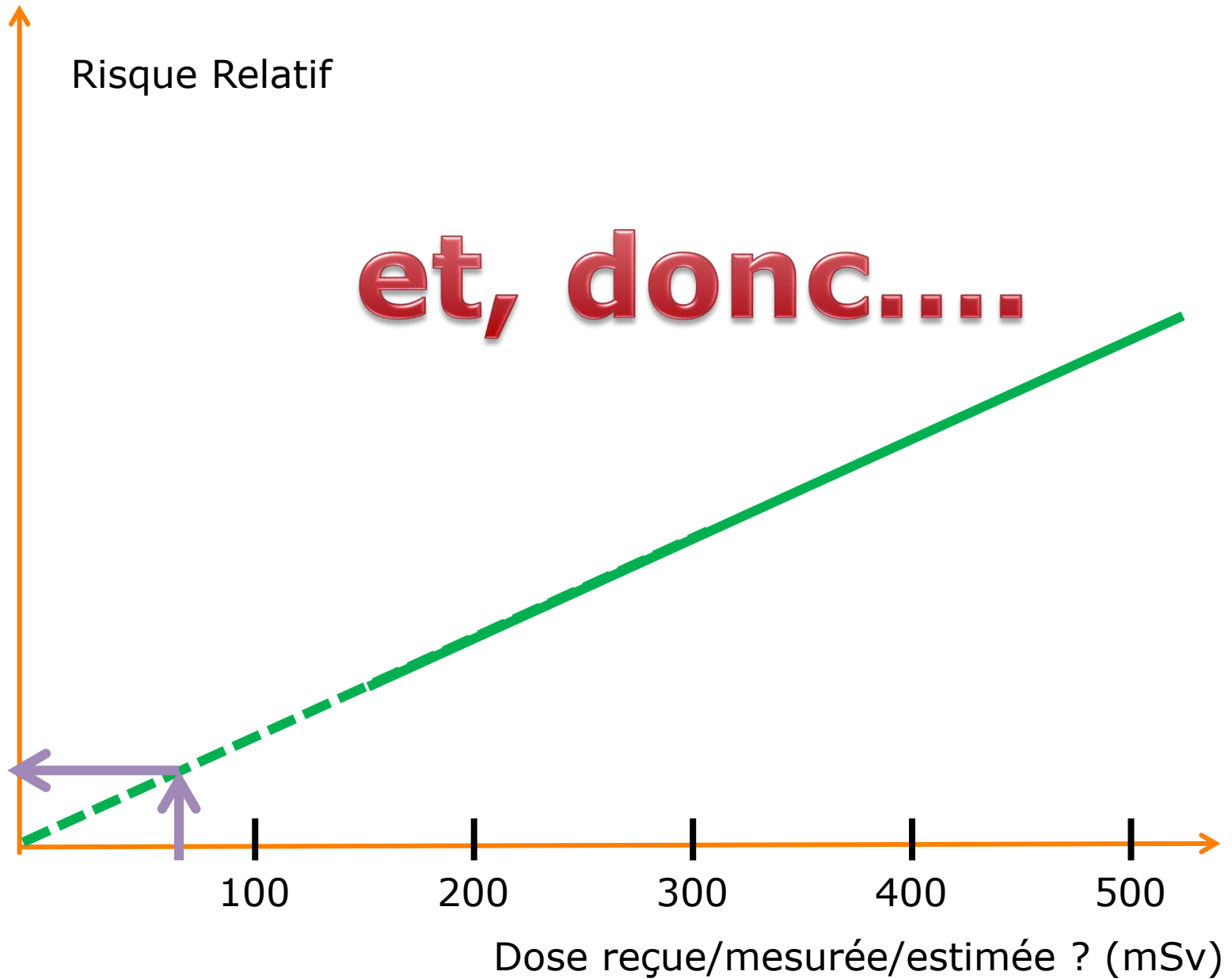
Acte 4 : maintenant qu'on a le modèle, servons nous en...

Risque Relatif



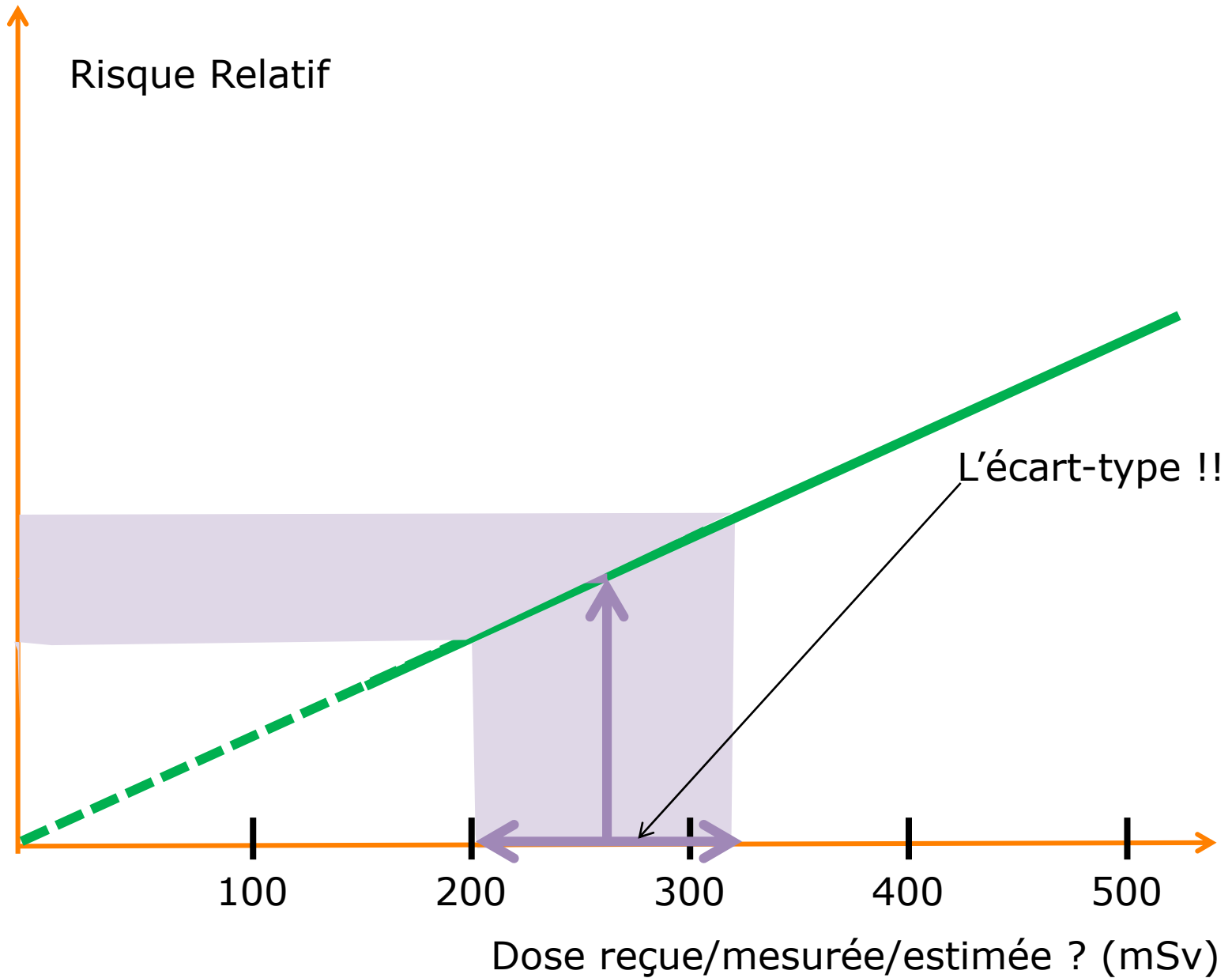
Risque Relatif

et, donc....



N'a-t-on rien oublié ????

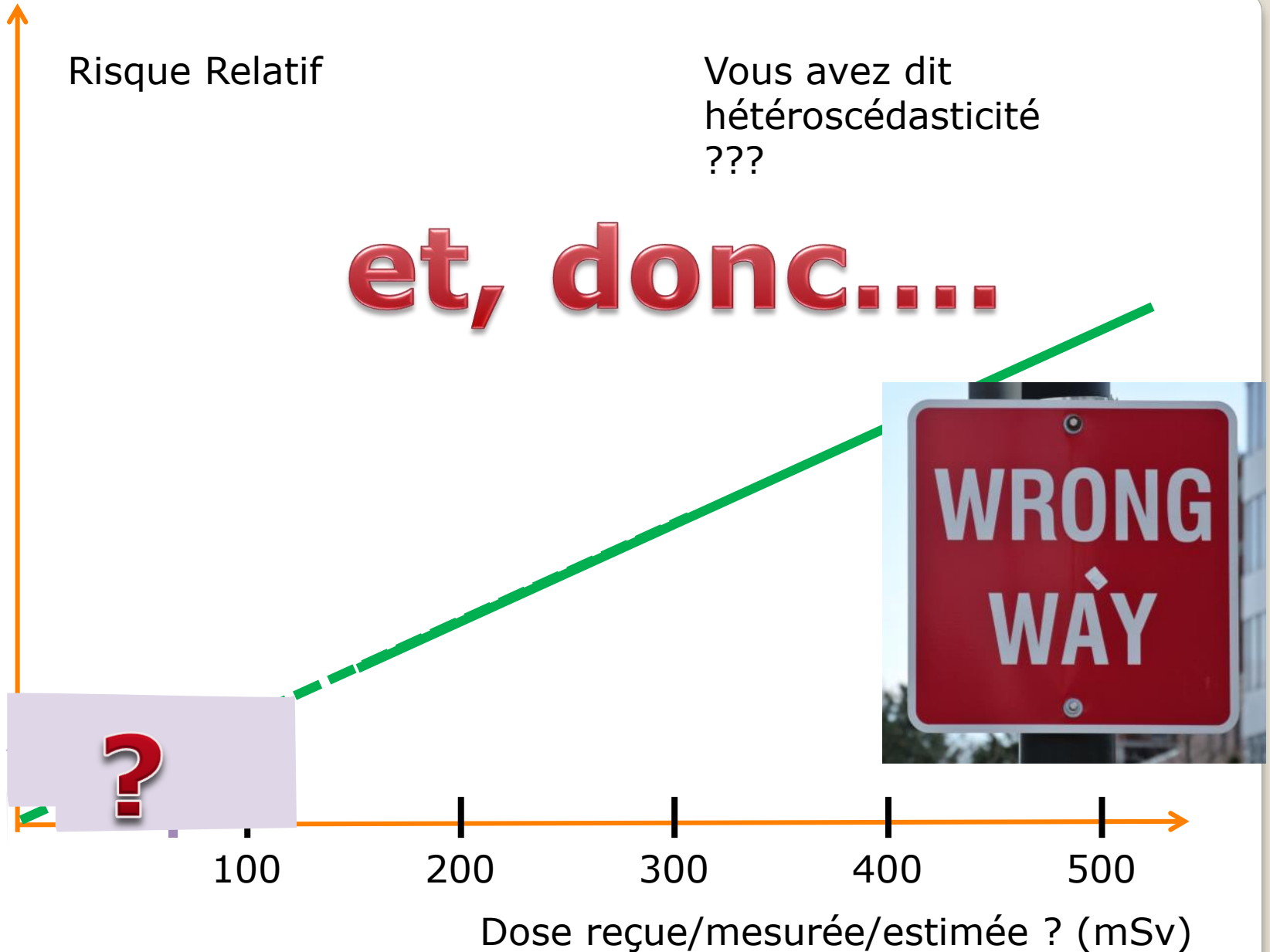
Risque Relatif



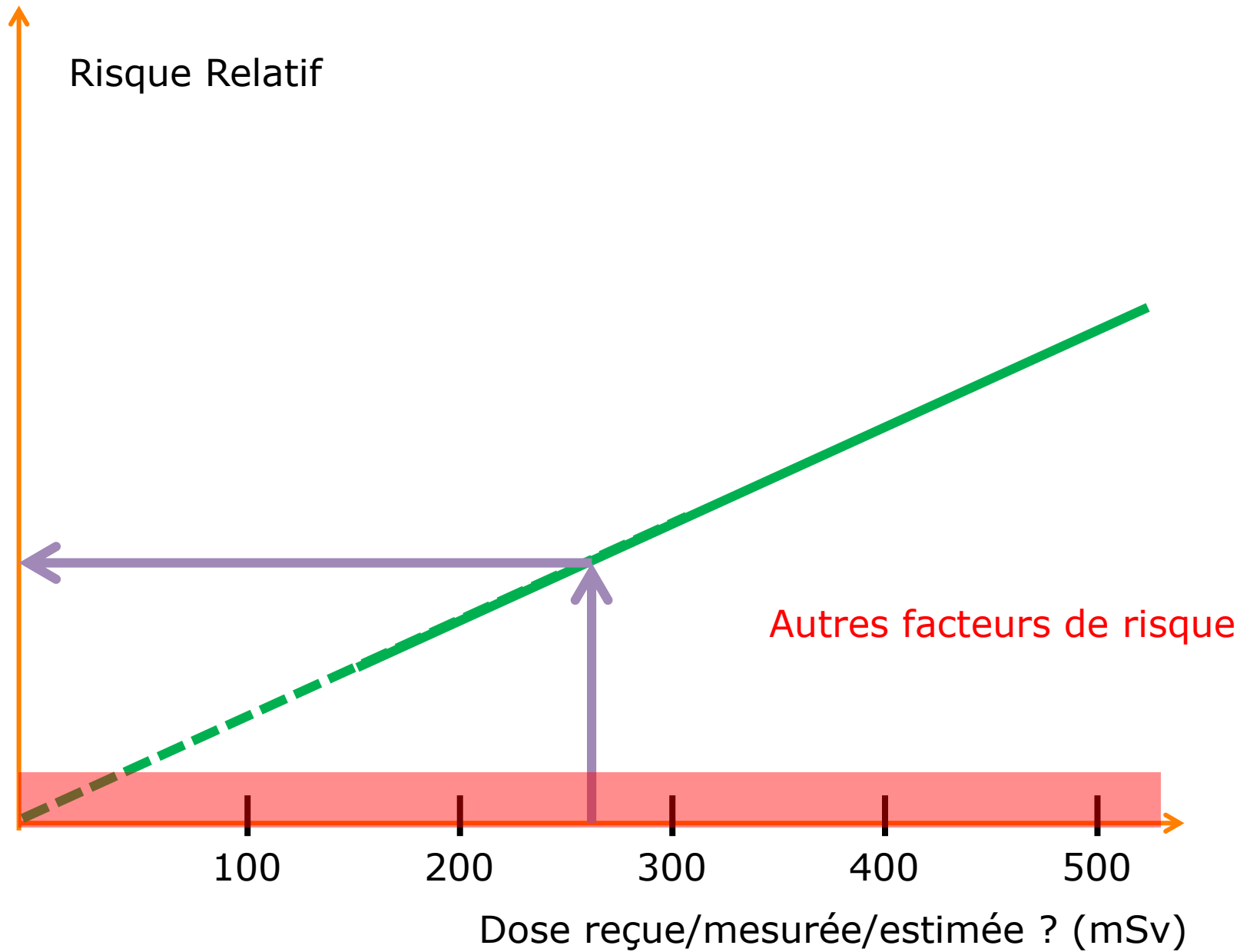
Risque Relatif

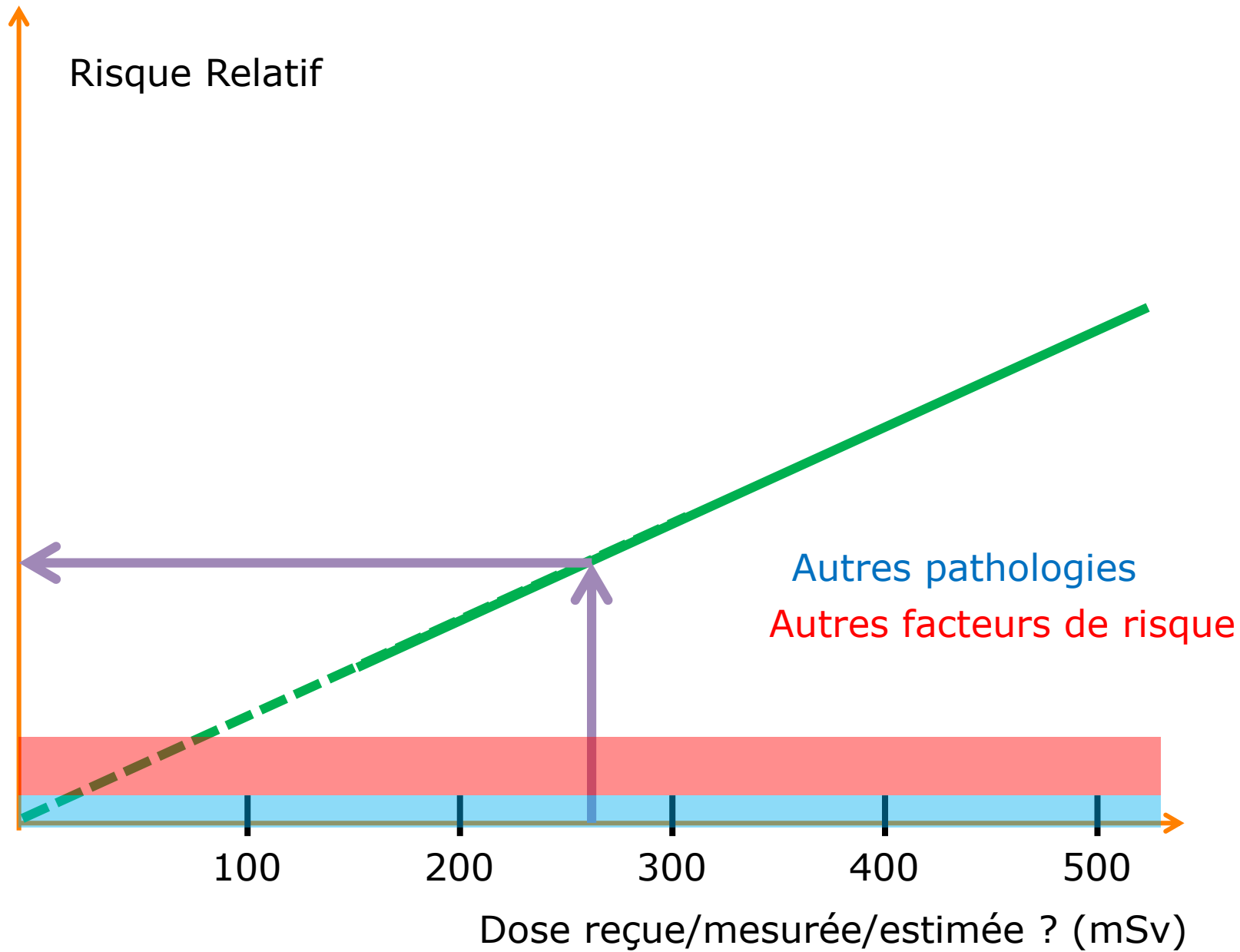
Vous avez dit
hétéroscédasticité
???

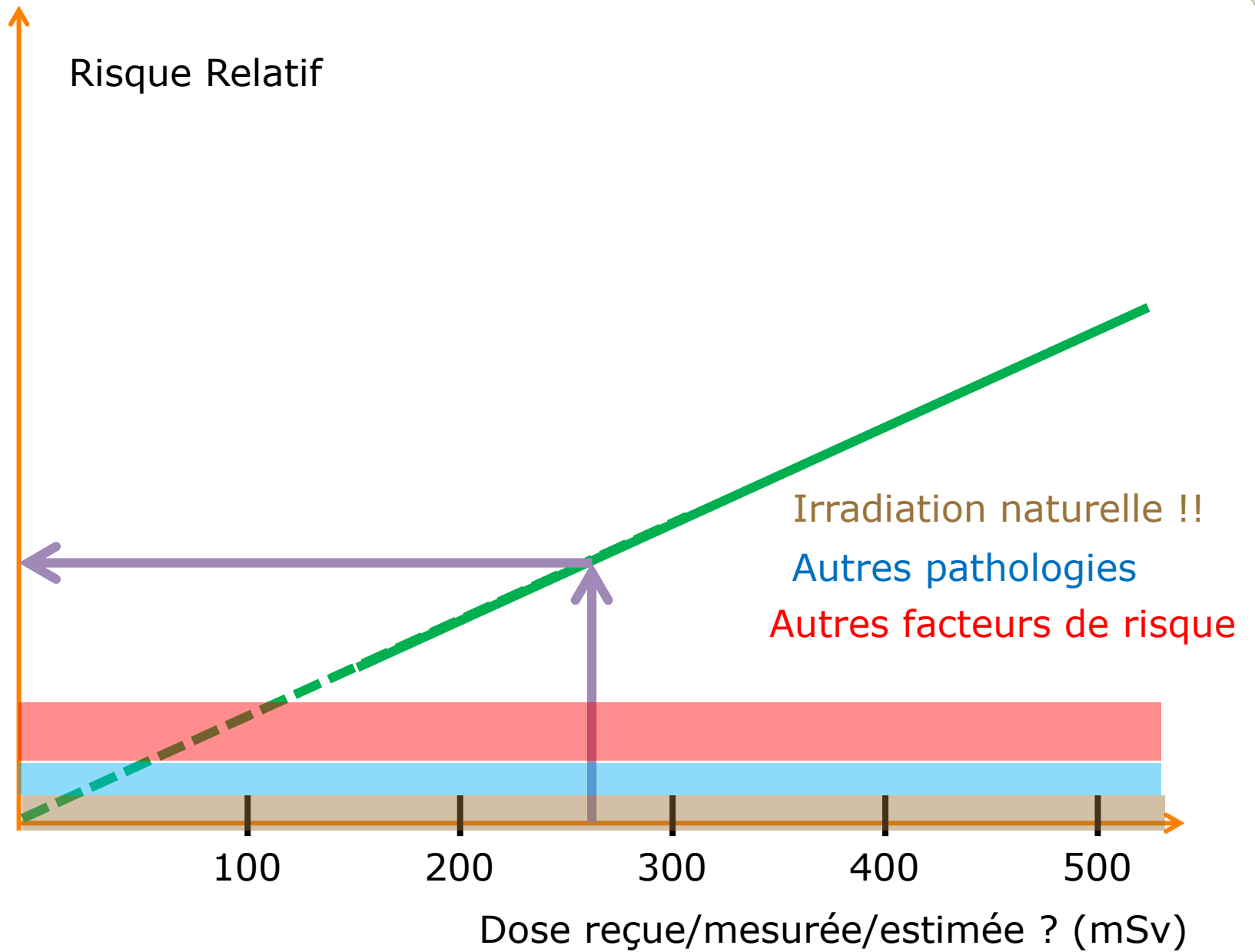
et, donc....

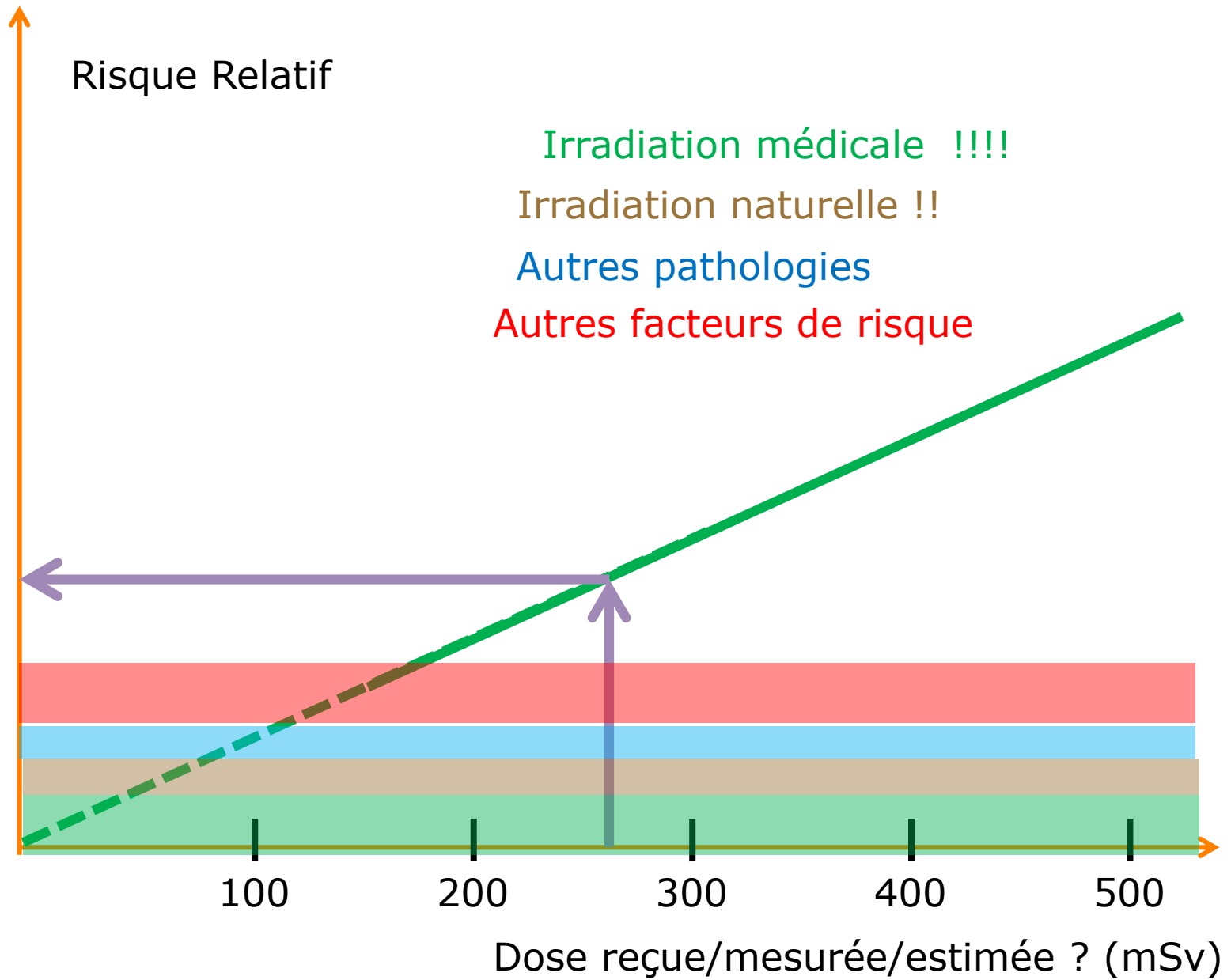


**Acte 5 : et le bruit de fond dans
tout ça ?????**









Irradiation médicale !!!!
Irradiation naturelle !!
Autres pathologies
Autres facteurs de risque

Les grandes inventions Shadok



PARAPLUIE POUR TEMPS SEC.

Les devises Shadok



EN ESSAYANT CONTINUELLEMENT
ON FINIT PAR RÉUSSIR. DONC:
PLUS ÇA RATE, PLUS ON A
DE CHANCES QUE ÇA MARCHE.

Autre études....

2 | L'ÉVÉNEMENT

Après 1986, coup de frein sur les démarrages de réacteurs nucléaires



Le nucléaire divise toujours, trente ans après Tchernobyl

L'Europe est désunie, les États-Unis hésitent, mais la Russie, la Chine ou l'Inde misent clairement sur l'atome.

FREDÉRIC DE MONICAULT
fde monocault@lefigaro.fr

TRENTE ANS jour pour jour après Tchernobyl, cinq ans après Fukushima, quel est l'avenir de l'énergie nucléaire ? Au moment où EDF s'interroge sur l'opportunité de lancer un chantier majeur avec le projet de construction de deux réacteurs de nouvelle génération EPR en Grande-Bretagne, la question se pose avec encore plus d'acuité. L'« hiver nucléaire » qui a prévalu après chaque catastrophe s'est-il estompé ?

Certes, les partisans de l'atome ont beau jeu de rappeler qu'il s'agit d'une énergie décarbonée – un atout de poids alors que 175 pays viennent de signer à New York l'accord sur le climat conclu à Paris lors de la COP21 –, mais est-ce suffisant pour défendre à tout prix cette filière ? Le projet Hinkley Point engage aussi bien EDF que le Royaume-Uni pour des décennies, l'un à travers un investissement pharaonique de 16 milliards d'euros, l'autre avec une politique énergétique assez radicale. Dans le même temps, la transition énergétique promise par de nombreux pays consacre l'essor des énergies renouvelables de plus en plus compétitives : le coût de revient du solaire et de l'éolien est passé sous la barre des 80 euros le mégawattheure (MWh), quand Hinkley Point doit dépasser les 110 euros.

leur vis-à-vis de l'atome doit être nuancée : « Avec 129 réacteurs actuellement en fonctionnement, le Vieux Continent reste pour le moment, et de loin, la première zone nucléaire au monde. » L'intéressée met aussi en avant une étude de l'Institut Montaigne qui montre que douze des quinze premières puissances économiques mondiales ont fait – aujourd'hui ou par le passé – le choix du nucléaire. « C'est une très forte corrélation entre un programme énergétique et l'état d'avancement d'un pays illustre bien que cette source peut être considérée comme un atout. »

Pour autant, aucun observateur ne conteste le fait que les accidents de Tchernobyl et de Fukushima ont fait bouger les lignes : « Il y a des pays comme l'Italie et l'Allemagne qui ont définitivement tourné la page, souligne Nicolas Goldberg, manager énergie chez Columbus Consulting, et d'autres, comme les États-Unis et l'Espagne, engagés dans un jeu de dupes au sens où ils maintiennent l'option nucléaire ouverte mais savent pertinemment que cette industrie n'aura jamais un rôle important chez eux. »

C'est Berlin qui a frappé le plus fort en réaction à la catastrophe de Fukushima en 2011 : sous l'impulsion d'Angela Merkel, le pays entend produire 80 % de son électricité grâce aux renouvelables à l'horizon de 2050. En attendant, la fermeture progressive – et définitive – des réacteurs nucléaires situés outre-Rhin

aussi en raison des enseignements des accidents en Ukraine et au Japon. « Par exemple, Tchernobyl a fait que toutes les nouvelles centrales ont été dotées d'une double enceinte de confinement », expose

« Les mises aux normes pèsent lourd sur la trésorerie »

NICOLAS GOLDBERG, MANAGER ÉNERGIE CHEZ COLUMBUS CONSULTING

Isabelle Jouette. « L'épisode de 1986 a sonné le début d'une politique de stricte accrue, renchérit Nicolas Goldberg. L'impact sur les coûts est d'autant plus sévère quand il n'y a pas d'économies d'échelle à la clé. Les mises aux normes pèsent lourd sur la trésorerie quand elles se font sur un nombre de centrales limité. »

Trente ans après la catastrophe en Ukraine, l'évolution de ce paysage mondial du nucléaire, divisé entre pays convaincus, hostiles ou hésitants, s'inscrit sur le long terme. Les spécialistes estiment qu'il faut une quinzaine d'années au minimum pour « monter une filière », des premières réflexions pour se doter d'une autorité de sûreté à la mise en route d'un réacteur, et des décennies pour en démanteler un. Un temps long qui laisse cependant la place à des accélérations comme à des revirements. ■



2016

Une arche gigantesque est en construction pour confiner les débris de la centrale. Vue des travaux, la semaine dernière, depuis le village abandonné de Pripiat. GLEB GARANICH/REUTERS

Les conséquences sanitaires restent difficiles à évaluer

MARC CHERKI mcherki@lefigaro.fr

TRENTE ANS après l'accident de Tchernobyl, il est impossible de tirer un bilan sanitaire précis et incontestable de la catastrophe. Officiellement, le nombre de morts est de 62, selon un rapport des Nations unies, publié en 2011. Mais ce total pourrait être réduit à 43.

Il additionne 28 personnes très irradiées qui faisaient partie des 600 000 « liquidateurs » mobilisés pour réduire l'impact de l'accident nucléaire, mortes dans les quatre mois après l'accident, et 15 enfants tués par des métastases de cancer de la thyroïde, induit par des rayonnements ionisants.

Ces données sont sous-estimées. « Il y a eu une hausse du nombre de leucémies chez les liquidateurs en Biélorussie, en Russie et en Ukraine, explique Jean-René Jourdain, adjoint à la direction de la protection de l'homme à l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN). Mais il n'existe pas de nombre exact de ces morts liés aux leucémies. De plus, le bilan des décès indirects, liés au stress post-traumatique, n'a pas été effectué. »

Des estimations assez sérieuses « notent une augmentation du nombre total de cancers entre 4 000 et 60 000 », rappelle l'expert de l'IRSN. Il y a eu ainsi quelque 6 848 cancers de la thyroïde, surtout chez les enfants, déclarés entre 1991 et 2005, dans l'ex-URSS. De son côté, Greenpeace a évalué, en 2006, les conséquences de

la catastrophe à 200 000 morts. Enfin, trois scientifiques russes ont estimé à près d'un million le nombre total de morts, liés à l'accident, pour les trois républiques les plus touchées (Biélorussie, Russie et Ukraine). Ces deux dernières évaluations ont été très critiquées.

L'effet des faibles doses

Les conséquences de l'accident se mesurent toujours en Europe, surtout dans les régions où il a plu juste après l'accident. Des dépôts au sol – de césium radioactif notamment – atteignent des niveaux élevés en Scandinavie, en Europe centrale et dans le nord de la Grèce. Dans l'Hexagone, en Alsace, dans la vallée du Rhône et la plupart des massifs montagneux, la radioactivité reste quantifiable. Dans des massifs de l'est de la France, il subsiste des points chauds sur de très petites surfaces, où la radioactivité peut atteindre 80 fois le niveau normal.

Il reste que la catastrophe a permis d'améliorer « les connaissances notamment sur les faibles doses qui ont montré une conséquence sur l'endothélium vasculaire », ajoute Jean-René Jourdain. C'est-à-dire que des problèmes cardiaques peuvent être induits par une faible radioactivité. Par ailleurs, « une augmentation significative des cataractes a été observée chez les liquidateurs ». Ce qui a conduit la Commission internationale de protection radiologique à diviser par plus de trois le seuil de radiation admissible au niveau des yeux. ■

L'effet des faibles doses

Les conséquences de l'accident se mesurent toujours en Europe, surtout dans les régions où il a plu juste après l'accident. Des dépôts au sol - de césium radioactif notamment - atteignent des niveaux élevés en Scandinavie, en Europe centrale et dans le nord de la Grèce. Dans l'Hexagone, en Alsace, dans la vallée du Rhône et la plupart des massifs montagneux, la radioactivité reste quantifiable. Dans des massifs de l'est de la France, il subsiste des points chauds sur de très petites surfaces, où la radioactivité peut atteindre 80 fois le niveau normal.

Il reste que la catastrophe a permis d'améliorer *« les connaissances notamment sur les faibles doses qui ont montré une conséquence sur l'endothélium vasculaire »*, ajoute Jean-René Jourdain.

C'est-à-dire que des problèmes cardiaques peuvent être induits par une faible radioactivité. Par ailleurs, *« une augmentation significative des cataractes a été observée chez les liquidateurs »*. Ce qui a conduit la Commission internationale de protection radiologique à diviser par plus de trois le seuil de radiation admissible au niveau des yeux. ■

Acta Oncol. 2002;41(1):14-24.

Risk of childhood leukaemia in the vicinity of nuclear installations--findings and recent controversies.

Laurier D¹, Grosche B, Hall P.

Author information

Abstract

The identification of a local excess of cancer cases, possibly associated with ionizing radiation, always receives substantial media coverage and communication about clusters is difficult. We reviewed studies that examined the risk of leukaemia among young people near nuclear installations. An excess of leukaemia exists near some nuclear installations, at least for the reprocessing plants at Sellafield and Dounreay and the nuclear power plant Krümmel. Nonetheless, the results of multi-site studies invalidate the hypothesis of an increased risk of leukaemia related to nuclear discharge. Up until now, analytic studies have not found an explanation for the leukaemia clusters observed near certain nuclear installations. The hypothesis of an infectious aetiology associated with population mixing has been proposed, but needs to be investigated further. The review illustrates two recent examples in France (La Hague reprocessing plant) and in Germany (Krümmel power plant), where controversies developed after reports of increased leukaemia risks. These examples show the importance of recalling the current epidemiological knowledge and of using systematic recording of cases to replace the alleged excesses in a more general framework. Some elements should also be suggested from the recent French and German experiences to reinforce credibility in the results.

[Radiat Res.](#) 1995 May;142(2):117-32.

Effects of low doses and low dose rates of external ionizing radiation: cancer mortality among nuclear industry workers in three countries.

[Cardis E¹](#), [Gilbert ES](#), [Carpenter L](#), [Howe G](#), [Kato I](#), [Armstrong BK](#), [Beral V](#), [Cowper G](#), [Douglas A](#), [Fix J](#), et al.

Studies of the mortality among nuclear industry workforces have been carried out, and nationally combined analyses performed, in the U.S., the UK and Canada. This paper presents the results of internationally combined analyses of mortality data on 95,673 workers (85.4% men) monitored for external exposure to ionizing radiation and employed for 6 months or longer in the nuclear industry of one of the three countries. These analyses were undertaken to obtain a more precise direct assessment of the carcinogenic effects of protracted low-level exposure to external, predominantly gamma, radiation. The combination of the data from the various studies increases the power to study associations between radiation and specific cancers. The combined analyses covered a total of 2,124,526 person-years (PY) at risk and 15,825 deaths, 3,976 of which were due to cancer. There was no evidence of an association between radiation dose and mortality from all causes or from all cancers. Mortality from leukemia, excluding chronic lymphocytic leukemia (CLL)--the cause of death most strongly and consistently related to radiation dose in studies of atomic bomb survivors and other populations exposed at high dose rates--was significantly associated with cumulative external radiation dose (one-sided P value = 0.046; 119 deaths). Among the 31 other specific types of cancer studied, a significant association was observed only for multiple myeloma (one-sided P value = 0.037; 44 deaths), and this was attributable primarily to the associations reported previously between this disease and radiation dose in the Hanford (U.S.) and Sellafield (UK) cohorts. The excess relative risk (ERR) estimates for all cancers excluding leukemia, and leukemia excluding CLL, the two main groupings of causes of death for which risk estimates have been derived from studies of atomic bomb survivors, were -0.07 per Sv [90% confidence interval (CI): -0.4, 0.3] and 2.18 per Sv (90% CI: 0.1, 5.7), respectively. These values correspond to a relative risk of 0.99 for all cancers excluding leukemia and 1.22 for leukemia excluding CLL for a cumulative protracted dose of 100 mSv compared to 0 mSv. These estimates, which did not differ significantly across cohorts or between men and women, are the most comprehensive and precise direct estimates of cancer risk associated with low-dose protracted exposures obtained to date. **Although they are lower than the linear estimates obtained from studies of atomic bomb survivors, they are compatible with a range of possibilities, from a reduction of risk at low doses, to risks twice those on which current radiation protection recommendations are based.**

(ABSTRACT TRUNCATED AT 400 WORDS)

Are cancer risks associated with exposures to ionising radiation from internal emitters greater than those in the Japanese A-bomb survivors?

Mark P. Little · Per Hall · Monty W. Charles

These results suggest that excess relative risks in the internal emitter studies do not appreciably differ from those in the Japanese atomic bomb survivors. However, there are substantial uncertainties in estimates of risks in the internal emitter studies, particularly in relation to lung cancer associated with radon daughter (alpha particle) exposure, so a measure of caution should be exercised in these conclusions.

The last column of Tables 1 and 2 gives the P -values for the consistency of the Japanese and internal emitter datasets, calculated from the square of the normalized difference in ERR estimates:

$$\chi^2 = [\text{ERR}_j - \text{ERR}_m]^2 / [\sigma_j^2 + \sigma_m^2] \quad (2)$$

where the estimated standard errors, σ_j , σ_m , for the Japanese and internal emitter data are computed from the 95% CI for the ERR of the Japanese data, $(\text{CI}_{lj}, \text{CI}_{uj})$ and from the 95% CI, $(\text{CI}_{lm}, \text{CI}_{um})$, for the internal emitter data, by means of the relation:

$$\begin{cases} \sigma_j = [\text{CI}_{uj} - \text{ERR}_j] / 1.96 \\ \sigma_m = [\text{ERR}_m - \text{CI}_{lm}] / 1.96 \end{cases} \quad \text{if } \text{ERR}_j < \text{ERR}_m$$

$$\begin{cases} \sigma_j = [\text{ERR}_j - \text{CI}_{lj}] / 1.96 \\ \sigma_m = [\text{CI}_{um} - \text{ERR}_m] / 1.96 \end{cases} \quad \text{if } \text{ERR}_j \geq \text{ERR}_m \quad (3)$$

Table 1 Risk estimates for cancer incidence and mortality from studies of internal low LET radiation exposure, adjusted to high dose rate using a DDREF of 1.5 [27]

Cancer endpoint	Reference	Age at exposure (years)	Follow-up (years)	Endpoint	Observed deaths/cases	Observed deaths/cases in comparable A-bomb group	Mean dose (Sv)	Person-years	Excess relative risk at 1 Sv (and 95% CI), adjusted to high dose rate	Excess relative risk at 1 Sv in comparable A-bomb group (and 95% CI)
All solid	[42]	0 to >40	0 to >40	Mortality	889	10,071	0.63	582,750	1.22 (0.69, 2.00) ^a	0.48 (0.39, 0.58) ^{b##}
Oesophagus	[42]	0 to >40	0 to >40	Mortality	317	288	0.63	582,750	0.27 (-0.14, 0.99) ^a	0.71 (0.20, 1.41) ^c
Stomach	[17]	13 to 74 (mean 57)	1 to 28 (mean 15)	Incidence	58 ^d	1,575	0.25	139,018	1.98 (1.14, 2.97)	0.25 (0.05, 0.49) ^{c###}
Stomach	[18]	0 to >60 (mean 46)	1 to 44 (mean 21)	Mortality	28	2,852	0.178	738,831	-0.25 (-3.00, 3.39)	0.30 (0.14, 0.48) ^f
Stomach	[42]	0 to >40	0 to >40	Mortality	150	2,852	0.63	582,750	1.43 (0.26, 5.24) ^a	0.30 (0.14, 0.48) ^f
Stomach	[18, 42]	0 to >60	0 to >40	Mortality	178	2,852	0.45	1,321,581	0.79 (-2.15, 3.73) ^a	0.30 (0.14, 0.48) ^f
Liver	[42]	0 to >40	0 to >40	Mortality	60	1,234	0.63	582,750	-0.12 (-0.62, 1.50) ^a	0.51 (0.26, 0.80) ^g
Lung	[42]	0 to >40	0 to >40	Mortality	130	1,260	0.63	582,750	2.64 (0.72, 13.25) ^a	0.79 (0.51, 1.11) ^c
Female breast	[42]	0 to >40	0 to >40	Mortality	61	269	0.63	582,750	1.64 (-0.08, 23.70) ^a	1.42 (0.75, 2.31) ^h
Bladder	[18]	0 to >60 (mean 46)	1 to 44 (mean 21)	Mortality	14	149	0.128	738,831	-0.35 (-5.50, 7.35)	1.09 (0.19, 2.46) ⁱ
Kidney	[17]	13 to 74 (mean 57)	1 to 28 (mean 15)	Incidence	37 ^d	41	0.05	139,018	15.3 (1.8, 32.4)	-0.06 (<-0.06, 1.91) ^{##}
Thyroid	[22]	0 to 74 (mean 43)	2 to 47 (mean 27)	Incidence	36 ^k	398	0.94 ^k	886,618	1.63 (-0.01, 11.16) ^k	1.20 (0.63, 1.99) ^l
Thyroid	[43]	0 to 14	6 to 12	Incidence	276	13	0.37 ^m	NA	9.90 (3.00, 16.65) ⁿ	8.53 (<0, 49.16) ^o
NHL	[18]	0 to >60 (mean 46)	1 to 44 (mean 21)	Mortality	74	170	0.042 ^p	738,831	0.90 (-44.83, 83.74) ^p	0.05 (<0, 0.70) ^q
Hodgkin's disease	[18]	0 to >60 (mean 46)	1 to 44 (mean 21)	Mortality	12	21	0.042 ^p	738,831	-1.50 (-157.0, 49.6) ^p	0.48 (<0, 3.96) ^q
Multiple myeloma	[17]	13 to 74 (mean 57)	1 to 28 (mean 15)	Incidence	10 ^d	22	0.06	139,018	-1.75 (-13.75, 17.75) ^p	1.23 (<0, 6.01) ^r
Multiple myeloma	[18]	0 to >60 (mean 46)	1 to 44 (mean 21)	Mortality	28	49	0.042 ^p	738,831	16.50 (-7.65, 85.73) ^p	0.60 (<0, 2.55) ^s
Leukaemia ^t	[44]	0 to 6	0 to 14	Incidence	421	12	0.0063 ^p	NA	48.60 (13.17, 126.00) ^p	97.39 (<0, 5989) ^u
Leukaemia ^v	[45]	1 to 65	0 to >47	Incidence	53	192	0.34, 0.29 ^{pw}	NA	3.75 (-0.45, 27.00) ^p	5.79 (3.95, 8.35) ^s
Leukaemia ^v	[3]	0 to >70	0 to >49	Mortality	49	284	0.30 ^p	865,812	9.75 (2.70, 36.00) ^p	4.09 (2.90, 5.64) ^s
Leukaemia ^v	[18]	0 to >60 (mean 46)	1 to 44 (mean 21)	Mortality	82	284	0.042 ^p	738,831	-1.50 (-5.60, 0.87) ^p	4.09 (2.90, 5.64) ^{s###}
Leukaemia ^v	[3, 18]	0 to >70	0 to >49	Mortality	131	284	0.18 ^p	1604,643	-1.09 (-5.85, 3.67) ^p	4.09 (2.90, 5.64) ^{s##}



Childhood leukemia around French nuclear power plants—The Geocap study, 2002–2007

Claire Sermage-Faure^{1,2}, Dominique Laurier⁴, Stéphanie Goujon-Bellec^{1,2,3}, Michel Chartier⁵, Aurélie Guyot-Goubin^{1,2,3}, Jérémie Rudant^{1,2,3}, Denis Hémon^{1,2} and Jacqueline Clavel^{1,2,3}

¹INSERM U1018, CESP Center for research in Epidemiology and Population Health, Environmental Epidemiology of Cancer Team, Villejuif F-94807, Paris, France

²Université Paris-Sud, UMRS1018, F-94807, Villejuif, Paris, France

³French National Registry of Childhood Hematological malignancies (NRCH), Villejuif F-94807, Paris, France

⁴Institute of Radiological Protection and Nuclear Safety, IRSN/DRPH/SRBE, Fontenay-aux-Roses F-92262, Cedex, France

⁵Institute of Radiological Protection and Nuclear Safety, IRSN/DRPH/SER, F-92262, Fontenay-aux-Roses, France



 25 sites civils



British Journal of Cancer (2004) 91, 916–922
© 2004 Cancer Research UK. All rights reserved 0007–0920/04 \$30.00
www.bjcancer.com

Incidence of childhood leukaemia in the vicinity of nuclear sites in France, 1990–1998

ML White-Koning¹, D Hémon¹, D Laurier², M Tirmarche², E Jougl³, A Goubin¹ and J Clavel^{4,1}

¹Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale INSERM – U170-IFR69, 16 avenue Paul Vaillant Couturier, 94807 Villejuif Cedex, France; ²Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, IRSN/DRPH/RSRBE-LEPID, Fontenay-aux-Roses, France; ³Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale INSERM-CépiDc-IFR69, Le Vésinet, France

British Journal of Cancer (2006), 1–6
© 2006 Cancer Research UK. All rights reserved 0007–0920/06 \$30.00
www.bjcancer.com

Full Paper

Childhood leukaemia incidence around French nuclear installations using geographic zoning based on gaseous discharge dose estimates

A-S Evrard^{1,2}, D Hémon^{1,2}, A Morin³, D Laurier⁴, M Tirmarche⁴, J-C Backe³, M Chartier³ and J Clavel^{4,1,2}

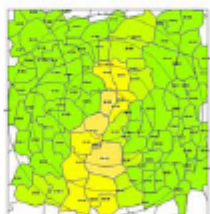
¹INSERM, U754, Villejuif, France; ²Université Paris Sud, IFR69, Villejuif, France; ³Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, IRSN/DRPH/ISER/LIETP, Fontenay-aux-Roses, France; ⁴Institut de Radioprotection et de Sécurité Nucléaire, IRSN/DRPH/RSRBE/LEPID, Fontenay-aux-Roses, France

Sites nucléaires civils et leucémie de l'enfant


Etude d'incidence multisite INSERM/IRSN - 1990-2001



Proximité des sites nucléaires civils (localisation des sujets à la mairie de la commune de résidence)
Centrales nucléaire, retraitement, recherche



Zonage basé sur la dose due aux rejets des sites
Centrales nucléaire, retraitement, recherche

 25 sites civils

Modélisation des rejets gazeux des sites

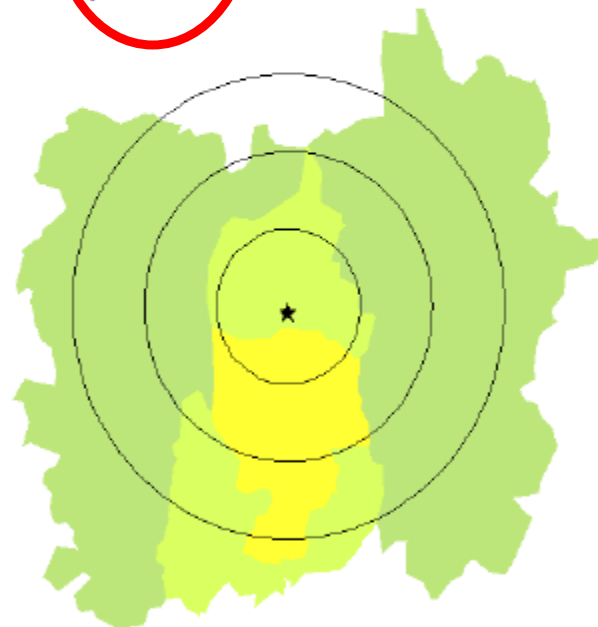
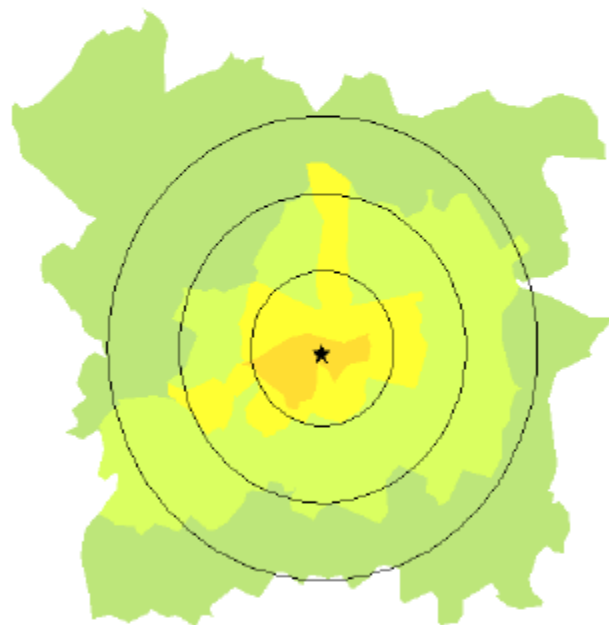
- Composition moyenne en radionucléides
- Puissance des centrales
- Météo locale (vents, précipitations)
- Voie d'exposition (inhalation, ingestion, contact cutané).

Morin and Backe, SEGR/SAER/02-51, IRSN 2002

Zonage basé sur la dose

Modélisation de la dose à la moëlle due aux rejets gazeux

- < 0.10 $\mu\text{Sv}/\text{an}$
- < 0.10 – 0.32 $\mu\text{Sv}/\text{an}$
- < 0.32 – 1.00 $\mu\text{Sv}/\text{an}$
- < 1.00 – 3.20 $\mu\text{Sv}/\text{an}$



Sites nucléaires civils et leucémie de l'enfant

Etude d'incidence multisite INSERM/IRSN - 1990-2001




Proximité des sites nucléaires civils

	SIR	IC95%
0-5 km	0.8	[0.7-1.0]
5-10 km	1.0	[0.8-1.1]
10-15 km	1.0	[0.9-1.1]
> 15 km	1.0	[0.9-1.1]
Total	1.0	[0.9-1.0]



Zonage basé sur la dose due aux rejets des sites

DBGZ ($\mu\text{Sv}/\text{an}$)	SIR	IC95%
≥ 1.0	0.6	[0.3-1.3]
0.3-1.0	0.9	[0.6-1.2]
0.07-0.3	1.0	[0.8-1.1]
0.05-0.07	1.0	[0.9-1.1]
< 0.05	0.9	[0.8-1.1]

 25 sites civils

In the incidence studies, the relative risk of AL was estimated by the standardized incidence ratio (SIR), defined as the ratio of the observed (O) and expected (E) numbers of cases. The 95% CI was calculated using Byar's approximation.³³ The statistical distribution of the number of cases

LEUCÉMIES ET CENTRALES NUCLÉAIRES : DÉSINFORMATION OU INFORMATION ?



Centrale nucléaire Nogent. Une étude publiée

par le **International Journal of Cancer** sur les cas de leucémies infantiles autour des centrales nucléaires françaises a donné lieu à des articles et déclarations très éloignés de la vérité.

► L'article scientifique est [ici](#). Rares sont les commentateurs qui l'ont lu. C'est un mensonge pur et simple que d'affirmer que cet article scientifique permet de conclure que la radioactivité due aux centrales nucléaires provoque des leucémies chez les enfants.

- ▶ L'article scientifique est [ici](#). Rares sont les commentateurs qui l'ont lu. C'est un mensonge pur et simple que d'affirmer que cet article scientifique permet de conclure que la radioactivité due aux centrales nucléaires provoque des leucémies chez les enfants
- ▶ Son information principale est en réalité celle-ci : **sur la période 1990-2007, il n'y a pas d'excès de cancer du sang (leucémies) chez les enfants de moins de 15 ans vivant à moins de 5 km d'une centrale nucléaire .**
- ▶ L'article scientifique stipule de manière claire que la **radioactivité** émise par les centrales nucléaires **ne peut être une cause** de l'excès de leucémies infantiles relevé sur la courte période 2002 -2007. Pour une raison simple : cette radioactivité est mille fois plus faible que la radioactivité naturelle.
La conclusion de l'article : il n'y a pas d'association entre la proximité plus ou moins importante des cas avec la centrale, à l'intérieur de la zone des 5 kilomètres.

Overall, the results suggest a possible excess risk of AL in the close vicinity of French NPPs in 2002–2007. The increased incidence observed at less than 5 km from the NPPs in the Geocap study only partially supports the recent German findings as the increase was limited to recent years and was not specific to the youngest children. The absence of any association with DBGZ, which is assumed to reflect the distribution of gaseous radiation discharged from NPPs, may indicate that the association observed with distance <5 km over 2002–2007 and particularly in 2006–2007 is not explained by NPP gaseous discharges. Overall, the results suggest a potential excess risk over 2002–2007 that may be due to unknown factors related to the proximity of NPPs. Among the potential factors are population mixing and exposures to physical agents, including natural or man-made exposures to radiation not modeled by the DBGZ. Overall, the findings call for investigation for potential risk factors related to the vicinity of NPP and for collaborative analysis of all the evidence available from multisite studies conducted in various countries.

NPP = nuclear power plants

DBGZ = dose-based geographic zoning

Conclusion.....

- Plus il y a d'études montrant **l'absence d'effet** des faibles doses de rayonnements

Conclusion.....

- Plus il y a d'études **ne montrant pas d'effet** des faibles doses de rayonnements
- Plus cela prouve :
 - Qu'en réalité probablement il y en a
 - Mais c'est juste que les études épidémiologiques ne sont pas assez excellentes

Les grandes inventions Shadok



PARAPLUIE POUR TEMPS SEC.

Merci de votre attention