

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

L'étude internationale des travailleurs du nucléaire : INWORKS

Séminaire IRSN/ANCCLI

« Radioactivité et santé : où en sommes nous ? »

Paris, 23 Mars 2018

Klervi Leuraud (klervi.leuraud@irsn.fr)

IRSN - Laboratoire d'épidémiologie

Les travailleurs de l'industrie nucléaire

Personnes pouvant être exposées dans le cadre de leur travail dans l'industrie nucléaire ou dans la recherche

- recherche
- applications militaires
- enrichissement et conversion du combustible nucléaire
- production d'énergie nucléaire



Intérêt des études de travailleurs

- Population embauchées depuis les années 40
- Effectifs importants
- Population stable, bonne qualité de suivi
- Surveillance dosimétrique **individuelle** systématique des travailleurs affectés à des travaux sous rayonnements dès les années 50 (exposition externe)
 - ➔ **Bonne capacité de quantification de la relation dose-risque pour des expositions faibles répétées de façon chronique**

La cohorte conjointe française CEA-AREVA NC-EDF



■ Critères d'inclusion

- Avoir été employé au moins un an par le CEA (1950-1994), AREVA NC (1976-1994) ou EDF (1961-1994)
- Avoir porté un dosimètre dans le cadre de la surveillance réglementaire (exposition externe, photons)

■ Exposition aux photons

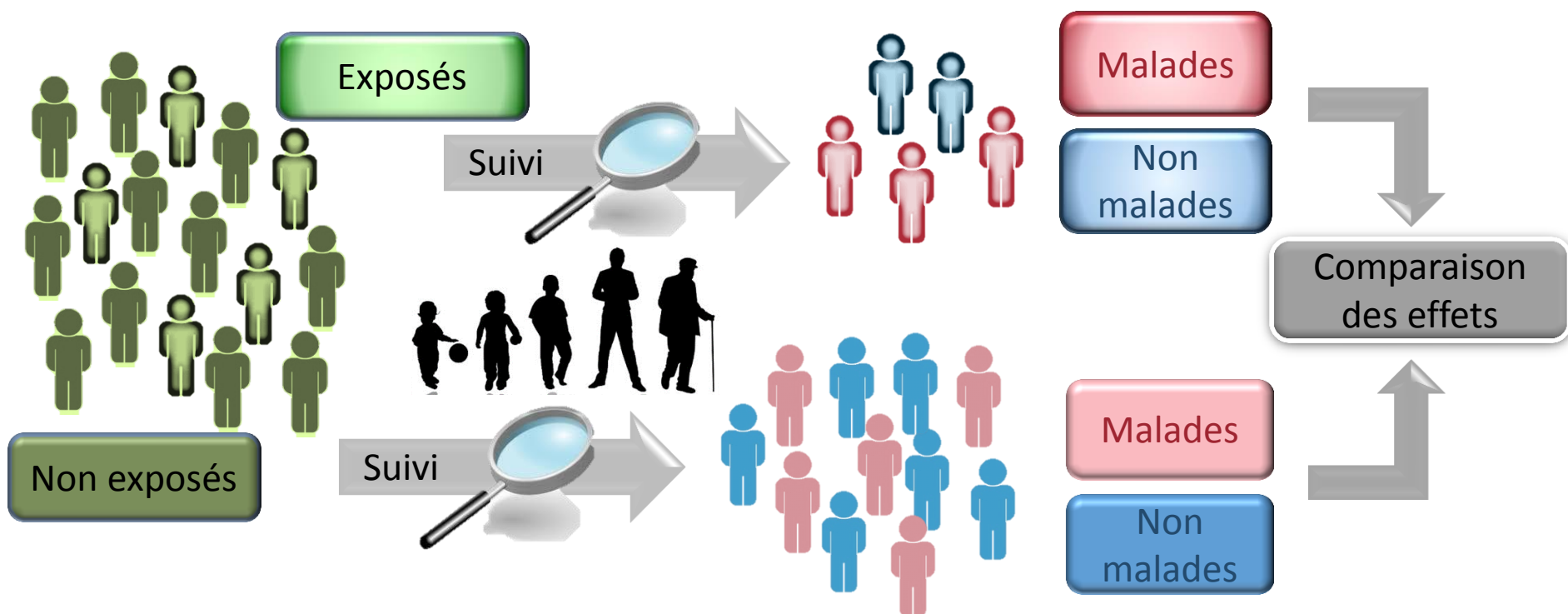
- Enregistrements dosimétriques individuels
- Reconstruction des doses annuelles et individuelles (1950 to 2004)

■ Statut vital, causes médicales de décès

- RNIPP (Insee), CépiDc (Inserm)



Le principe d'une cohorte en épidémiologie



- Suivi longitudinal d'une population (embauche → au-delà de la fin d'embauche)
- **La survenue de l'événement est-elle différente chez des individus exposés aux RI par rapport aux individus non exposés ou moins exposés ?**
- Sécurité et respect de la confidentialité des données – Agrément de la CNIL

Description de la cohorte CEA-AREVA-EDF au 31/12/2004

Période de suivi	1968-2004
Nombre de travailleurs	59 004
Nombre d'hommes	51 568 (87 %)
Nombre total de décès	6 310 (11 %)
% de perdus de vue	0.2 %
Durée moyenne de suivi (ans)	25
Age moyen en fin de suivi (ans)	56
Durée moyenne de surveillance dosimétrique (ans)	18
Nombre de travailleurs avec une dose positive	42 206 (72 %)
Dose cumulée moyenne parmi les travailleurs exposés (mSv)	22.5

L'étude INWORKS

(International Nuclear WORKers Study)

International Agency for Research on Cancer



Public Health
England



ISGlobal

INWORKS : Objectifs

Quantifier les risques de décès par cancer et maladies non cancéreuses associés à des doses faibles répétées de RI

? Quelle est la relation dose-risque entre les doses cumulées par les travailleurs du nucléaire et la mortalité par cancer solide et par leucémie

? Les relations dose-risque observées chez les travailleurs sont-elles cohérentes avec celles observées chez les survivants d'Hiroshima et Nagasaki

? Quel est l'apport de ces résultats par rapport au système de radioprotection actuel

INWORKS : Méthodes

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE



Cohorte nationale

n = 59 003



Public Health
England



Royaume-Uni NRRW

n = 147 866

National Institute for
Occupational Safety and Health
NIOSH



USA cohorte conjointe

n = 101 428

Travailleurs employés au moins 1 an et ayant porté un dosimètre individuel dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'exposition externe

- CEA civil
- AREVA NC
- EDF

- UK Atomic Energy Authority
- British Nuclear Fuels plc
- British Energy Generation and Magnox Electric Ltd
- Atomic Weapons Establishment
- Ministry of Defence

- Hanford Site
- Idaho National Laboratory
- Oak Ridge National Laboratory
- Portsmouth Naval Shipyard
- Savannah River Site



International Agency for Research on Cancer
Centre International de Recherche sur le Cancer

308 297 travailleurs

IRSN

Résultats – Caractéristiques de la cohorte INWORKS, 1943-2005

Nombre de travailleurs	308 297
Pourcentage d'hommes	87%
Durée moyenne d'emploi (années)	15
Age moyen en fin de suivi (années)	58
Durée moyenne de suivi (années)	27
Nombre total de personnes-années (million)	8,2
Statut vital	
Vivant	236 913 (76.9%)
Décédé	66 632 (21.6%)
	par cancer solide
	17 957
	par leucémie sauf leucémie lymphoïde chronique
	531
	Par maladies de l'appareil circulatoire
	27 848
Perdu de vue	4 752 (1.5%)

Résultats – Distribution des doses dans INWORKS, 1943-2005

Distribution des doses individuelles parmi les individus de la cohorte

	Dose $H_p(10)$ (mSv)	Dose au côlon (mGy)	Dose à la moelle osseuse (mGy)
Doses annuelles			
Moyenne*	1,73	1,20	1,09
Doses cumulées			
Moyenne* (min-max)	25,2 (0,0 ; 1 932,5)	17.4 (0,0 ; 1 331,7)	15.9 (0,0 ; 1 217,5)
Médiane* (IQR)	3,4 (0,4 ; 18.4)	2.3 (0,3 ; 12,8)	2.1 (0,3 ; 11,7)

IQR = interquartile range (25th percentile, 75th percentile)

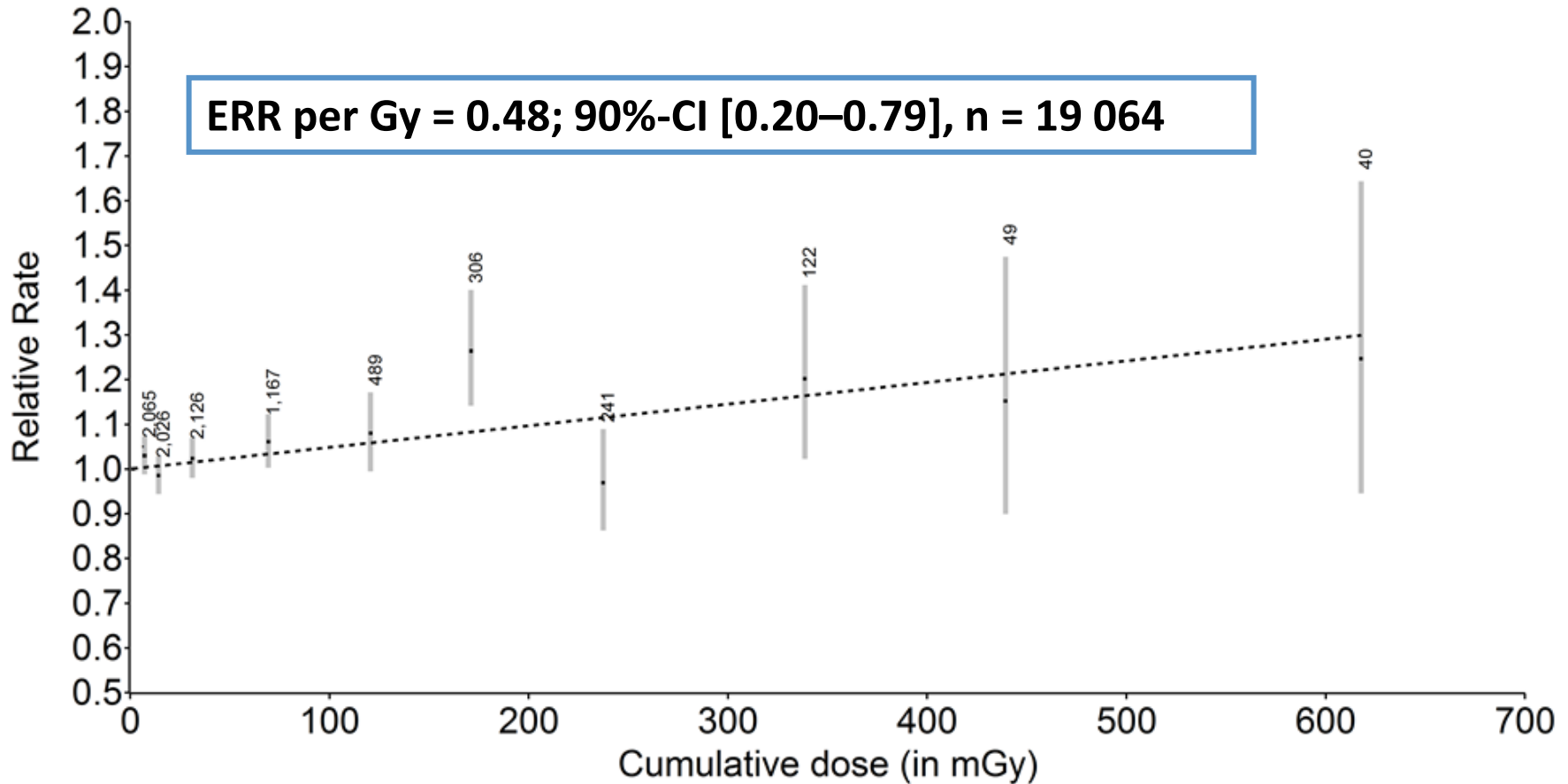
➔ Faibles doses : 94 % des individus ont cumulé moins de 100 mSv

Résultats – Risque de cancer et dose au côlon

Excès de risque relatif (ERR) par Gy : mortalité par cancer (délai de latence de 10 ans)

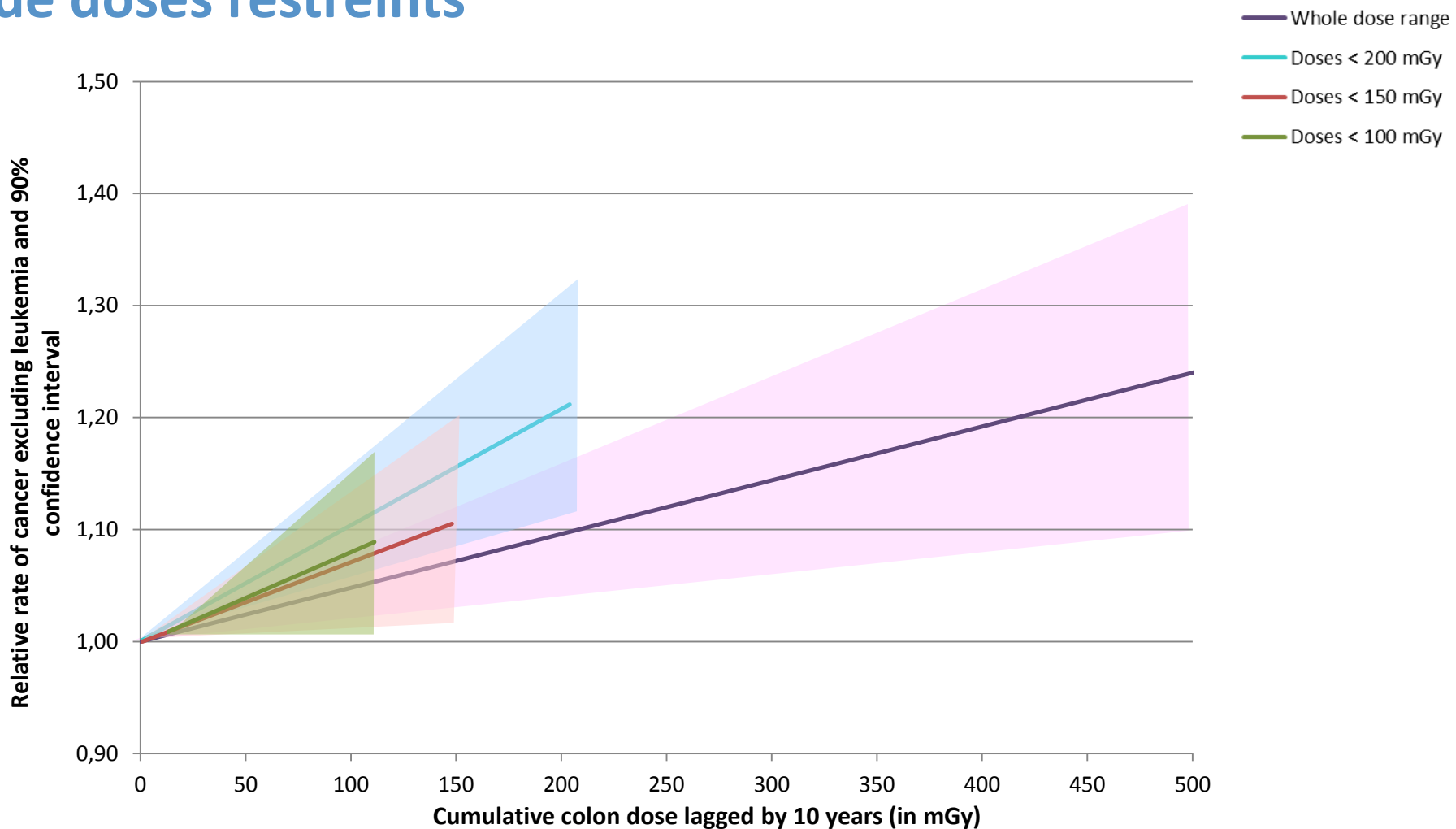
Cause de décès	Nb de décès	ERR par Gy (90%-CI)
Tous cancers	19 748	0.51 (0.23–0.82)
Tous cancers sauf leucémies	19 064	0.48 (0.20–0.79)
Cancers solides	17 957	0.47 (0.18–0.79)
Cancers solides sauf cancer du poumon	12 155	0.46 (0.11–0.85)

Risque de cancer autre que leucémie



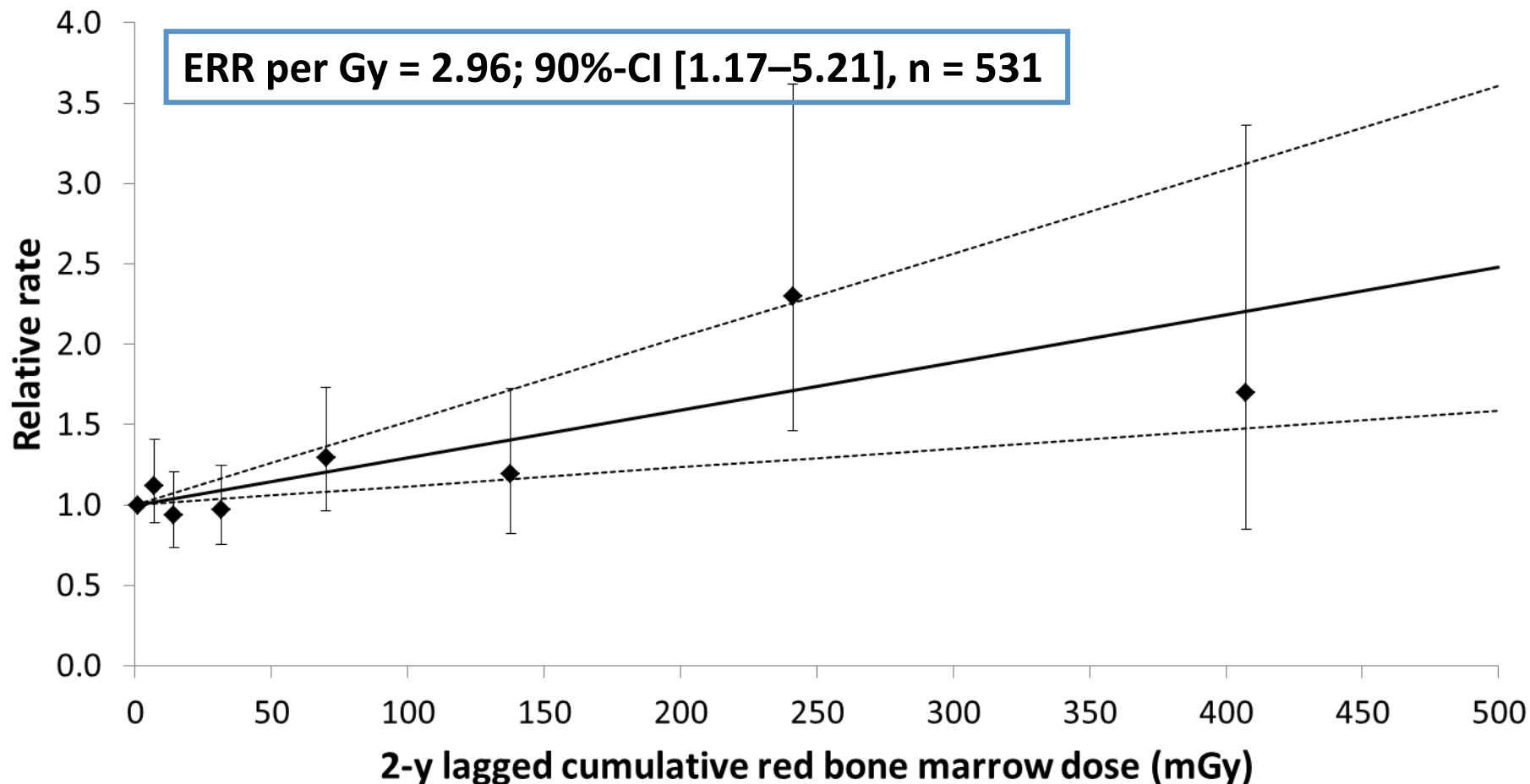
➔ Augmentation du risque relatif avec la dose cumulée

Risque de cancer autre que leucémie pour des intervalles de doses restreints



➔ Relation plus statistiquement significative en dessous de 100 mGy

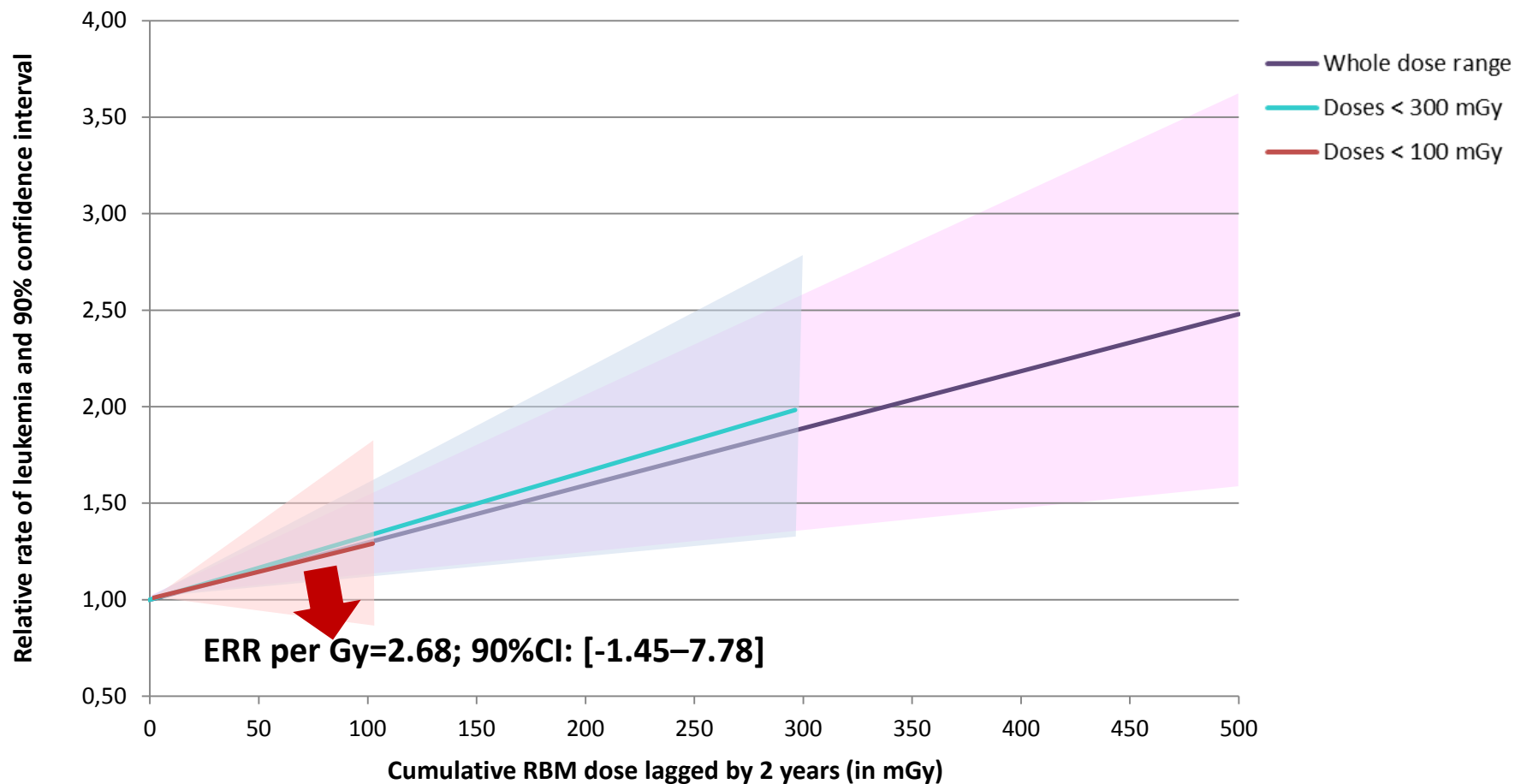
Risque de leucémie non lymphoïde chronique



➔ Augmentation du risque relatif avec la dose cumulée

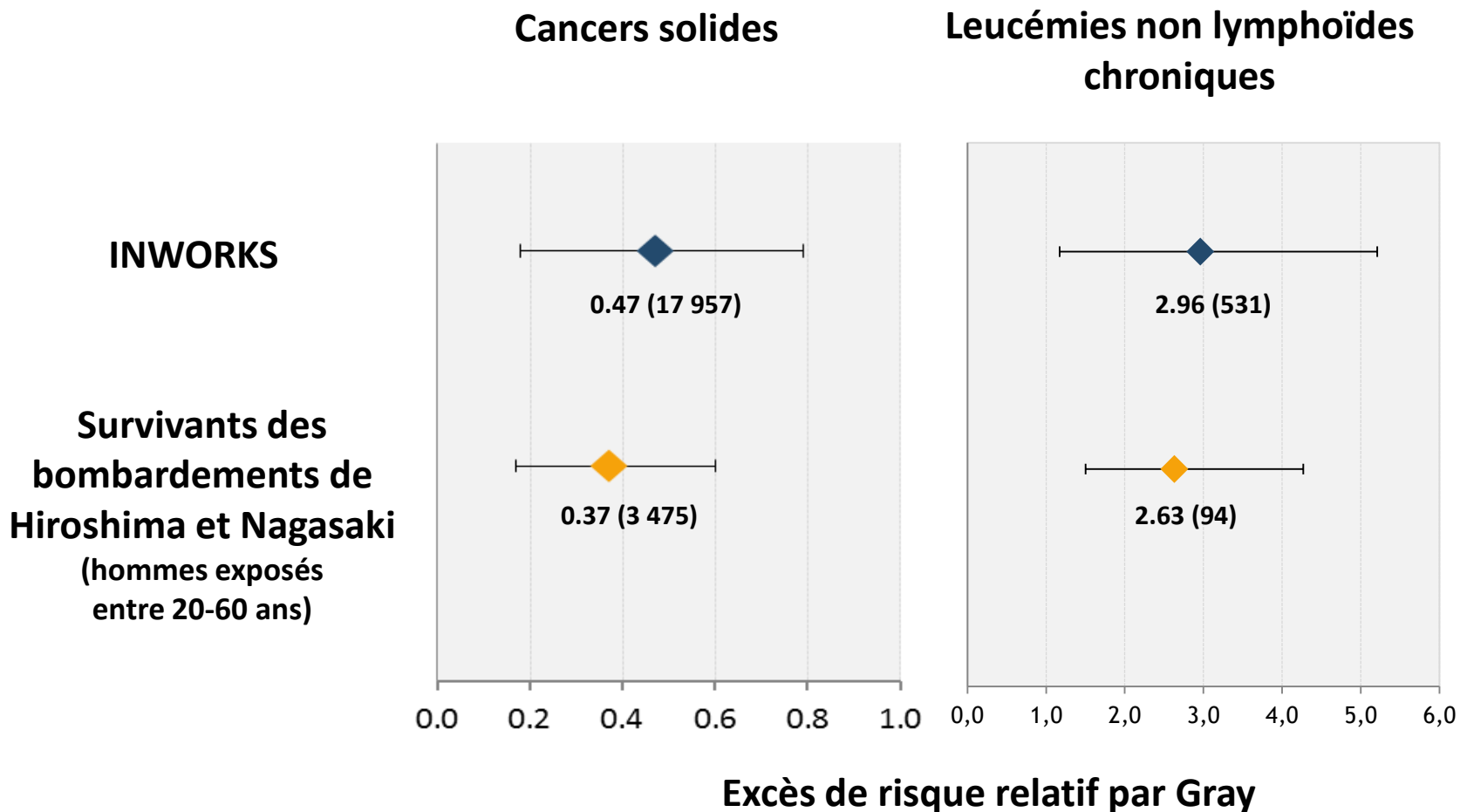
Risque de leucémie* pour des intervalles de doses restreints

* non lymphoïde chronique



➔ Relation non statistiquement significative en dessous de 300 mGy

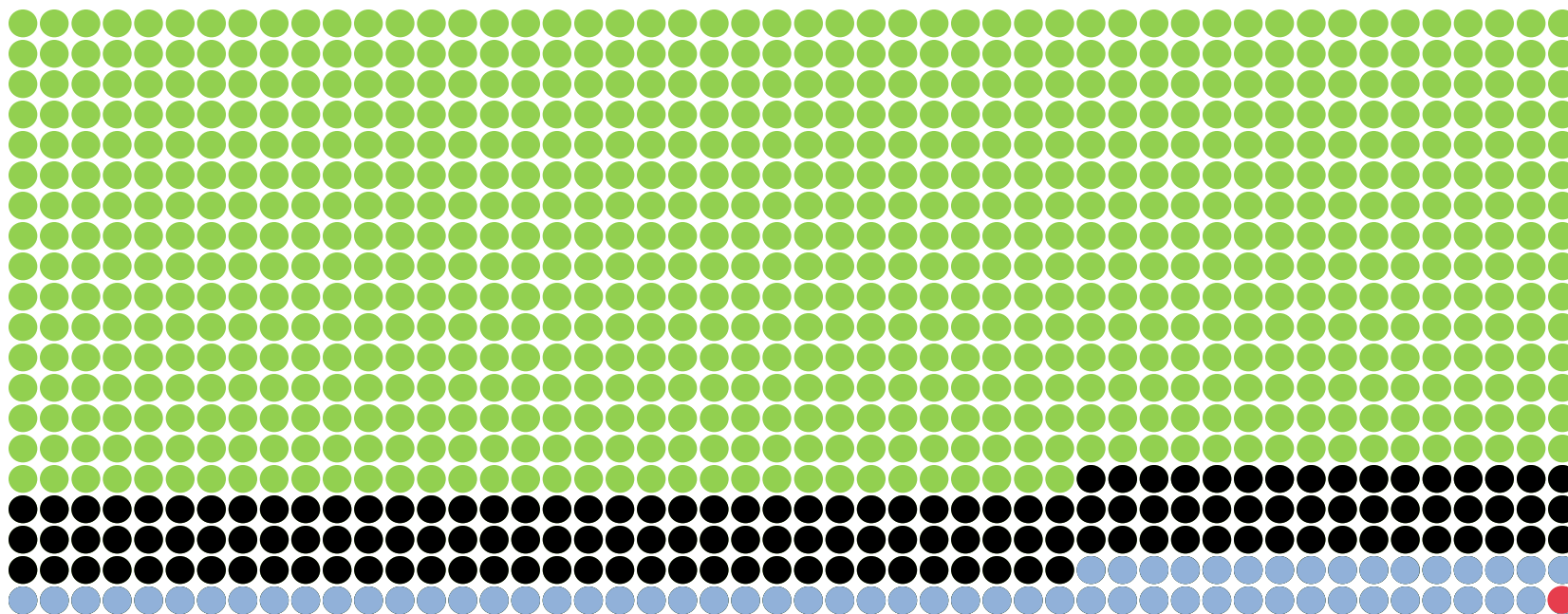
Comparaison des relations dose-risque



➔ Cohérence des coefficients de risque estimés pour les cancers

Ordres de grandeurs des risques attribuables

Sur 1000 travailleurs



216 décès

dont 64 par tous cancers

dont 1 attribuable à l'exposition aux rayonnements ionisants

(basé sur la cohorte INWORKS : 308 297 travailleurs suivis pendant 27 ans – âge à la fin du suivi 58 ans)

Discussion

- Relations dose-risque observées pour la mortalité par leucémie et par cancers solides associées à une exposition externe chronique aux rayonnements ionisants
- Relation stable (pas d'hétérogénéité entre pays, peu de variation aux analyses de sensibilité)
- Les risques attribuables dérivés sont faibles (1 % de l'ensemble des cancers observés)
- Coefficients de risque cohérents avec ceux dérivés des survivants des bombardement de Hiroshima et Nagasaki
- Résultats compatibles avec l'une des hypothèses sous-jacente au système de radioprotection actuel qui est l'extrapolation du modèle dérivé des survivants des bombardement de Hiroshima et Nagasaki vers des populations exposés de façon répétée à de faibles doses

Limites et avantages de INWORKS

Limites

- Incertitudes dosimétriques (seuil de lecture, neutron, contamination interne)
- Pas d'information sur les autres facteurs de risque (comportements, autres expositions professionnelles...)
- Données de mortalité (pas d'information sur la morbidité)
- Age de fin de suivi limité (moyenne 58 ans)

Avantages

- Protocole standardisé homogène sur les 3 pays
- Homogénéité de qualité des données
- Puissance statistique : 8,2 millions de personnes–années
- Analyses statistiques réalisées par plusieurs partenaires, différentes approches de modélisation, analyses de sensibilité multiples

Perspectives

Continuation des recherches

- Maintenir le suivi des cohortes sur le long terme
- Importance de l'implication dans des collaborations aux niveau national

Améliorer les études

- Accéder à des données d'incidence en France : développer un registre national des cancers en France, faciliter l'accès aux données du SNIIR-AM
- Elargir les cohortes à l'ensemble des travailleurs surveillés en France

Système d'Information
de la Surveillance de l'Exposition
aux Rayonnements Ionisants



Intégrer les résultats

- Rapprocher la recherche en épidémiologie et en radiobiologie : développement de l'épidémiologie moléculaire
- Faciliter l'utilisation des résultats de la recherche en support à l'expertise en radioprotection

Merci de votre attention