

The logo for IRSN, featuring the letters 'IRSN' in a bold, sans-serif font. The 'I' and 'R' are red, while the 'S' and 'N' are blue.

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# INWORKS

## L'Etude Internationale des Travailleurs du Nucléaire

K Leuraud, DB Richardson, E Cardis, RD Daniels,  
M Gillies, JA O'Hagan, GB Hamra, R Haylock, D  
Laurier, M Moissonnier, M Schubauer-Berigan, I  
Thierry-Chef, A Kesminiene

**SFRP**  
**CONGRES NATIONAL DE RADIOPROTECTION**  
**Reims, 16-18 Juin 2015**

## Contexte

- L'élaboration des normes de radioprotection pour le public et les travailleurs est aujourd'hui encore principalement basée sur les résultats du suivi épidémiologique des survivants des bombardement d'Hiroshima et de Nagasaki
- Ces résultats ont montré un excès de leucémies et de cancers solides associés à l'exposition aux rayonnements ionisants (RI)
- Cependant, le type d'exposition dans la cohorte des survivants, *i.e. une exposition aiguë à fort débit de dose*, n'est pas représentative des expositions reçues par le public ou les travailleurs, *i.e. des expositions chroniques ou répétées à faible débit de dose*
- Il existe encore aujourd'hui un manque de précision dans l'estimation des risques sanitaires radio-induits pour des expositions chroniques à faibles doses et faibles débits de dose

## Contexte

- Dans les années 2000, l'étude internationale 15-pays a assemblé les données sur le suivi de plus de 400 000 « travailleurs du nucléaire » (*Cardis et al., BMJ, 2005*)
  - excès significatif de cancer associé à la dose de RI
  - mais peu de puissance car durée de suivi courte et travailleurs encore jeunes en fin de suivi
- Dès 2010, discussions pour la mise en place d'une nouvelle étude coordonnée par le CIRC avec un nombre restreint de partenaires : France, USA, UK
  - ces trois cohortes contribuaient pour 67 % au nombre de décès par cancer solide et leucémies dans l'étude 15-pays
  - cohortes élargies et suivis étendus récemment
- En France, constitution de la cohorte nationale des travailleurs CEA-AREVA-EDF
  - travail de plus de 20 ans en collaboration avec les 3 opérateurs
  - cohorte de plus de 59 000 travailleurs avec dosimétrie individuelle
  - première analyse conjointe publiée en 2013 (*Metz et al, OEM, 2013*)

# Projet INWORKS

- **Objectif de INWORKS** : quantifier les risques radio-induits (cancer et non-cancer) associés à une exposition externe répétée à de faibles doses de rayonnants ionisants
- **Approche** : analyse conjointe de mortalité au sein de 3 cohortes de travailleurs
- **Consortium**
  - Coordination : CIRC
  - Production de données et analyse : IRSN, NIOSH, PHE
  - Expertise : Univ North Carolina, CREAL
- **Protocole établi en 2011**
- **Fonctionnement**
  - Base de données conjointe hébergée au CIRC
  - Contribution à l'analyse de tous les partenaires

# Méthodologie

- **Protocole standardisé** (critères d'inclusion, SES...)
- **Dosimétrie**
  - Caractérisation des incertitudes (types de dosimètres, périodes...)
  - Méthodologie de calcul des doses identique dans les 3 cohortes
  - Doses équivalentes individuelles Hp(10)
  - Doses à l'organe individuelles : côlon, moelle osseuse, sein (femme)...
  - Flag des travailleurs exposés aux neutrons
  - Flag des travailleurs avec contamination interne
- **Analyses du risque radio-induit associé à la dose**
  - Cancers solides, tumeurs hématopoiétiques (leucémies, myélome multiple...), pathologies non cancéreuses (pathologies circulatoires)
  - Approche statistique élaborée (différents modèles de régression, analyses de sensibilité...)

# Population étudiée



**Cohorte nationale**

n = 59 003



**UK NRRW**

n = 147 866



**US combinée\***

n = 101 428

Travailleurs embauchés au moins un an et surveillés pour une exposition externe aux rayonnements ionisants (dosimètres)

- 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**

## Description de la population d'étude

Caractéristiques	INWORKS
Nombre de travailleurs	308 297
Durée moyenne d'emploi (ans)	15
Age moyen en fin de suivie (ans)	58
Durée moyenne de suivi (ans)	27
Nombre total de personnes-années (million)	8,2
Nombre de décès	66 632
par cancer solide	17 957
par leucémie sauf LLC	531
par pathologie circulatoire	27 848

# Reconstitution des doses externes

RADIATION RESEARCH **183**, 000–000 (2015)  
0033-7587/15 \$15.00  
©2015 by Radiation Research Society.  
All rights of reproduction in any form reserved.  
DOI: 10.1667/RR14006.1

## Dose Estimation for a Study of Nuclear Workers in France, the United Kingdom and the United States of America: Methods for the International Nuclear Workers Study (INWORKS)

I. Thierry-Chef,<sup>a,1</sup> D. B. Richardson,<sup>b</sup> R. D. Daniels,<sup>c</sup> M. Gillies,<sup>d</sup> G. B. Hamra,<sup>e</sup> R. Haylock,<sup>f</sup> A. Kesminiene,<sup>a</sup>  
D. Laurier,<sup>g</sup> K. Leuraud,<sup>g</sup> M. Moissonnier,<sup>a</sup> J. O'Hagan,<sup>f</sup> M. K. Schubauer-Berigan<sup>c</sup>  
and E. Cardis<sup>b,i,j</sup> on Behalf of the INWORKS Consortium

### Dosimétrie

#### Dose Hp(10) individuelle (mSv)

Cumulée moyenne (SD)	25,2	(67,8)
Cumulée médiane (IQR)	3,4	(0,4-18,4)
Annuelle moyenne	1,7	

	< 50 mSv	< 100 mSv	< 200 mSv	< 300 mSv
%	88 %	94 %	98 %	99 %

Dose collective = 7 367 h.Sv

## Comparaison avec l'étude 15-pays

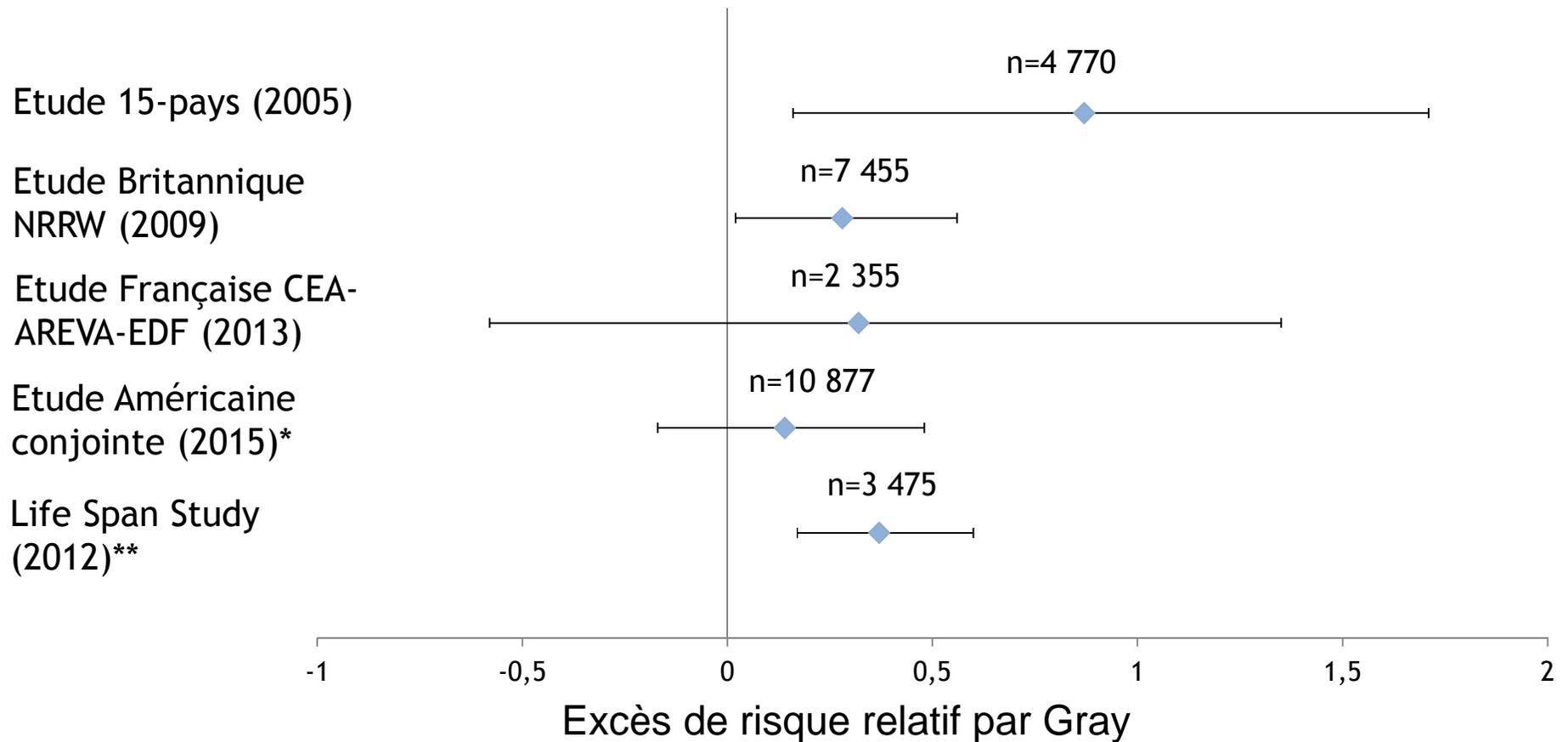
Caractéristiques	15-country study		INWORKS
Nombre de travailleurs (pour relation dose-risque)	407,391 (≈295 000)		308 297
Durée moyenne d'emploi (ans)	11		15
Age moyen en fin de suivie (ans)	46		58
Durée moyenne de suivi (ans)	13	<u>x 2.1</u> →	27
Nombre total de personnes-années (million)	5,2		8,2
Dose cumulée moyenne corps entier (mSv)	19		25
Nombre de décès	24 158	<u>x 2.8</u> →	66 632
par cancer solide	4 770	<u>x 3.8</u> →	17 957
par leucémie sauf LLC	196	<u>x 2.7</u> →	531
par pathologie circulatoire	8 412	<u>x 3.3</u> →	27 848



Données de qualité plus homogène  
Meilleure puissance statistique  
Durée de suivi plus longue

# Résultats antérieurs

## Cancers solides

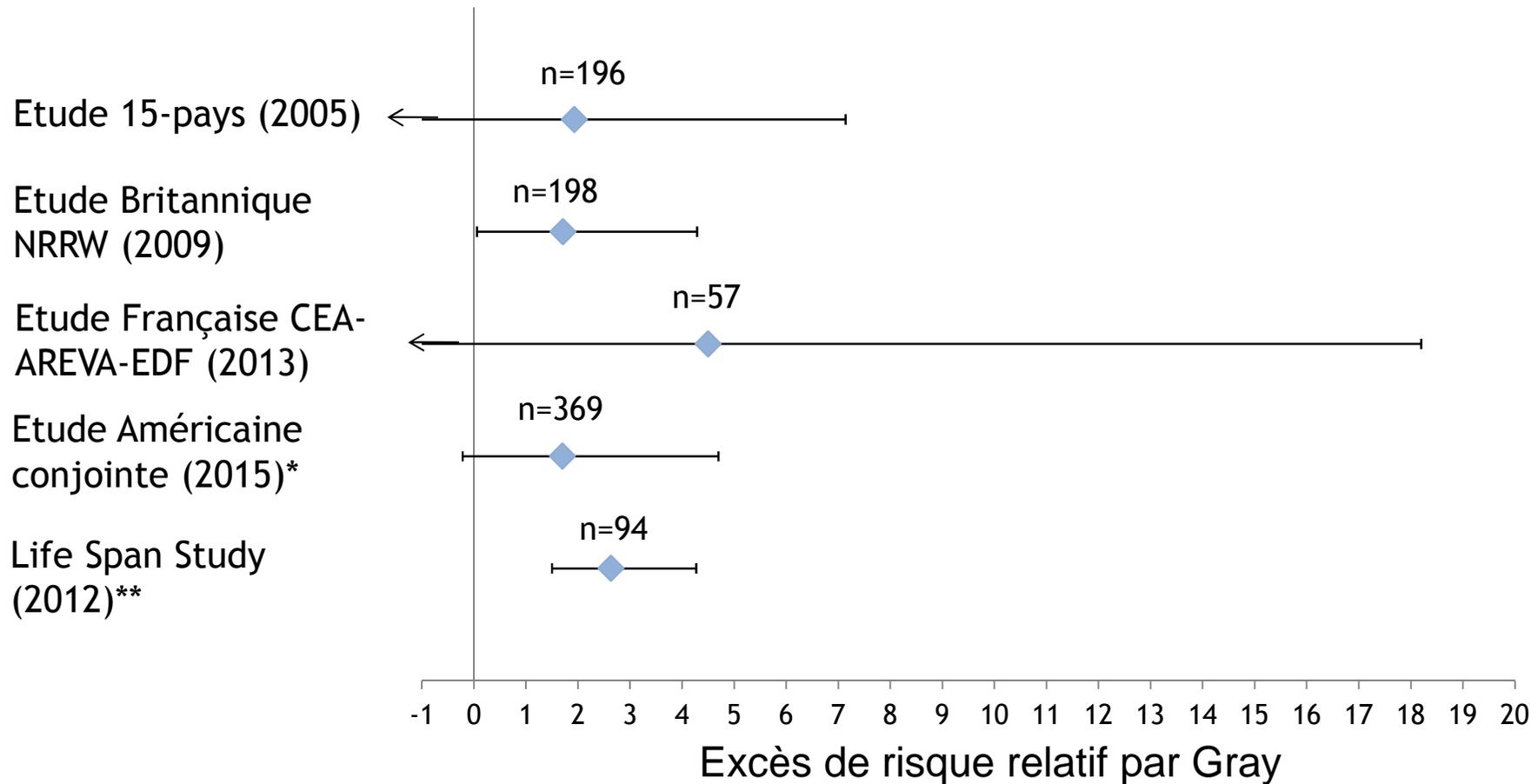


\* IC95%

\*\* calculated at IRSN using the Hiroshima and Nagasaki A-bomb survivors data restricted to men exposed between 20 and 60 years of age using an ERR stratified for attained age, calendar period and city.

# Résultats antérieurs

## Leucémie non lymphoïde chronique



\* IC95%

\*\* calculated at IRSN using the Hiroshima and Nagasaki A-bomb survivors data restricted to men exposed between 20 and 60 years of age using an ERR stratified for attained age, calendar period and city.

# Limites et forces de INWORKS

## Limites

- Mortalité
- Pas d'information sur les autres sources d'exposition aux RI
- Pas d'information sur les autres facteurs de risque

## Etude présentant la meilleure capacité à quantifier la forme de la relation dose-risque aux faibles doses chroniques jamais réalisée

- Qualité des données
- Puissance statistique
- Protocole standardisé homogène sur les 3 pays

## Quantification des risques

- Analyses statistiques réalisées par plusieurs partenaires
- Différentes approches de modélisation
- Analyses de sensibilité multiples
- Prise en compte des facteurs modifiant la relation dose-risque

## N'aurait pas été possible sans un travail de constitution des cohortes depuis plus de 25 ans, et la collaboration des exploitants nucléaires

## Publications en cours

- I. Thierry-Chef et al. Dose estimation for a study of nuclear workers in France, the United Kingdom and the United States of America: methods for the International Nuclear Workers Study (INWORKS). *Radiat. Res.* Publié online 29/5/15.
- K. Leuraud et al. Ionizing Radiation and Leukaemia and Lymphoma: Findings from an international cohort study of radiation-monitored workers (INWORKS). *The Lancet Haematol.* Sous presse.
- G.B. Hamra et al. Cohort Profile: The International Nuclear Workers Study (INWORKS). *Int. J. Epidemiol.* Accepté.
- D.B. Richardson et al. Solid cancer risk among Nuclear Workers in France, the United Kingdom, and the United States: The INWORKS Project. Soumis.
- RD Daniels et al. Examining temporal effects on cancer risk among nuclear workers in France, the United Kingdom, and the United States of America. Prêt à soumettre.

# Partenaires



David B Richardson

## International Agency for Research on Cancer



Ausrele Kesminiene  
Monika Moissonnier  
Isabelle Thierry-Chef  
Ghassan B Hamra



Elisabeth Cardis



Public Health  
England

Richard Haylock  
Jacqueline A O'Hagan  
Michael Gillies



Mary Schubauer-Berigan  
Robert D Daniels



Dominique Laurier  
Klervi Leuraud