

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

*Faire avancer la sûreté nucléaire*

# *Etat des connaissances des effets sur l'homme*

Marie-Odile Bernier

PRP-HOM/ laboratoire d'Epidémiologie

Séminaire Environnement / Santé

Quelle surveillance dans les territoires par les différents  
acteurs ? 14 et 15 novembre 2012

# Effets des rayonnements ionisants

## Effets Déterministes

- gravité en fonction de la dose
- fortes doses ( $> 1$  Gy)
- effets précoces, spécifiques
- modèle avec seuil

Médecine  
d'urgence

## Effets Stochastiques

- fréquence en fonction de la dose
- faibles et moyennes doses
- effets tardifs, non spécifiques

Épidémiologie

## *Populations faisant l'objet d'études épidémiologiques*

- **Hiroshima et Nagasaki**
- **Irradiations médicales**
  - Thérapeutiques (cancers, cardiologie, autres ...)
  - Diagnostiques (adultes, enfants, femmes enceintes)
- **Expositions professionnelles**
  - Médicales
  - Industrie nucléaire
  - Mines d'uranium
  - Divers (peintres radium, personnel navigant...)
- **Environnement**
  - Naturel : radon, zones à forte irradiation naturelle
  - Sites nucléaires
  - Retombées d'essais atmosphériques
  - Accident de Tchernobyl

# Etude des survivants des bombardements de Hiroshima et Nagasaki

## Hiroshima

300 000 habitants  
06/08/45 - 15 kt  
90-120 000 décès

## Nagasaki

330 000 habitants  
09/08/45 - 21 kt  
60-80 000 décès

les 2 sexes - tous les ages (+ *in utero*) - débit de dose élevé

## La Life Span Cohort Study

- Suivi de 1950 à 2000
- Etude de mortalité + incidence
- 86 600 individus avec dose reconstituée
- 47 685 décès (55%)

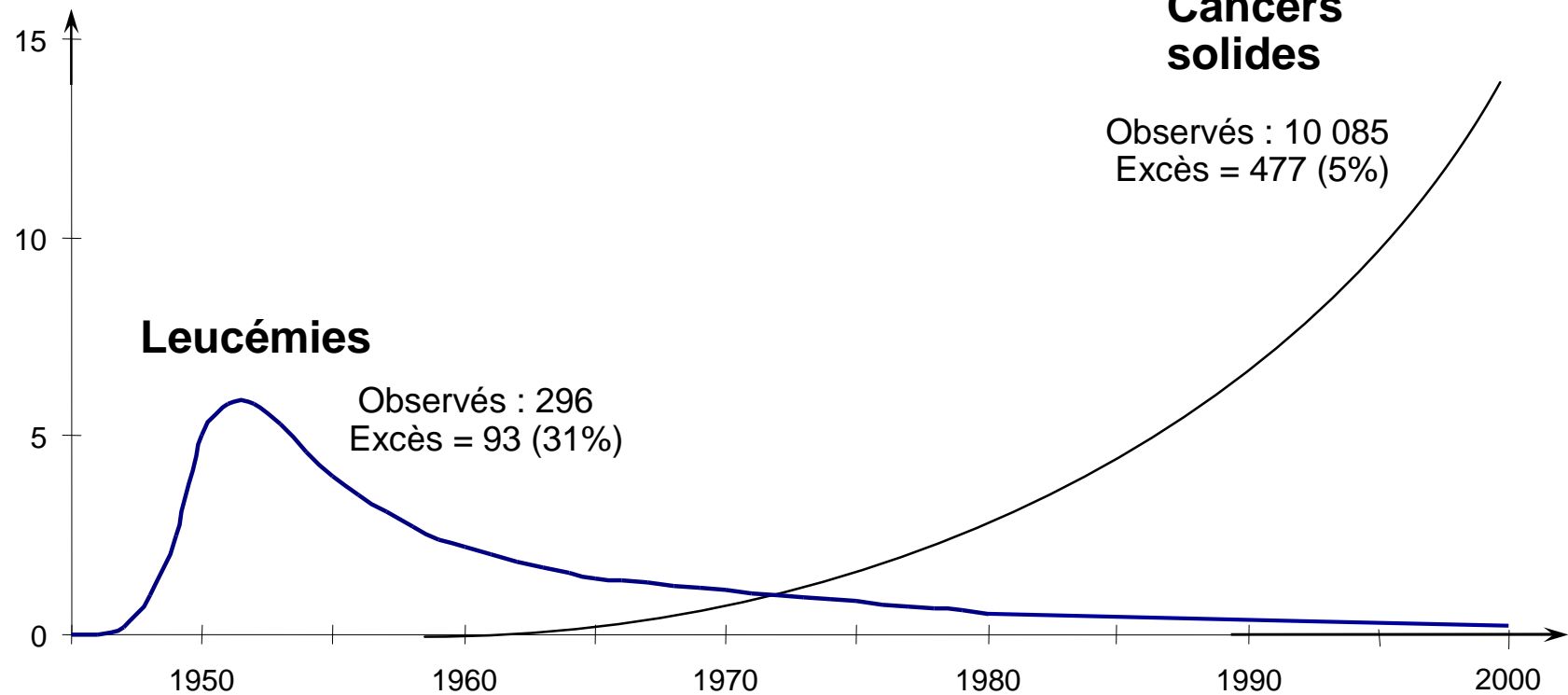


cancers radio-induits  
estimation des relations dose-réponse  
période de latence entre l'exposition et l'apparition du risque  
effet de l'âge à l'exposition

Suivi jusqu'en 2000 (Preston *et al.* Radiat Res 2004)

## Excès de risque

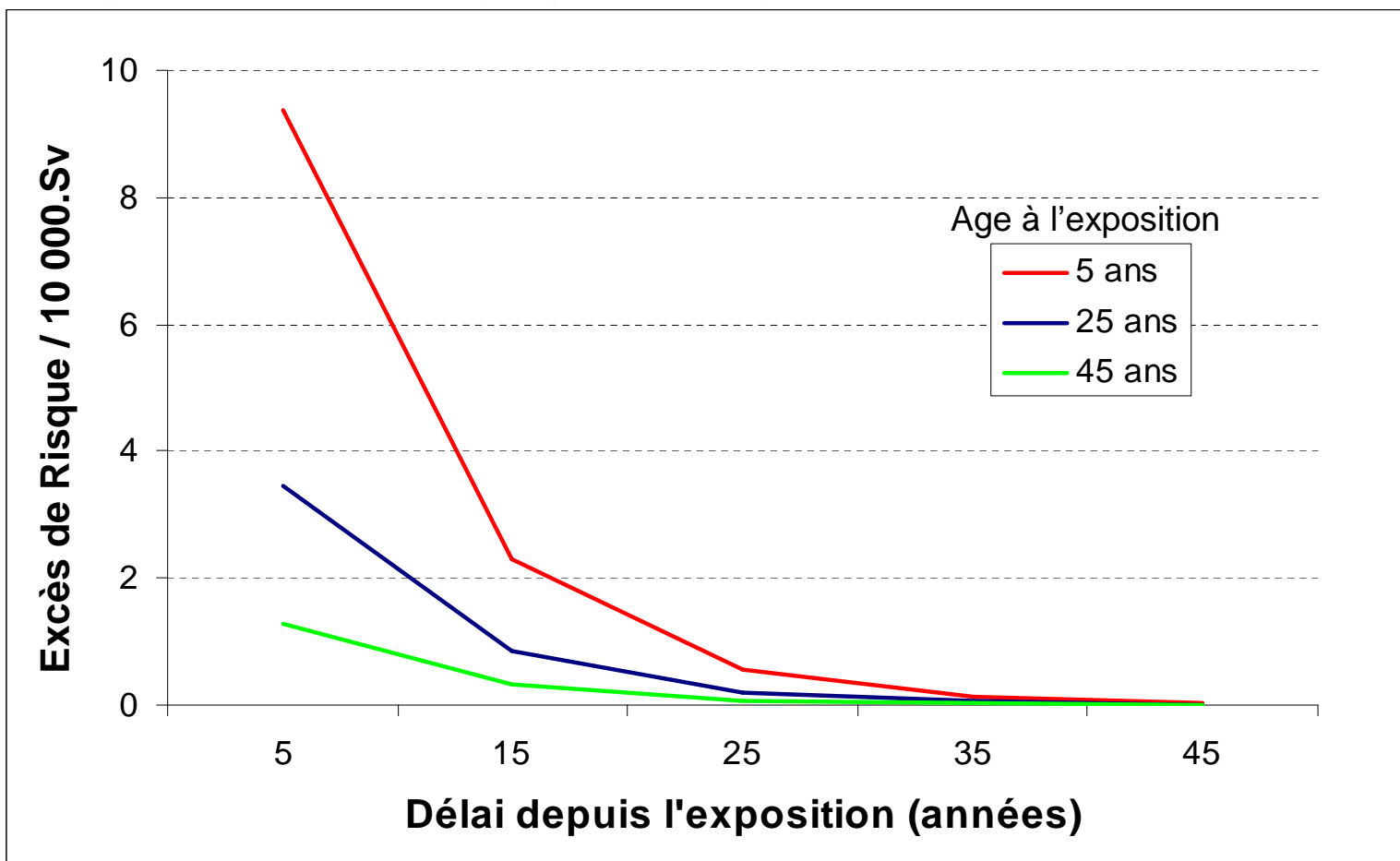
/10 000



mortalité 1950-2000, Preston 2004

# Effet de l'âge à l'exposition et du délai depuis l'exposition

## Risque de leucémie lymphoïde aiguë



(Life Span Study, d'après Preston et al 1994)

# Epidémiologie des rayonnements ionisants : résultats acquis

## Leucémie et cancers

- Risque radio-induit démontré (leucémies, cancer du sein, du poumon, de la thyroïde...)
- Augmentation du risque de cancers solides et de leucémies avec la dose
- Latence de quelques années (leucémies) à plusieurs dizaines d'années (cancers solides)
- Risque par unité de dose diminue avec l'âge à l'exposition
- Risque par unité de dose diminue avec l'âge atteint pour les leucémies
  
- Pas d'évidence d'un seuil mais pas d'effet démontré en dessous de 100 mSv
- Risque de cancer de l'enfant associé à une exposition *in utero* à partir de 10 mSv

# Epidémiologie des rayonnements ionisants : résultats acquis

## Non cancer

- Retards mentaux et malformations congénitales associés à des expositions *in utero*
- Augmentation de la mortalité non cancer, notamment cardiovasculaire à confirmer
- apparition de cataractes pour des doses  $< 1$  Gy
- Aucune observation d'effets héréditaires chez l'homme



- **Exposition au scanner** : Etude de Pearce (Lancet, 2012)
  - Cohorte britannique de 176 000 enfants exposés au scanner entre 1985 et 2002
  - Suivi moyen 7-10 ans
  - ERR leucémie /mGy : 0.036 (0.005-0.12)
  - ERR tumeur cérébrale/ mGy :0.023 (0.010-0.049)
  - Risque leucémie multiplié par 3 pour les enfants exposés à 30 mGy ou plus à la moelle (5 à 10 scanners du crâne selon l'âge à l'exposition)
  - Risque de tumeur intracérébrale multiplié par 3 pour exposition du cerveau à 50 mGy ou plus (2-3 scanners du crâne)

# Leucémies infantiles et faibles doses

## Cohorte enfant scanner

Enfants avec 1 ou + scanners  
avant l'âge de 10 ans

90 000 enfants, 20 CHUs

Période d'inclusion : 2000-2012

Registres pédiatriques hémopathies malignes et tumeurs solides



Cohorte européenne sur les expositions aux scanners durant l'enfance

Projet PCRD7 2011-2015

Coordonné par le Centre International de Recherche sur le Cancer

19 équipes issues de 11 pays

Cohortes d'enfants ayant eu des scanners - suivre plus de 1 million d'enfants

## *Pourquoi les études autour des sites nucléaires portent-elles principalement sur les leucémies de l'enfant ?*

**Les rayonnements ionisants sont un facteur de risque de leucémies avéré**  
effet radio-induit retrouvé dans de nombreuses études épidémiologiques à doses élevées (expositions médicales, survivants des bombardements de Hiroshima et Nagasaki..)

**L'association est forte entre la dose et l'augmentation du risque de leucémies**  
coefficient de relation dose-réponse environ 10 fois plus élevé que celui obtenu pour les « cancers solides »

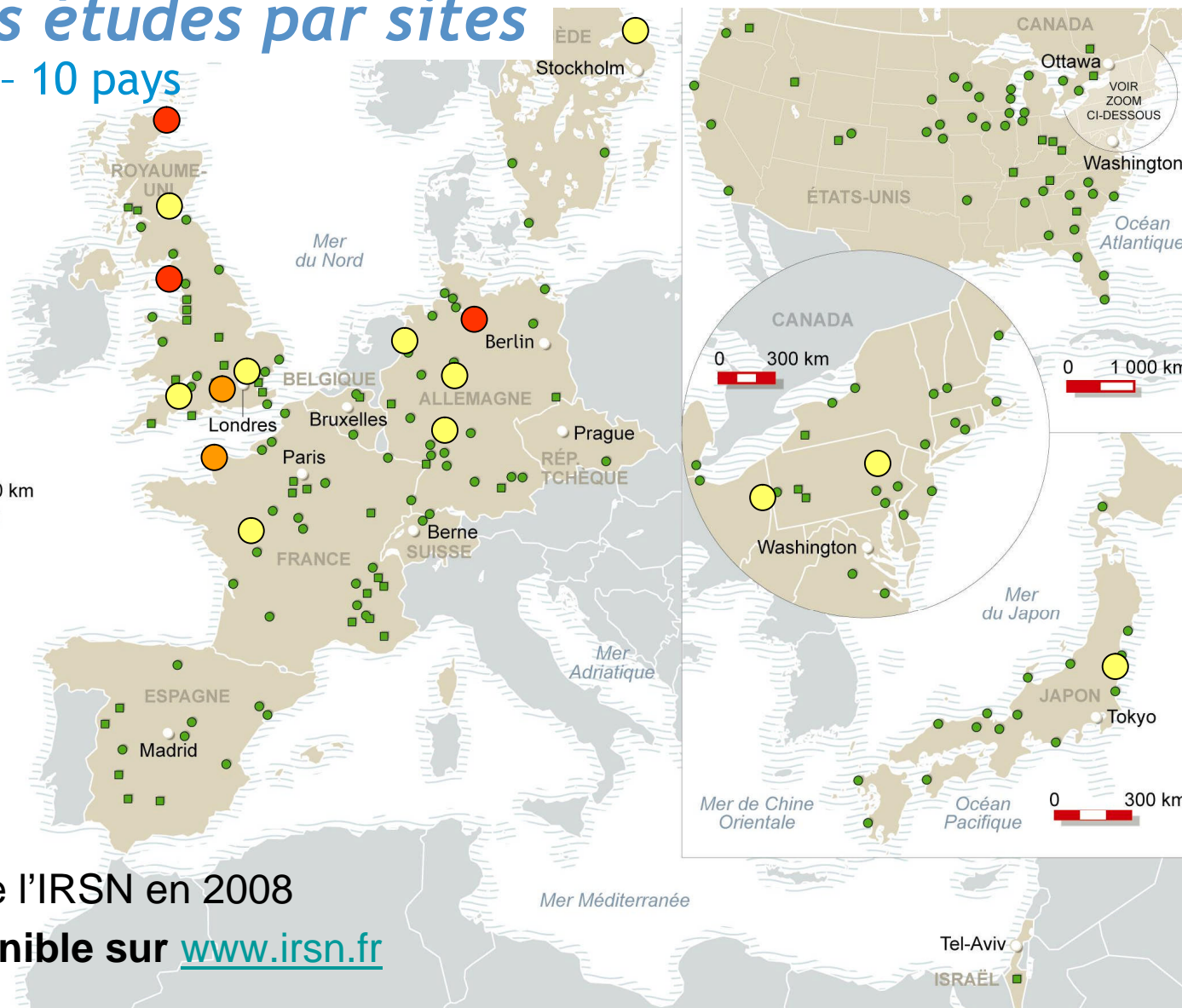
**Le délai est court entre l'exposition et l'augmentation du risque de leucémies**  
délai de latence de l'ordre de 2 ans alors qu'il est de 10 ans voire plus pour les « cancers solides »

**L'association est plus forte chez les enfants**

pour une même dose reçue, l'augmentation du risque est plus élevée si l'exposition survient durant l'enfance qu'à l'âge adulte

# Revue des études par sites

198 sites - 10 pays



Revue critique de l'IRSN en 2008

Rapport disponible sur [www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

3 agrégats confirmés : Sellafield, Dounreay (UK), Kruemmel (Allemagne)

- Etudes locales autour de La Hague (Dousset 1989, Viel 1990, 1993, 1995)
- Etudes de mortalité (Hill 1992, Hattchouel 1995)
- Etudes locales autour de Marcoule (de Vathaire 1997, Bouges 1998)

## Collaboration Inserm-IRSN

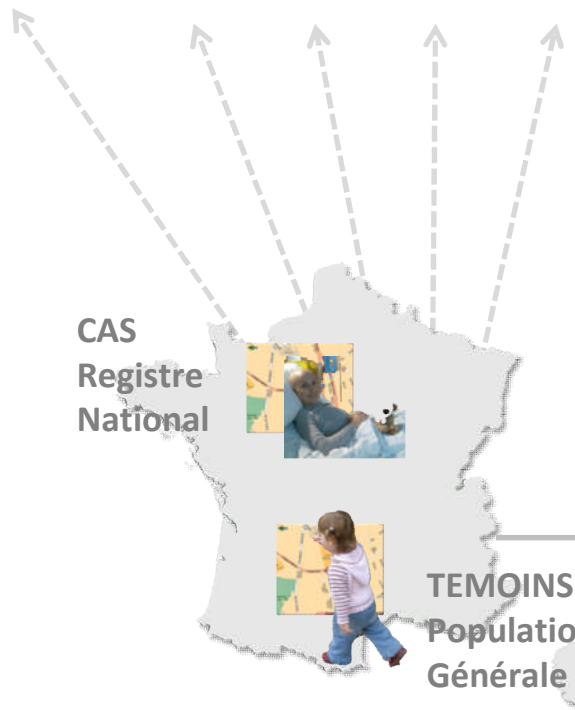


- White-Koning M, Hémon D, Laurier D, Tirmarche M, Jougla E, Goubin A, Clavel C. Incidence of childhood leukæmia in the vicinity of nuclear sites in France, 1990-1998. Br J Cancer, 2004, 91(5): 916-922.
- Evrard AS, Hémon D, Morin A, Laurier D, Tirmarche M, Backe JC, Chartier M, Clavel J. Childhood Leukæmia Incidence around French Nuclear Installations using a Geographic Zoning based on Gaseous Release Dose Estimates. Br J Cancer 2006; 94: 1342-1347.
- White-Koning M, Hémon D, Laurier D, Tirmarche M, Jougla E, Goubin A, Clavel C. Incidence des leucémies de l'enfant aux alentours des sites nucléaires français entre 1990 et 1998. Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire 2006; 4: 31-32.
- Laurier D, Hémon D, Clavel J. Childhood leukæmia incidence below the age of 5 years near French nuclear power plants. J Radiol Protect 2008; 28:401-403.

# Recherches au niveau national

## GEOCAP

Information géographique

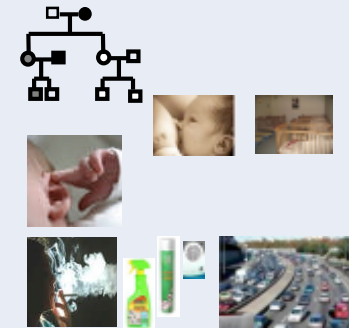


## Etudes cas-témoins

Interviews et ADN

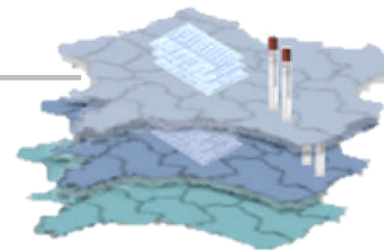
### Interviews

Antécédents  
Mode de vie  
Infections  
Environnement



### ADN

Facteurs génétiques  
Interactions gène-environnement



## *Conclusions et perspectives*

- Effets cancer et non cancer surtout mis en évidence au dessus de 100 mSv
- Effet en dessous de 100 mSv retrouvé dans certaines études épidémiologiques (Pearce, 2012)
- Nécessité de poursuivre les études sur différentes populations
  - milieu médical
  - autour des sites nucléaires
  - Sur des populations sensibles : enfants