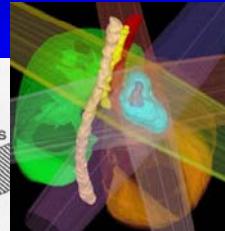
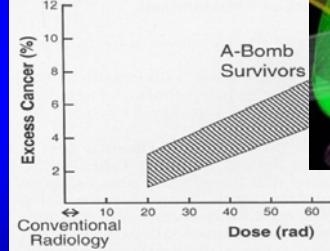


Risques et Irradiations médicales



Pr Philippe Giraud

Service d'Oncologie Radiothérapie, Hôpital Européen Georges Pompidou, 75015 Paris

Risques et Irradiations

Types d'irradiation en gastroentérologie

- **Radiologie : 50 et 200 keV**

- ✓ Abdomen sans préparation
- ✓ Lavement baryté
- ✓ Transit OGD...
- ✓ Examen sous Scopie
- ✓ Tomodensitométrie

- **Radiothérapie : > 1 MeV (1-25 MV)**



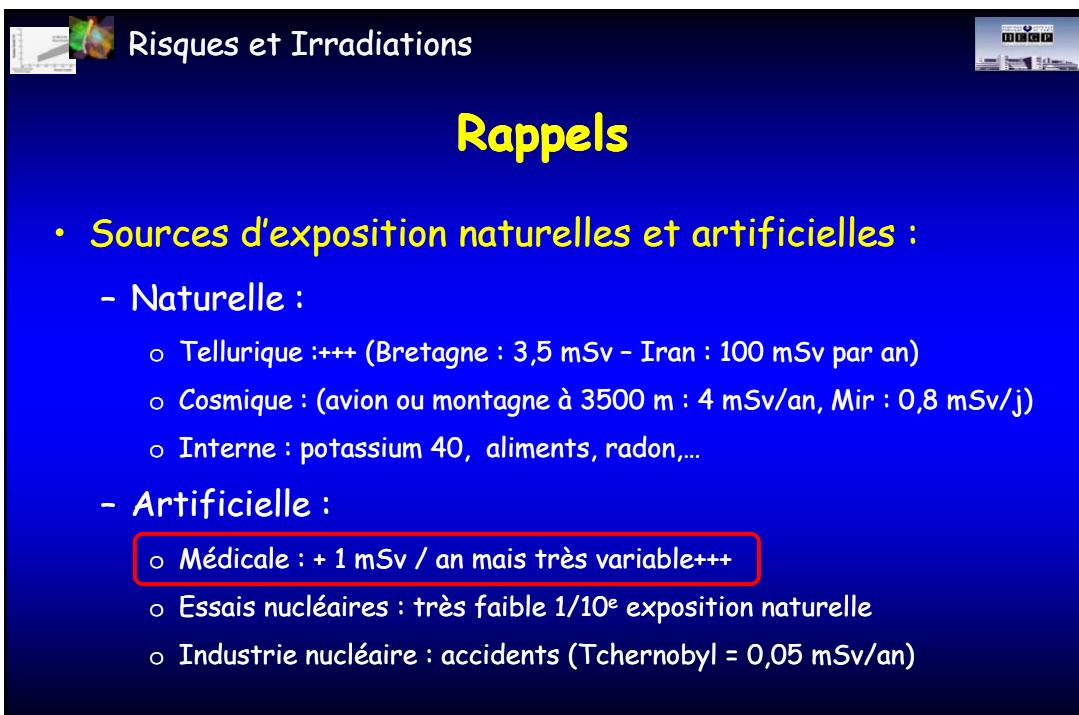
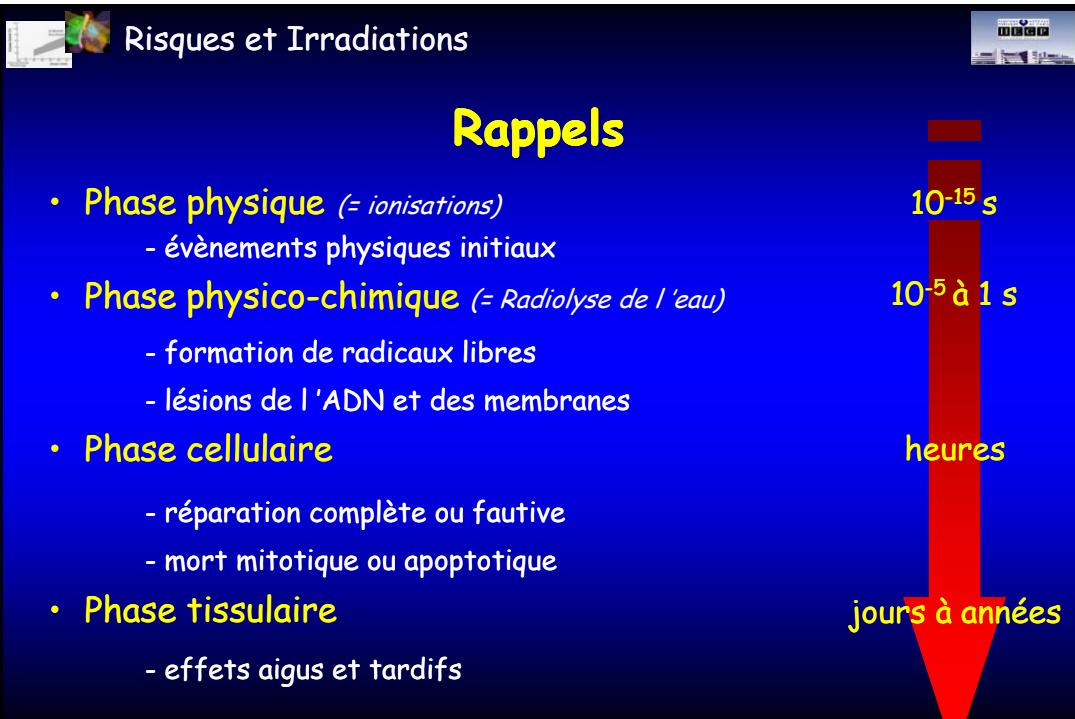
Rappels

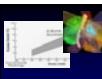
- **Les radiations ionisantes** : capables de créer des ionisations par « arrachement » d'électrons aux atomes des molécules qu'elles traversent.
 - **En première approximation; une seule cible : l'ADN des chromosomes**
 - Peut être lésé directement (rare)
 - Peut aussi être atteint par lésions indirectes (par l'intermédiaire des radicaux libres créés par l'ionisation des molécules d'eau)
- GRAY : 1 Gy = 1 joule.kg⁻¹. Unité de dose absorbée
- SIEVERT : 1 Sv ≈ 1 Gy. Unité de dose absorbée dans l'organisme



Rappels

- Devenir des lésions de l'ADN radio-induites :
 - Réparation complète
 - Réparation fautive, mutation, cancérogénèse ?
 - Pas de réparation :
 - mort cellulaire à la mitose suivante (mort dite « mitotique » retardée)
 - mort cellulaire radio-induite : **L'Apoptose** (mort « programmée », phénomène « actif » de suicide cellulaire)

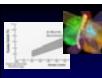


 Risques et Irradiations 

Rappels

- Expositions médicales :

Nature de l'exposition	Ordre de grandeur de la dose	Pourcentage de la population	Effectif	Dose totale pour la population concernée (mSv)
Aucune dose	0 mSv	0,75	45 000 000	0
Radiologie légère	1 mSv	0,2	12 000 000	12 000 000
Radiologie lourde	10 mSv	0,05	3 000 000	30 000 000
Radiothérapie	200 mSv	0,0017	102 000	20 400 000

 Risques et Irradiations 

Quels sont les risques ?

- Les effets déterministes :
 - ✓ "Dose-seuil" (variable selon les tissus)
 - ✓ D'autant plus sévères que la dose est élevée
 - ✓ Fonction de la dose, du tissu et du volume irradié
- Les effets stochastiques :
 - ✓ Probabilistes, aléatoires
 - ✓ Probabilité d'apparition augmente avec la dose
 - ✓ Pas de dose-seuil



Les Effets Déterministes

- Caractérisés par un seuil :
 - Pas d'effet au-dessous du seuil
 - L'effet apparaît au niveau du seuil
 - La sévérité augmente alors avec la dose
- Précoces ou tardifs (limite 6 mois)
- Prédiction individuelle possible
- Radiothérapie ou examens sous scopie



Les Effets Déterministes

• Dose-Seuil :

Doses maximales tolérées
(Doses létale 50, fractionnement classique sauf *)

Irradiation corps entier*	4.5 Gy (fraction unique) 15-20 Gy (fraction classique)
Peau	4-5 Gy
Epilation	6-12 Gy
Erythème	20 Gy
Poumon	15-20 Gy
Rein	45 Gy
SNC	50 Gy
Moelle	Tube digestif
Encéphale	Diarrhée (aigus) 25-30 Gy Sténoses (tardifs) 60 Gy
Gonades	6-8 Gy
Ovaires	4-6 Gy (fraction unique)
Testicules*	2-5 Gy (fraction unique)
Cristallin*	40-45 Gy
Cœur	



Les Effets Déterministes

- Organisation tissulaire :
 - ✓ Modèles compartimentaux :
 - cellules souches : Sensibles
 - (cellules de maturation)
 - cellules différenciées : Résistantes
 - ✓ Quand les cellules souches sont détruites : le délai d'expression du déficit fonctionnel de l'organe dépend de la durée de vie des cellules différencierées ...



Les Effets Déterministes

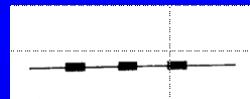
- Organisation tissulaire :
 - ✓ Modèles non-compartimentaux :
 - Pas de cellules souches individualisées
 - Chaque cellule peut jouer ce rôle...
 - Mais diminution progressive des cellules
 - Tolérance jusqu'à un seuil = disparition de tout le tissu (phénomène d'avalanche) après quelques mois ou années...



Le Rôle du Volume Irradié

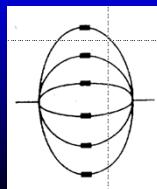
- La sévérité de l'atteinte d'un organe est souvent proportionnelle au volume irradié :

- ✓ Vrai seulement pour les organes « en série »



Moelle épinière, Tube Digestif...

- ✓ Très différent pour les organes « en parallèle »



Foie, Poumon, Rein...



Rôle de l'étalement et du fractionnement

- **Etalement** : durée totale en jours (\approx débit de dose)

*Protège les tissus sains à prolifération rapide
Mais aussi les tumeurs*

- **Fractionnement** : nombre de séances (ou dose / fraction)

Les tissus non compartimentaux responsables des effets tardifs sont très sensibles aux variations de la dose par fraction







Les Effets Déterministes

Le tube digestif :



- *Un tissu compartimental* (*modèle en « série »*) :
la muqueuse, responsable d'effets précoces
(diarrhée, douleurs abdominales).
- *Plusieurs tissus non compartimentaux* (*modèle « parallèle »*) :
la sous-muqueuse, musculeuse, séreuse, responsables
d'effets tardifs (sténose, occlusion...).



Les Effets Stochastiques

- GRAVITE indépendante de la dose : tout ou rien !
- PROBABILITE augmente avec la dose : pas de « dose-seuil »
- Prédiction individuelle impossible : rares, non spécifiques, tardifs

On distingue :

- ✓ **Les effets carcinogènes** : Ce risque très faible est en relation avec le volume irradié, la dose et l'âge du patient au moment de l'irradiation
- ✓ **Les effets génétiques** : Effets très théoriques, dus aux altérations non létales de l'ADN

 Risques et Irradiations 

Evaluation du « Risque »

- L'atteinte des « exposés » est inconstante
 - événements rares, tardifs, non spécifiques.
- La méthodologie statistique doit être adaptée
 - probabilité de survenue, risque relatif, grands effectifs, suivi prolongé...

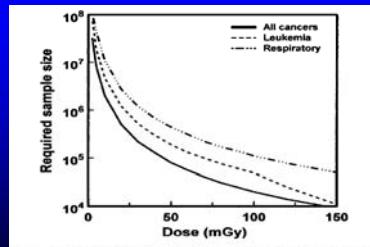
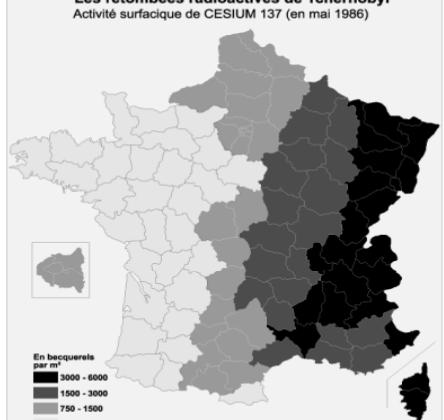


Fig. 1. Size of a cohort exposed to different radiation doses, which would be required to detect a significant increase in cancer mortality in that cohort, assuming lifetime follow-up (9).

 Risques et Irradiations 

Rapport de cause à effet ??

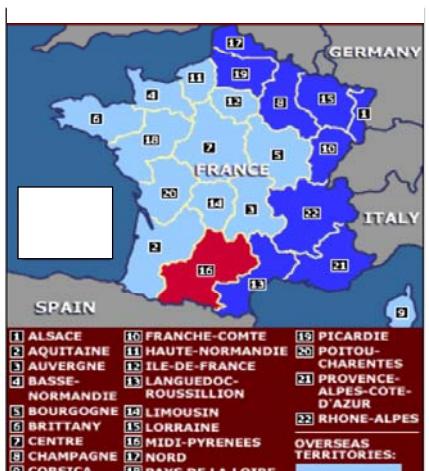
Les retombées radioactives de Tchernobyl
Activité surfacique de CESIUM 137 (en mai 1986)



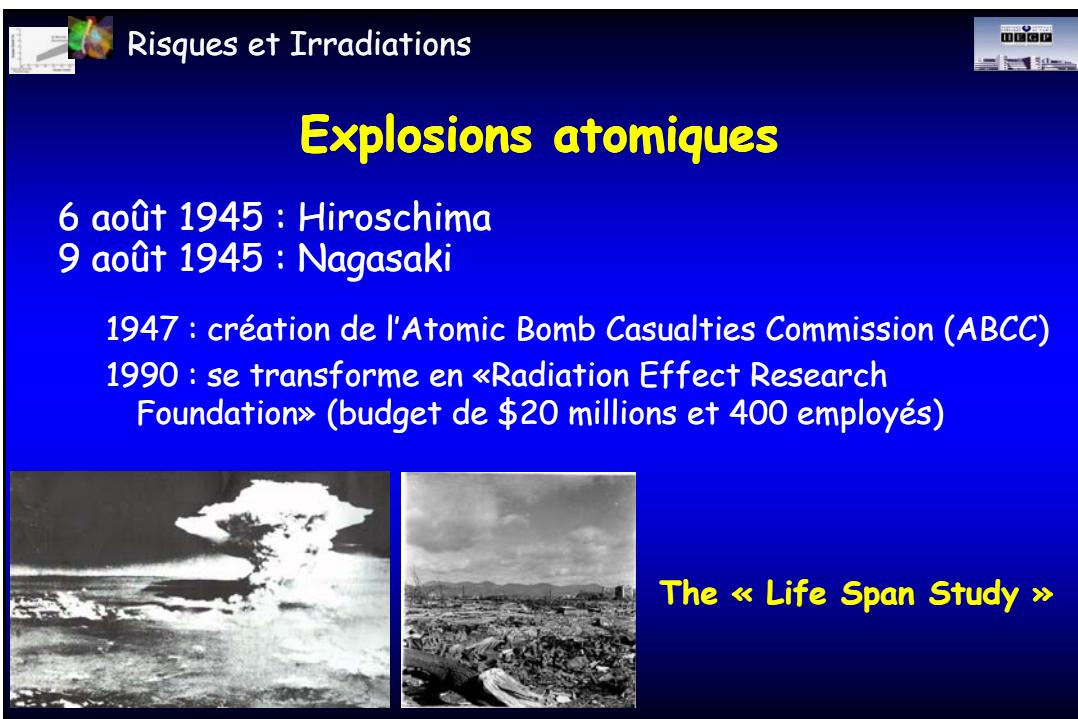
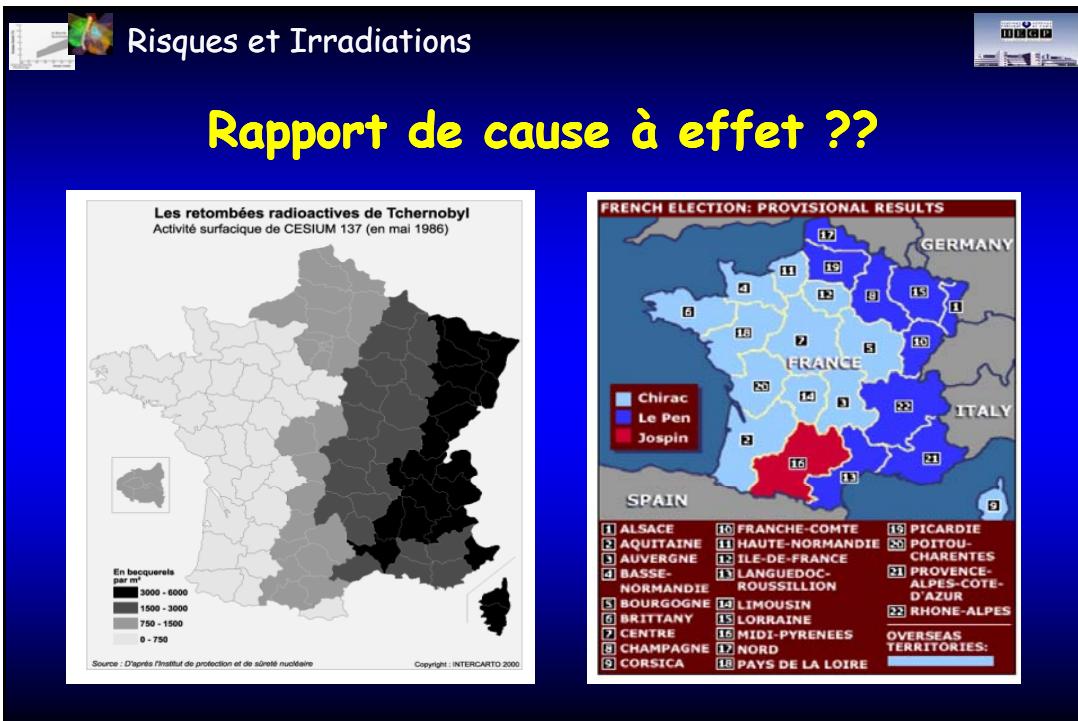
En becquerels par m²

3000 - 6000
1500 - 3000
750 - 1500
0 - 750

Source : D'après l'Institut de protection et de sûreté nucléaire Copyright : INTERCARTO 2000



1 ALSACE	10 FRANCHE-COMTE	19 PICARDIE
2 AQUITAIN	11 HAUTE-NORMANDIE	20 POITOU-CHARENTES
3 AUVERGNE	12 ILE-DE-FRANCE	21 PROVENCE-ALPES-COTE-D'AZUR
4 BASSE-NORMANDIE	13 LANGUEDOC-ROUSSILLON	22 RHONE-ALPES
5 BOURGOGNE	14 LIMOUSIN	OVERSEAS TERRITORIES:
6 BRITTANY	15 LORRAINE	
7 CENTRE	16 MIDI-PYRENEES	
8 CHAMPAGNE	17 NORD	
9 CORSE	18 PAYS DE LA LOIRE	





Explosions atomiques

- **Les Leucémies :**

86.000 personnes surveillées de 1950 à 1985

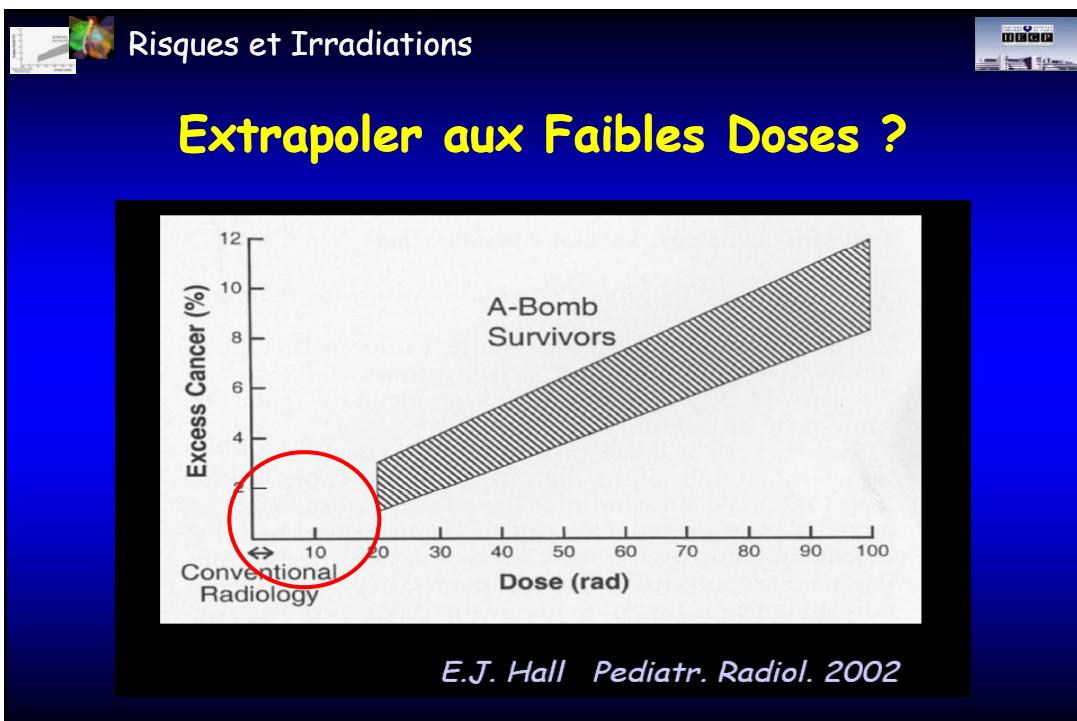
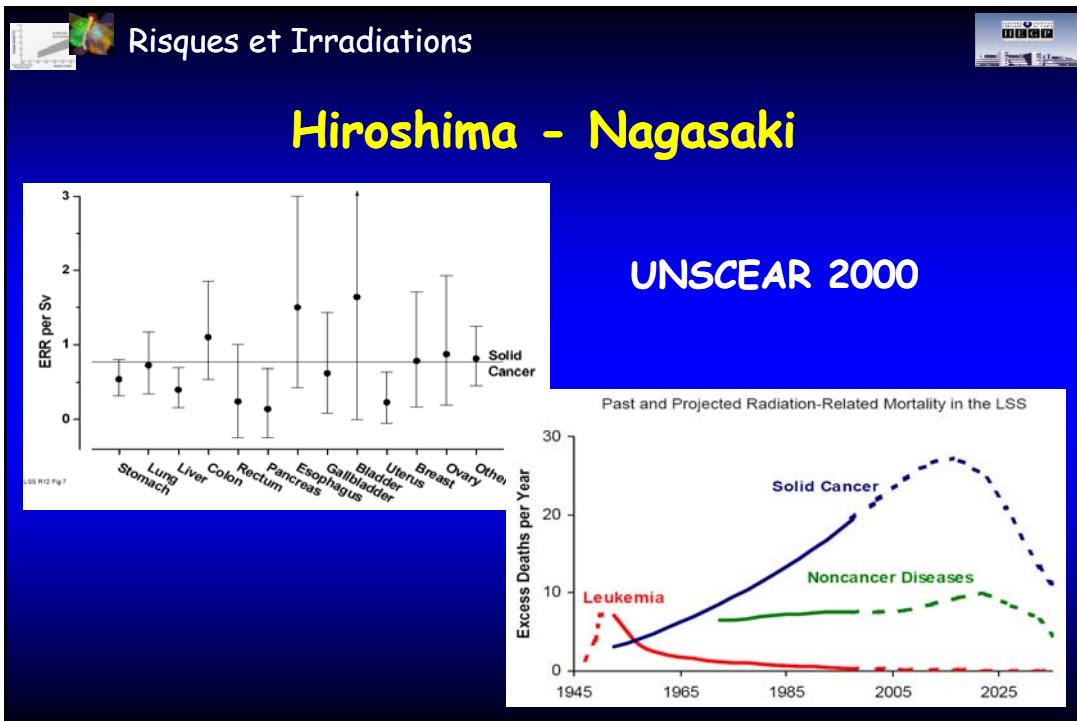
- 156 leucémies attendues
- 231 observées (excès absolu : 75 cas)
- excès observé dès 2 - 3 ans
- pic à 8 - 10 ans
- Diminution du risque ensuite

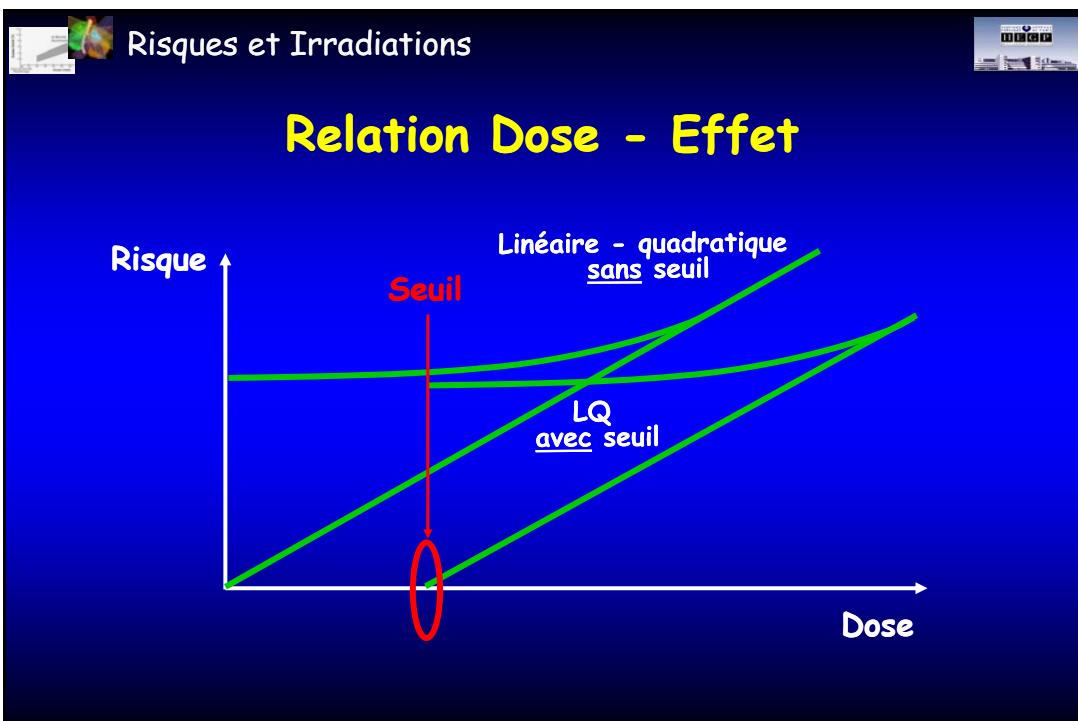
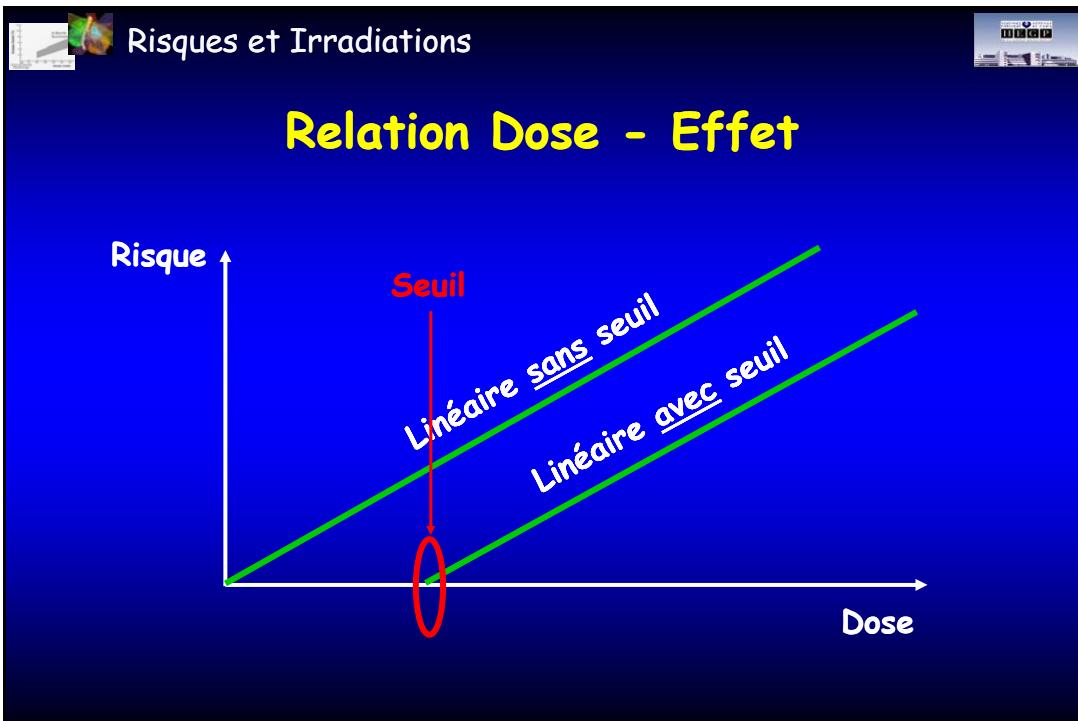


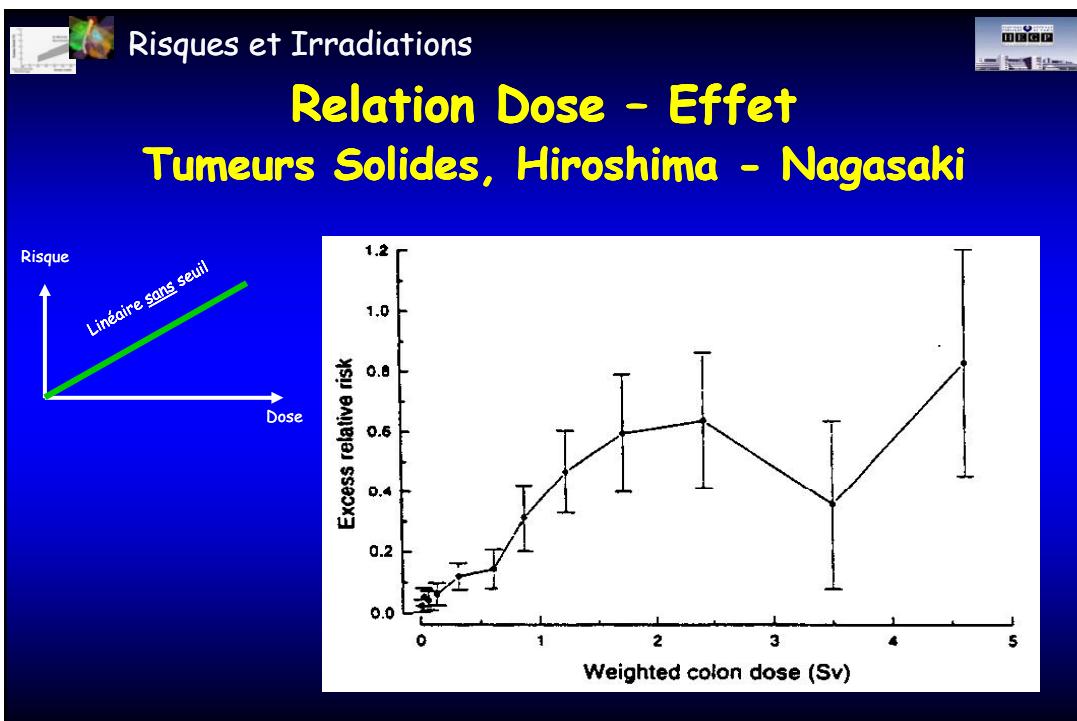
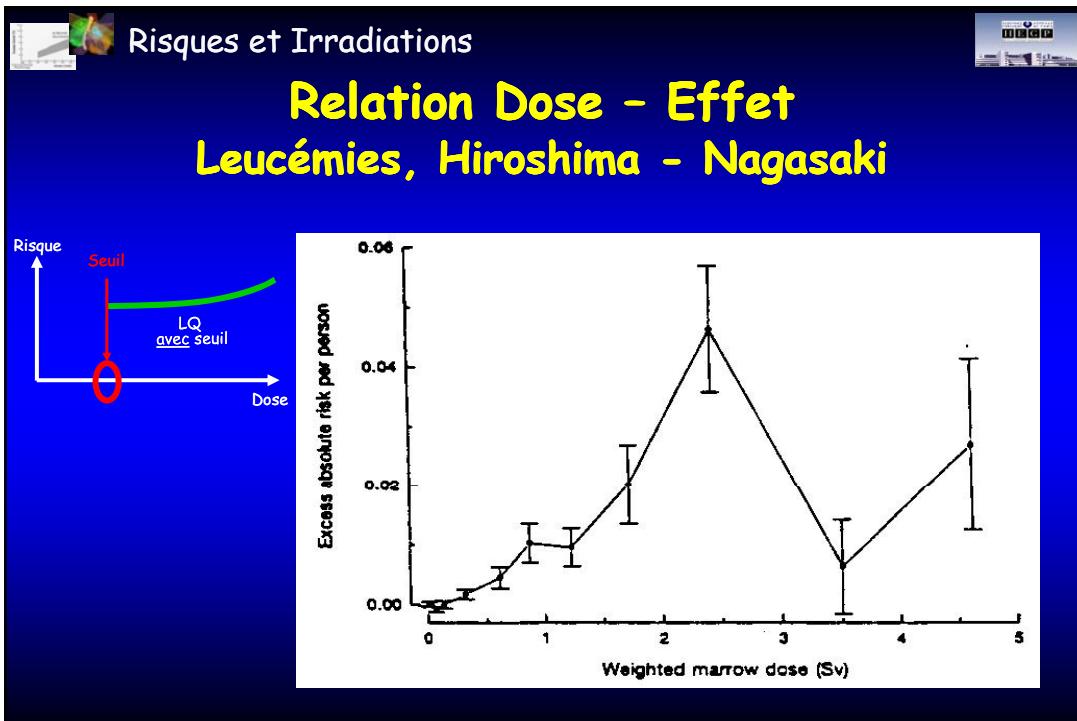
Explosions atomiques

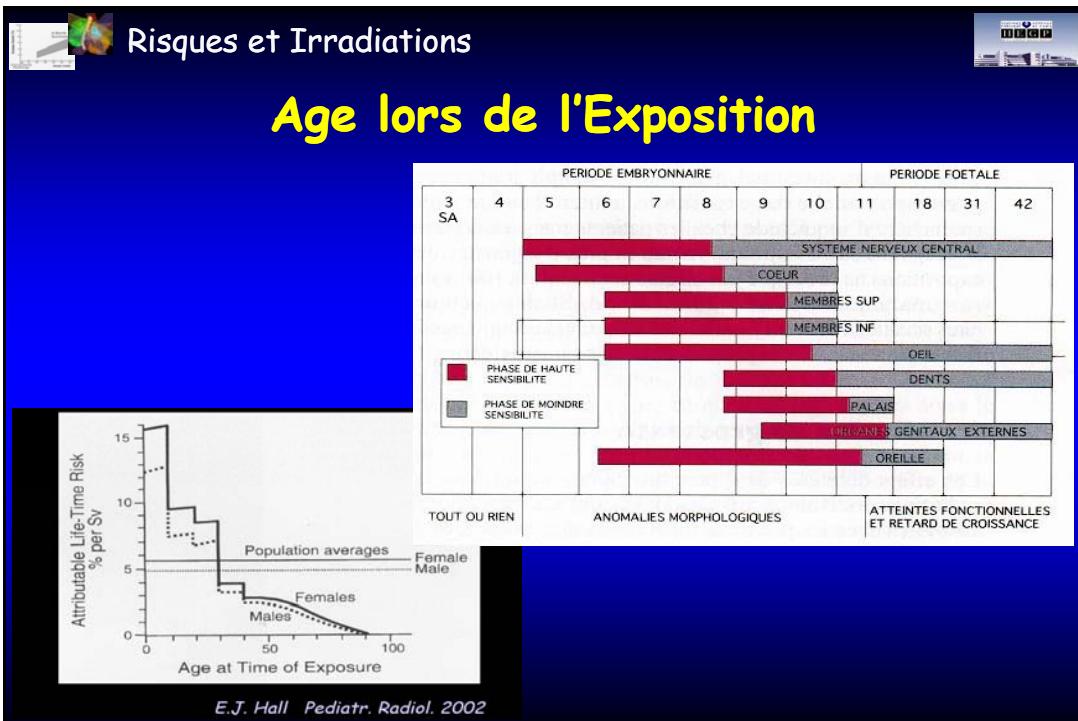
- **Les tumeurs solides (1950-1985) :**

- *Augmentation certaine du risque : œsophage, estomac, colon, poumon, sein, myélome.*
- *Augmentation probable : vessie, utérus, ovaires, SNC.*
- *Pas d'augmentation détectée : rectum, foie, prostate, lymphomes.*
- 6581 cas attendus / 6887 observés (excès absolu : 306 cas).
- Temps de latence plus important que pour les leucémies.









-
- Risques et Irradiations
- ## Effets Héréditaires
- The « Life Span Study » = 0 ! (Fortes doses à fort débit)
 - Suivi des irradiations médicales = 0
 - Rayonnement naturel :
 - Kérala (10 mSv/an vs 2,4 mSv en France)
 - Mutations chromosomiques mais pas d'augmentation des affections génétiques
- Recommandations de la CIPR : division du risque par 5 !

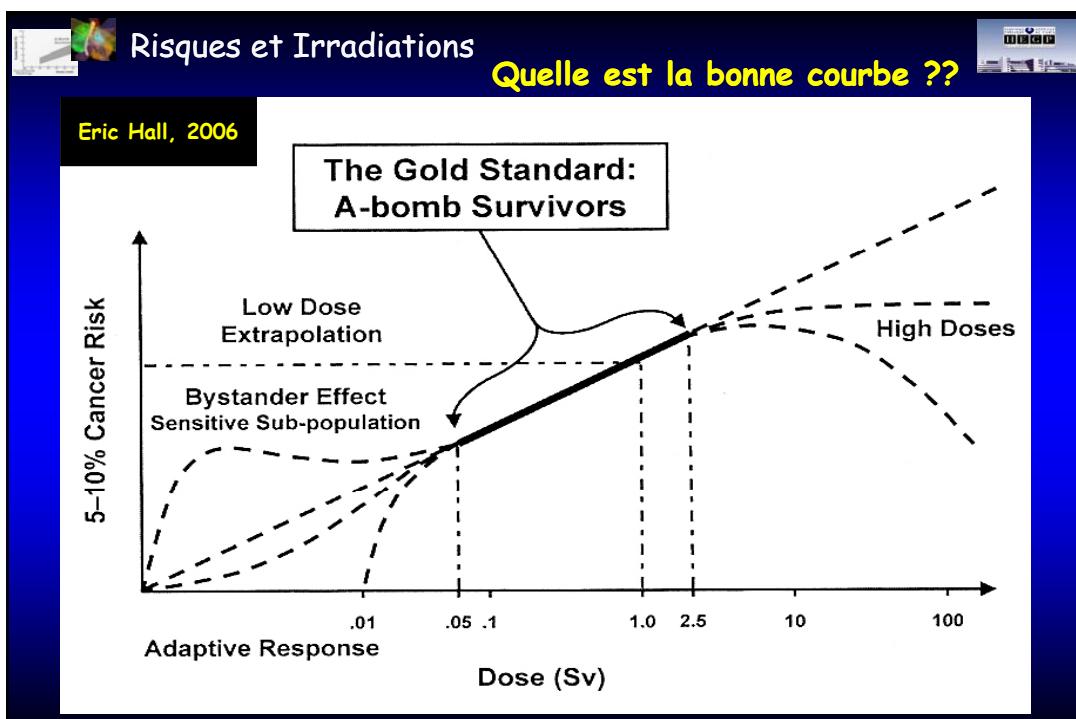


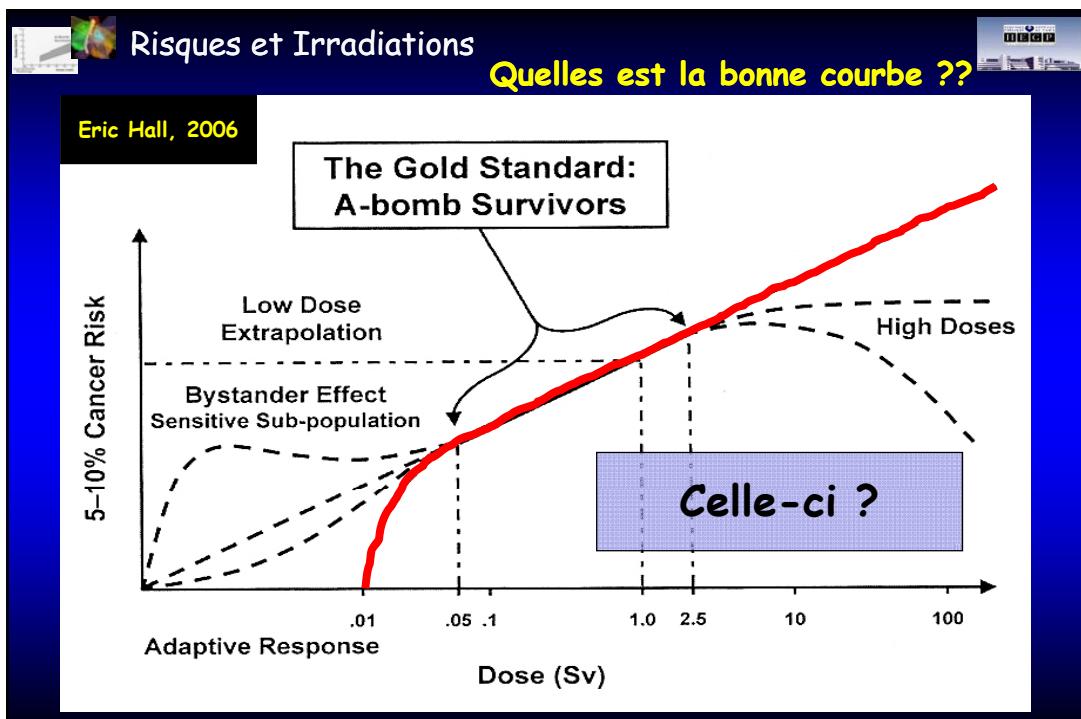
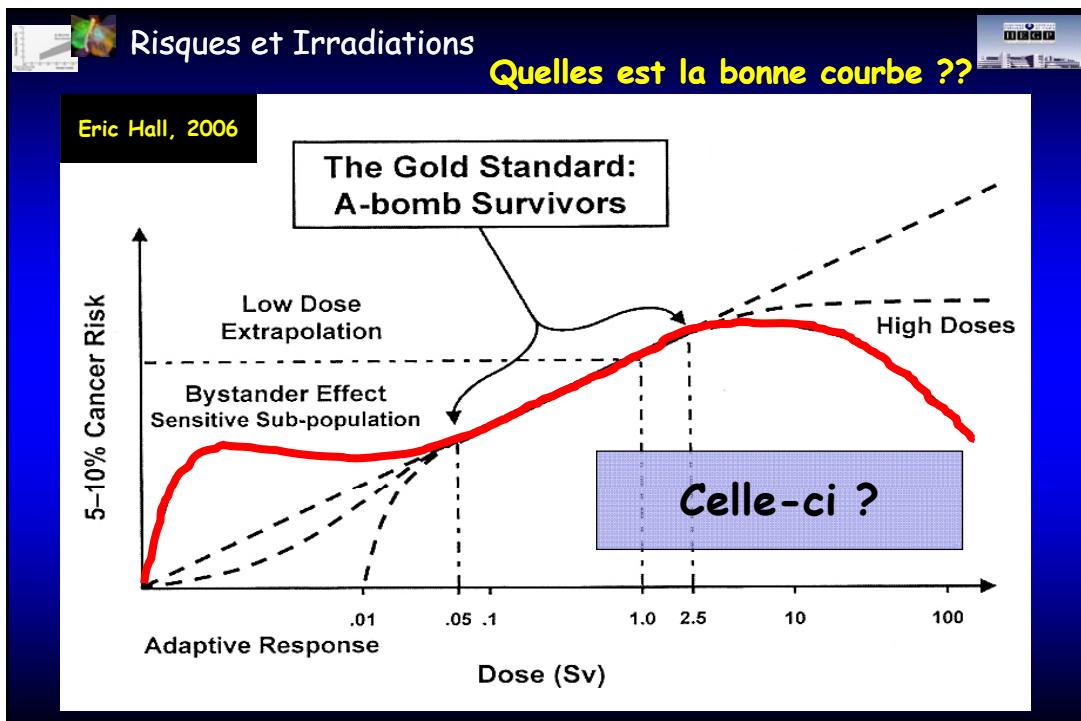
La relation linéaire sans seuil

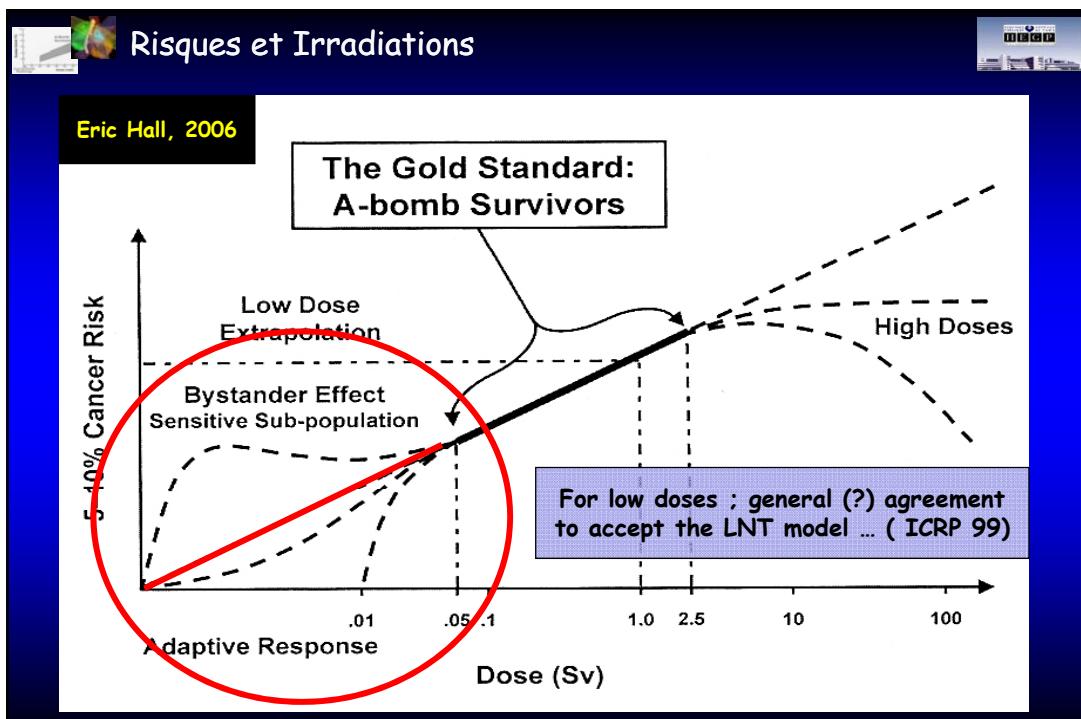
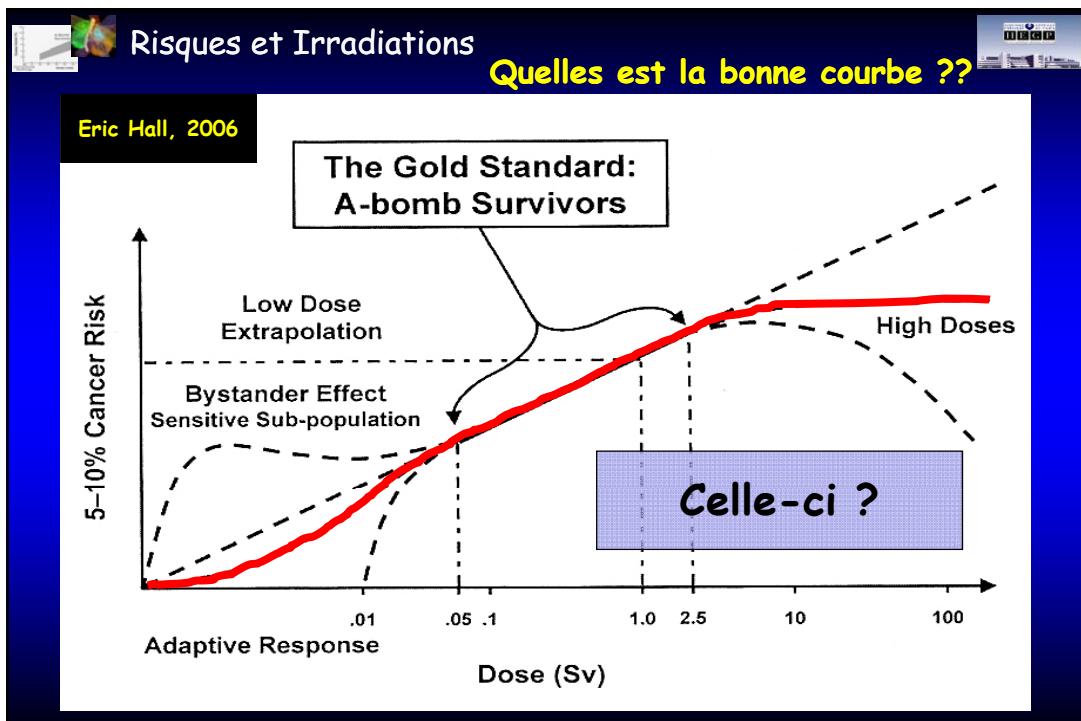
Au centre d'une controverse majeure !

Entre

- Les « pros » : CIPR, l'UNSCEAR, les rapports BEIR (dernier de Juillet 2005)
- Les « contres » : surtout Académies de Médecine et des Sciences Françaises, mais aussi de plus en plus de radiobiologistes ...









Principes de la radioprotection

- Fondée sur une relation linéaire sans seuil
- Trois principes :
 - Justification
 - Optimisation
 - Limitation
- Réglementations :
 - UNSCEAR (Nations Unies) : Données scientifiques
 - CIPR (Commissions Internationales) : Recommandations
 - Directives européennes
 - Décrets français



Justification

- European Directive 97/43 :
 - Les avantages d'une exposition doivent être supérieurs à ses inconvénients.
 - Elle est générique (justification d'une technique irradiante avant son adoption).
 - Elle est individuelle (bénéfice pour un individu doit être supérieur aux inconvénients potentiels).



Optimisation : « ALARA »

- En Médecine (European Directive 97/43) :

- Recherche d'un rapport bénéfices/risques maximal

- Principe « ALARA » : As Low As Reasonably Achievable

- ⇒ Matériels et procédures conçus et mis en œuvre pour que la dose individuelle et collective soit AUSSI BASSE QUE RAISONNABLEMENT POSSIBLE en dessous des limites réglementaires !!



Limites de Dose

- Pour le public :

ICRP 60 (1990) : dose limite / an : **1mSv**

Mêmes limites pour la Directive européenne 96/29 Euratom
(13 mai 1996) et le Décret français n° 2001-215 (8 Mars 2001)



Limites de Dose

- Pour les professionnels :

- ICRP 60 (1990) : 20 mSv/an, dose calculée sur 5 ans
(pas plus de 100 mSv en 5 ans).
- La Directive européenne 96/29 Euratom (13 mai 1996) :
pas plus de 100 mSv / 5 ans ET pas plus de 50 mSv / 1 an.
- Le Décret français n° 2003-296 (31 Mars 2003) :
pas plus de 20 mSv / an.



Limites de Dose

- Pour les professionnels :

- Limites de dose selon la localisation :
 - Cristallin : \leq 150 mSv / an
 - Peau : \leq 500 mSv / an
 - Mains , avant-bras, pieds, coudes... : \leq 500 mSv / an

Mêmes limites pour la Directive européenne 96/29 Euratom (13 mai 1996) et le Décret français n° 2001-215 (8 Mars 2001)



Limites de Dose

- EN MEDECINE :

Pas de limite de dose !

Cependant :

- L'exposition doit être JUSTIFIEE
- L'exposition doit être OPTIMISEE (ALARA)...

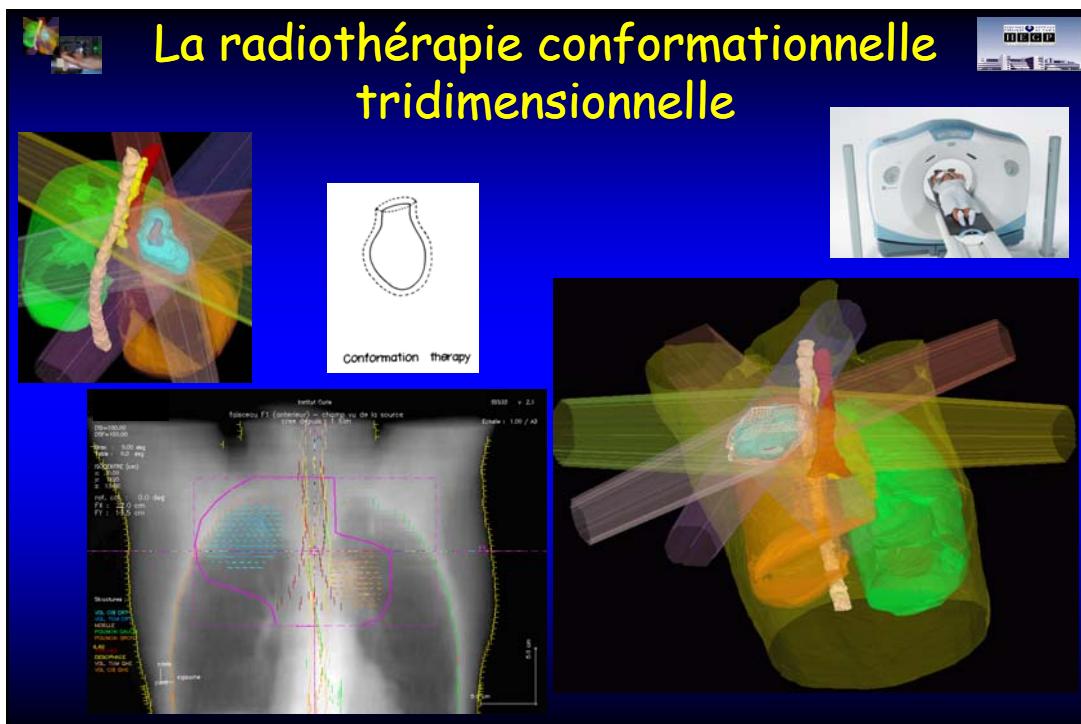
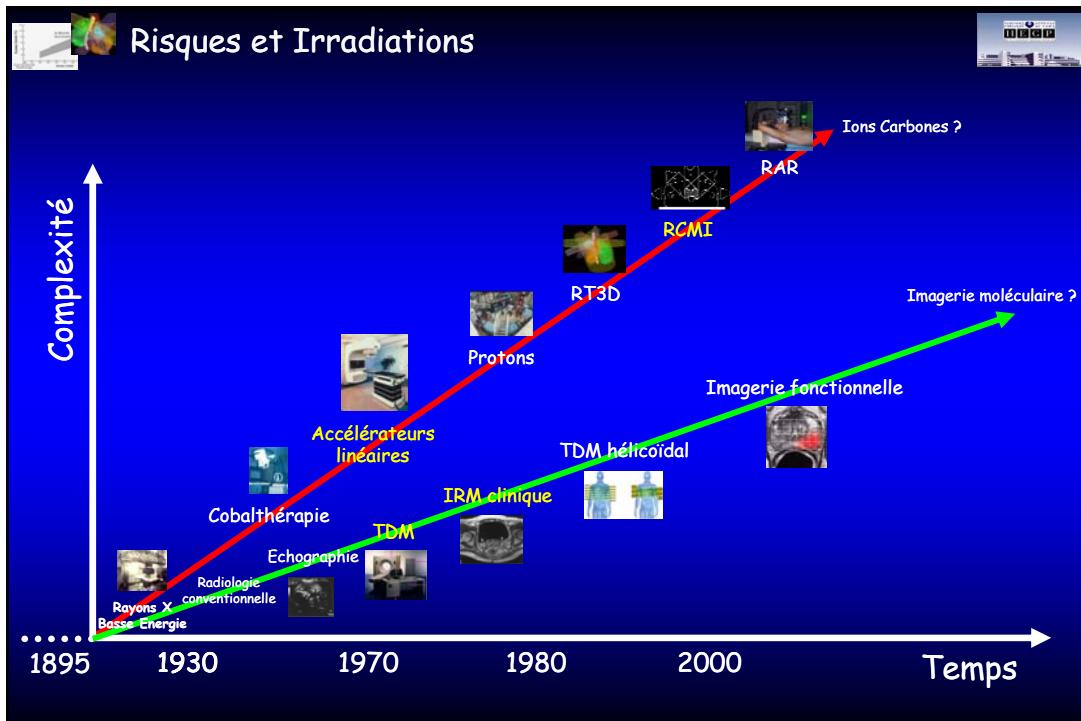


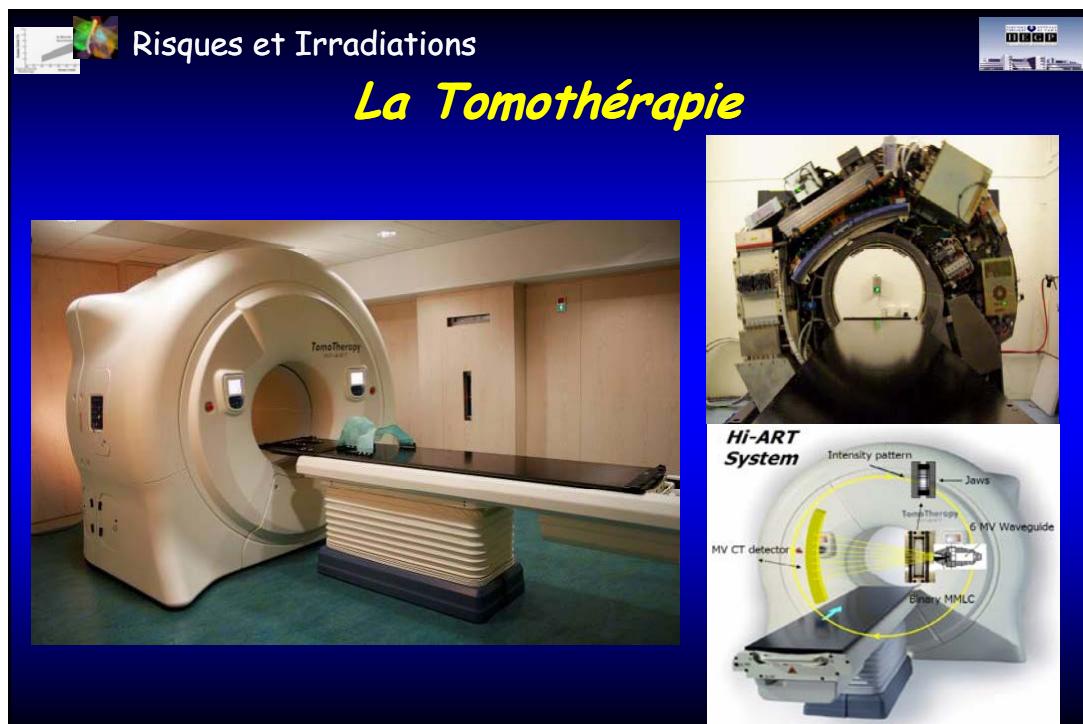
Limites de Dose

- Pour la Radiothérapie :

- Justification : pas réellement un problème...
- Cependant l'optimisation peut être problématique :
 - Techniques innovantes : IMRT, Tomothérapie, Cyberknife...
 - Améliorent la distribution des fortes doses dans la tumeur
 - Mais : augmentent le volume de tissus sains irradié à faible dose...

« Optimise t'on assez ?? »







Conclusions

- Radiations à fortes doses : Risques non négligeables !
- Radiations à faibles doses : Risques non prouvés...
- Principe de précaution : Relation linéaire sans seuil (?)
- Trois Grands Principes :
 - ✓ Justification
 - ✓ Optimisation = ALARA
 - ✓ Limites de dose

