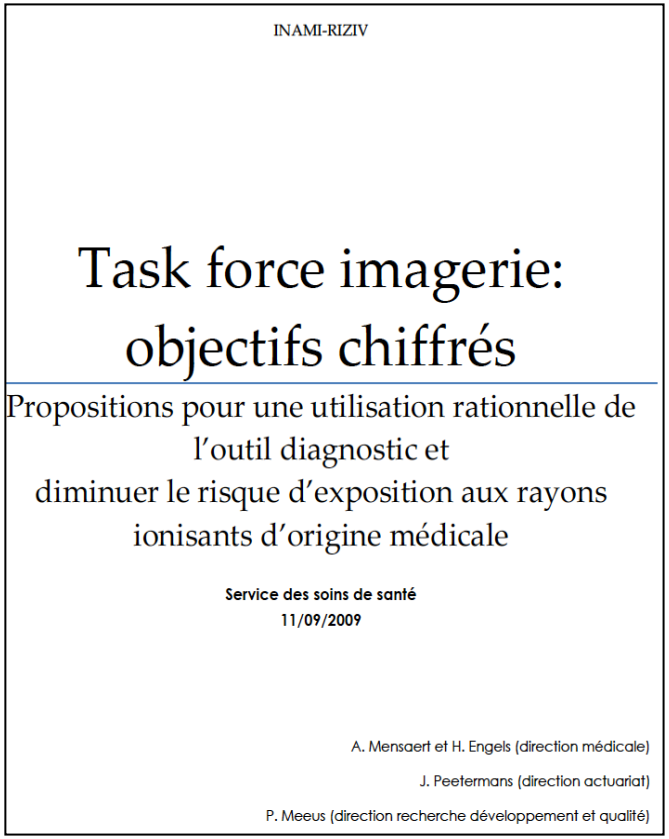
Les risques de l'irradiation
liés à l'usage répété
de l'imagerie médicale


INAMI-RIZIV

Task force imagerie:
objectifs chiffrés

Propositions pour une utilisation rationnelle de l'outil diagnostic et diminuer le risque d'exposition aux rayons ionisants d'origine médicale

Service des soins de santé
11/09/2009

A. Mensaert et H. Engels (direction médicale)
J. Peetermans (direction actuariat)
P. Meeus (direction recherche développement et qualité)

JP Trigaux, UCL Mont-Godinne

Plan de l'exposé

- Risque des petites doses
- Quelle dose pour quel examen?
- Conduites pratiques à tenir

Plan de l'exposé

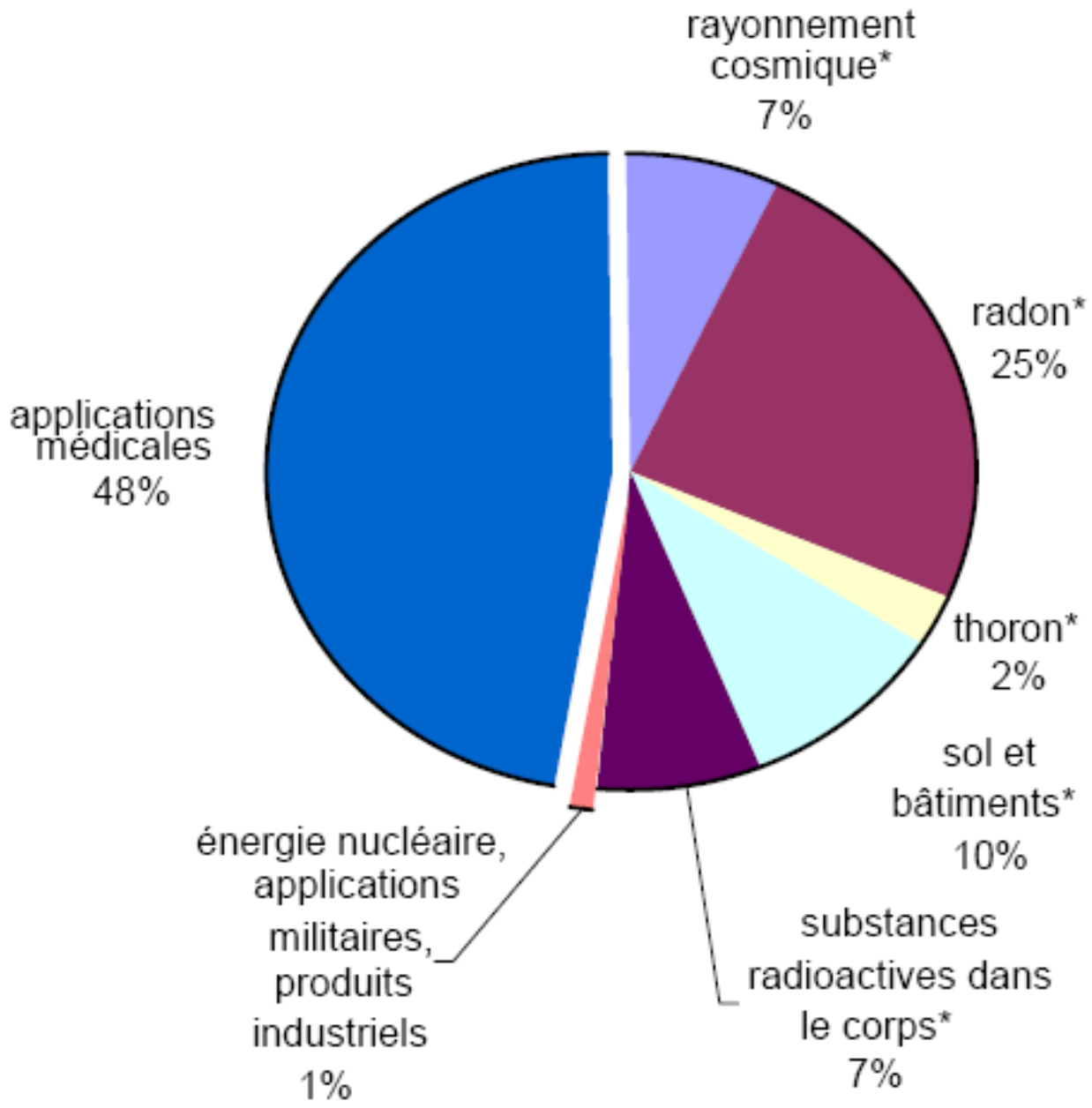
- Risque des petites doses

1. Radioactivité naturelle
2. Stochastique versus déterministe
3. Quels risques prendre en compte?

Radioactivité naturelle

Elle mérite d'être connue pour servir de référence lorsqu'on aborde l'exposition humaine *(Cordiolani, 1999)*

1. Radon ^{222}: gaz omniprésent; filiation: uranium ^{238}
   - 20.000 morts par an aux USA et en Europe
   - 2ème cause de décès par cancer pulmonaire (inhalé)
2. Irradiation terrestre: uranium, radium, thorium
3. Irradiation cosmique: montagne, avion
   - Provient des réactions nucléaires survenant dans le soleil, les étoiles, les explosions de supernovas
4. Irradiation interne: ^{40} K
   - + Consommables: écrans de PC, TV
     + Industrie nucléaire
     + Irradiation d'origine médicale



Vanmarcke et al, 2005

Radioactivité naturelle: variables

	Cause	Total annuel
Belgique	**Cosm + ter + int**	**2 mSv**
Montagne (3000m)	**altitude**	**+ 3 mSv**
Personnel navigant	**altitude**	**+ 4 mSv ***
Bretagne	**granite**	**+ 1 mSv (jusqu'à 3)**
Inde	**phosphates**	**10 mSv**
Brésil	**thorium (sable)**	**3 à 20 mSv**
1 Thorax face		0.2 mSv

*** 1 heure de vol transatlantique = 4 journées à terre**

Station Mir: 0.8 mSv / jour

Stochastique versus déterministe

Effet stochastique

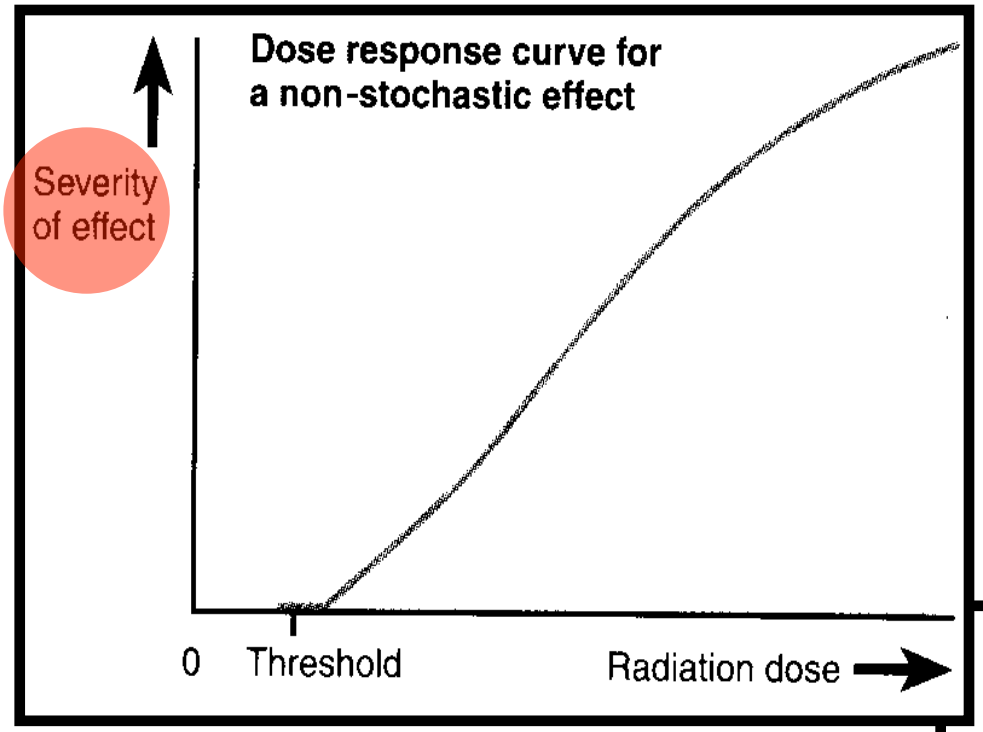
modification chromosomique

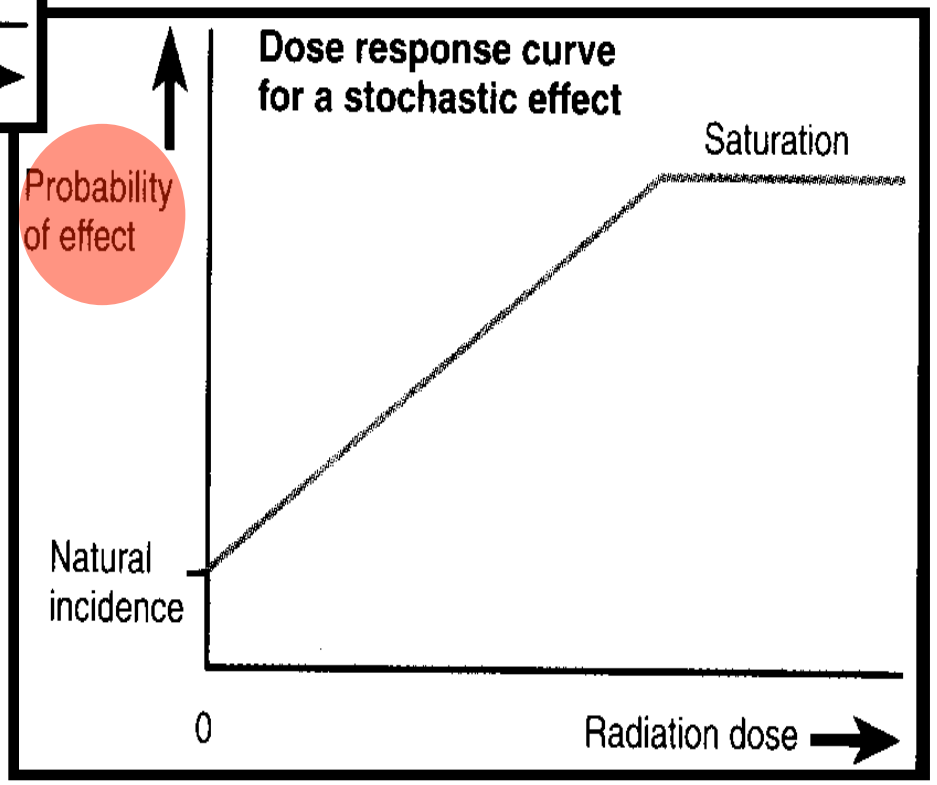
- L' effet apparaît chez certains sujets
- Pas de dose seuil en théorie ("random event")
  - Cancérogenèse (leucémie) si cellule somatique
  - Risque génétique si celllule germinale
- Gravité non proportionnelle à la dose

Effet déterministe

mort cellulaire

- L' effet apparaît chez tous les sujets
- Existence d'un seuil et alors inéluctable
  - Radiodermite 500 mSv
  - Cataracte 150 mSv
  - Tératogenèse 200mSv
- Gravité proportionnelle à la dose





Les ordonnées sont différentes

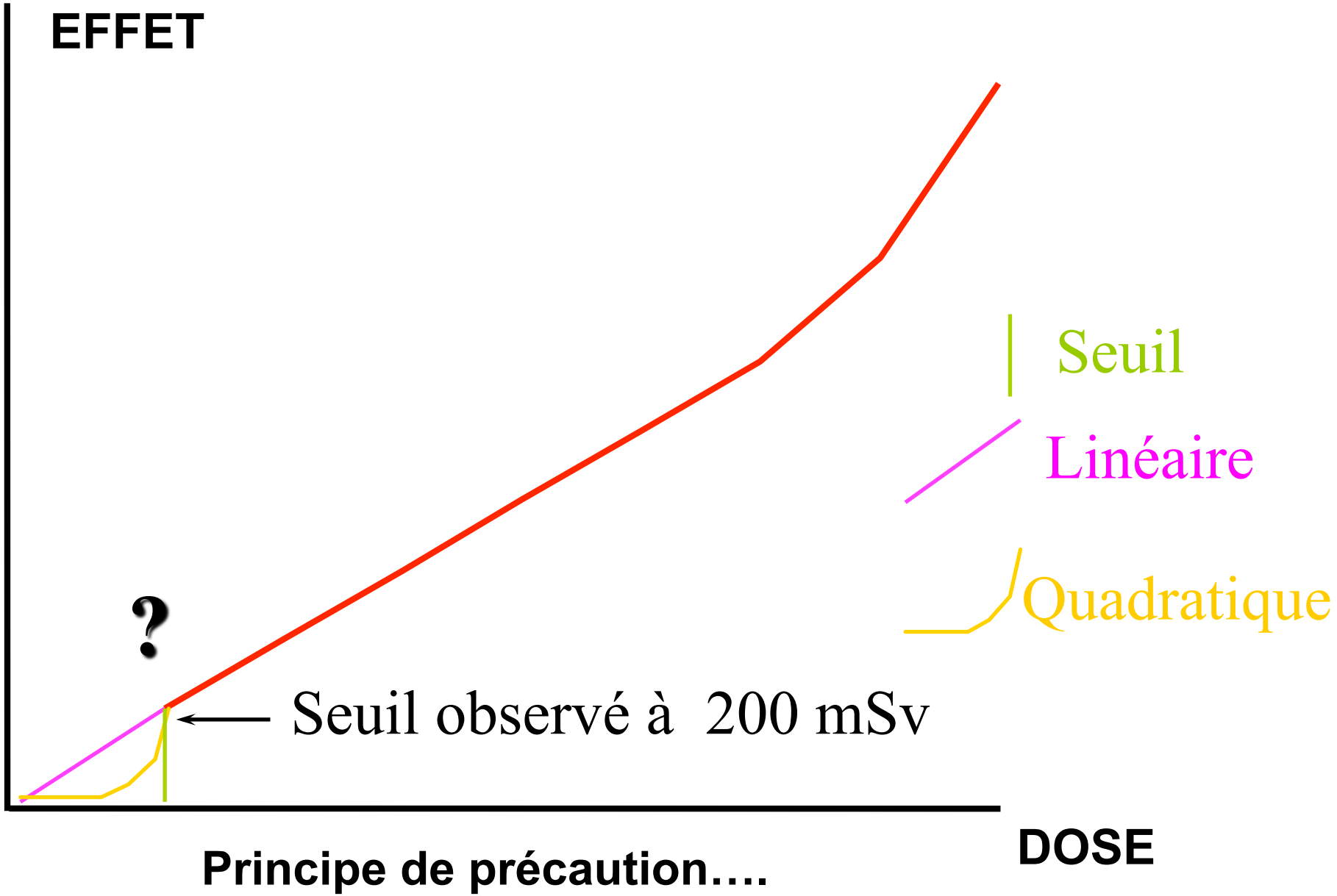
Quels risques à prendre en compte?

- Radiologie diagnostique: risque stochastique
  - risque cancérigène
  - risque génétique

- (Seule la « radiologie » interventionnelle expose le patient - et le personnel - à des doses suffisantes pour créer un risque déterministe: radiodermite)
  - ablations par radiofréquence

1. Risque cancérigène

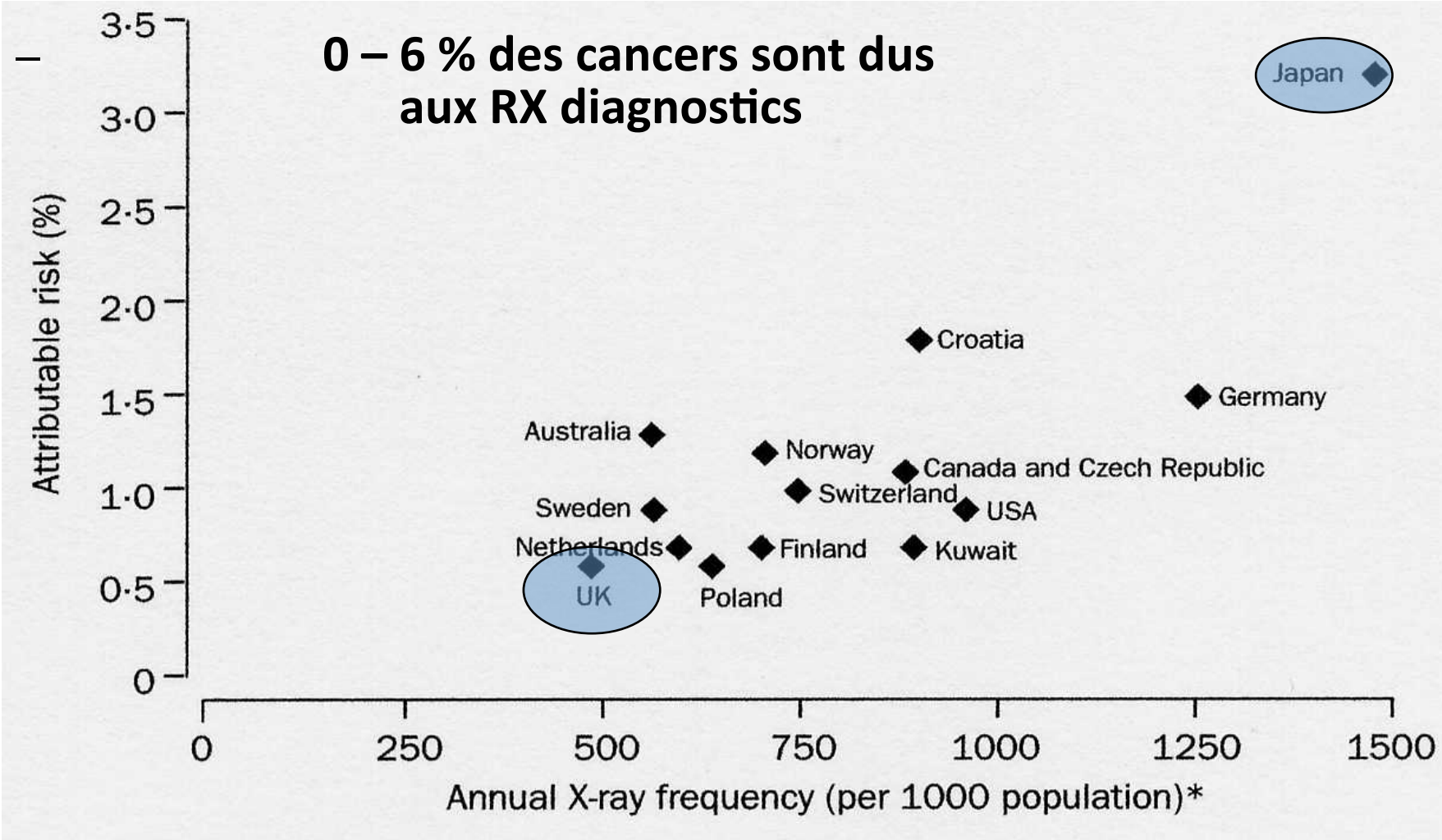
- Nombreux exemples:
  - thymus, scopie pour tbc
  - mineurs d'uranium, industrie horlogère, etc..
- Hiroshima & Nagasaki: 100.000 personnes
  - 700 décès par cancer imputable à l'irradiation
    - 25.700 décès versus 25.000
  - Relation dose - cancer linéaire si > 200 mSv
  - Pas d'augmentation de cancer «observée», si < 200 mSv: la courbe dose-cancer n'a pas de partie initiale
- Excès de risque tumoral à partir de 100 mSv


EFFET
Seuil
Linéaire
Quadratique
?
Seuil observé à 200 mSv
DOSE
Principe de précaution….

Application de l'extrapolation linéaire:

Berrington et al: Lancet 363, 2004, 345-51

- « Les examens RX sont responsables de 700 nouveaux cancers par an au Royaume Uni »



Et la Belgique……

	Belgique 2003	Pays-Bas 2002	Royaume Uni 2002
Examens radiologiques (pour 1 000 habitants)	1 113	515	379
Proportion CT (%)	11	8	7
Examens médecine nucléaire (pour 1 000 habitants)	54	18	9
Exposition médicale moyenne par habitant (mSv/an)	2,0	0,54	0,38

Tableau 8 Comparaison internationale du nombre d'examens en radiologie et en médecine nucléaire et de l'exposition médicale exprimée en dose efficace moyenne (MIRA, 2005; RIVM/ims, 2006; Hart, 2004; Aroua, 2002)

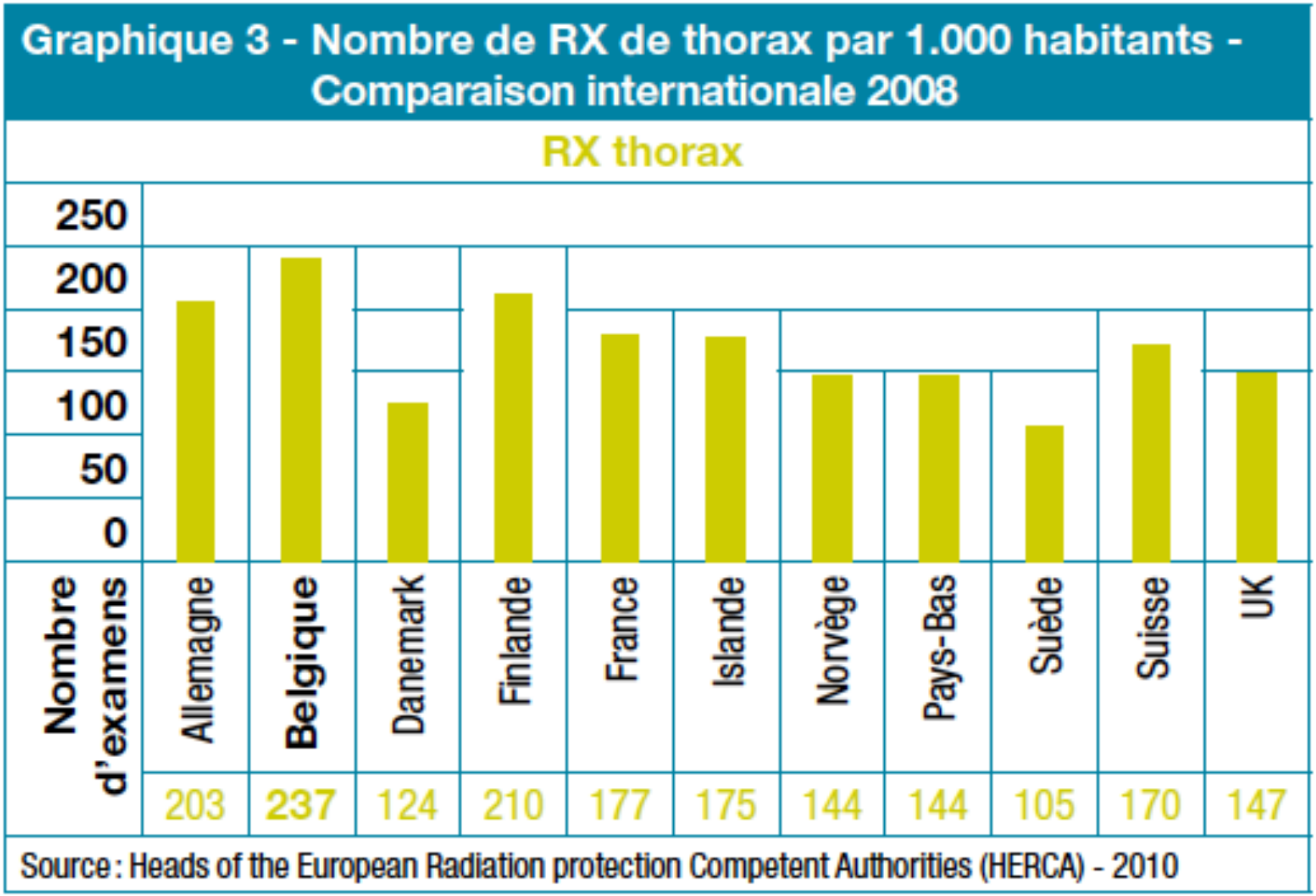
Moyenne d'exposition par habitant	2003	2005	2006	2007	2008
Nb de mSv / habitant	2,0	2,01	2,10	2,17	2,25

Task force imagerie, INAMI, 2009

Comparatif Belgique vs moyenne FR/GE/CH

	FR/GE/CH	Belgique
Tomodensitométrie	100	159
Rx thorax	100	163
Bassin	100	123
Abdomen à blanc	100	173

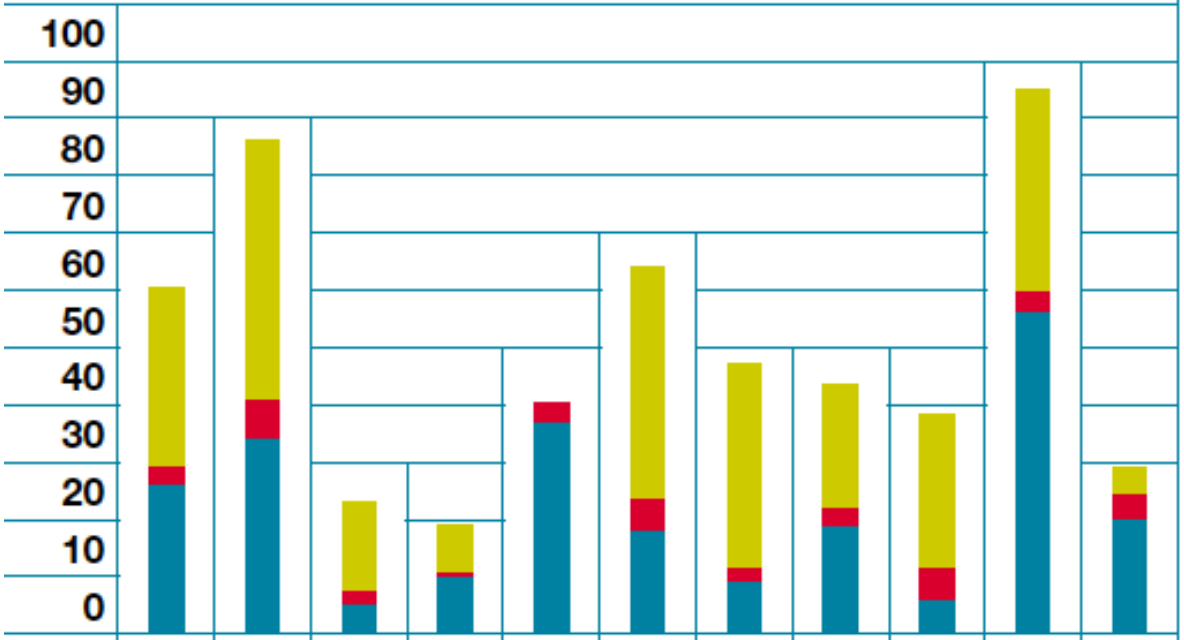
Task force imagerie, INAMI, 2009



1ère campagne de sensibilisation des prescripteurs, INAMI, 2010

Graphique 2 - Nombre de RX et CT de l'abdomen par 1.000 habitants - Comparaison internationale 2008

CT abdomen - RX abdomen baryté - RX abdomen à blanc

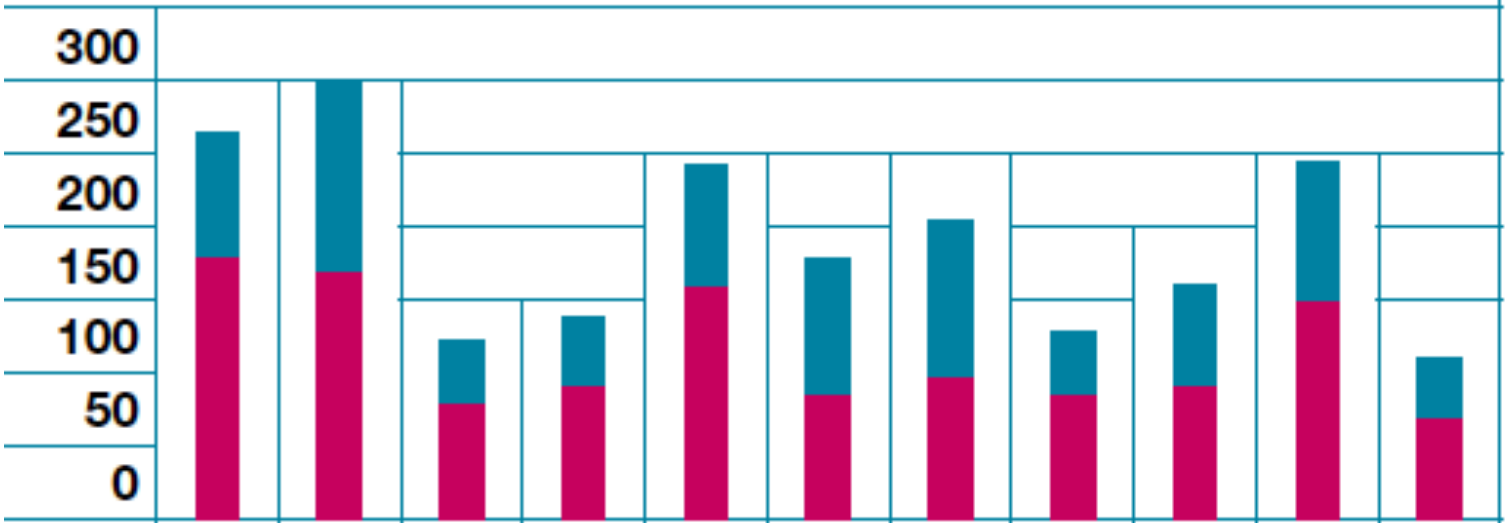


Nombre d'examens	Allemagne	**Belgique**	Danemark	Finlande	France	Islande	Norvège	Pays-Bas	Suède	Suisse	UK
	31	**45**	15	8	0	40	35	21	26	35	4
	3	**7**	3	1	3	6	3	3,3	6	4	5
	26	**34**	5	10	37	18	9	19	6	56	20

Source : Heads of the European Radiation protection Competent Authorities (HERCA) - 2010

1ère campagne de sensibilisation des prescripteurs, INAMI, 2010

Graphique 1 - Nombre de RX et CT de la tête colonne bassin par 1.000 habitants - Comparaison internationale 2008



Nombre d'examens	Allemagne	Belgique	Danemark	Finlande	France	Islande	Norvège	Pays-Bas	Suède	Suisse	UK
	85	**134**	43	49	82	95	108	44	68,5	96	42
	178	**167**	77	89	159	83	96	84	90	148	67

Source : Heads of the European Radiation protection Competent Authorities (HERCA) - 2010

1ère campagne de sensibilisation des prescripteurs, INAMI, 2010

Surestimation de la cancérogenèse?

1. Extrapolation linéaire: càd la plus défavorable
   - Si 100 mSv donne un risque de cancer de X
   - 1 mSv donne un risque de cancer de X/100
   - 0.01 mSv donne un risque de cancer de X/10.000
2. Par rapport à Hiroshima:
   - Les faibles doses sont reçues de façon fractionnée (facteur de réduction: 2 à 10)
   - Irradiation partielle versus irradiation «total body »
   - Ni neutrons, ni rayonnement β
3. Mécanismes de réparation de l' ADN: théorie de l'hormésis: amélioration des performances des mécanismes de réparation de l'ADN pour les faibles doses d'irradiation

Cancer Risk from Low-Level Radiation

AJR 2002; 179:1137 -1143

Bernard L. Cohen[1]

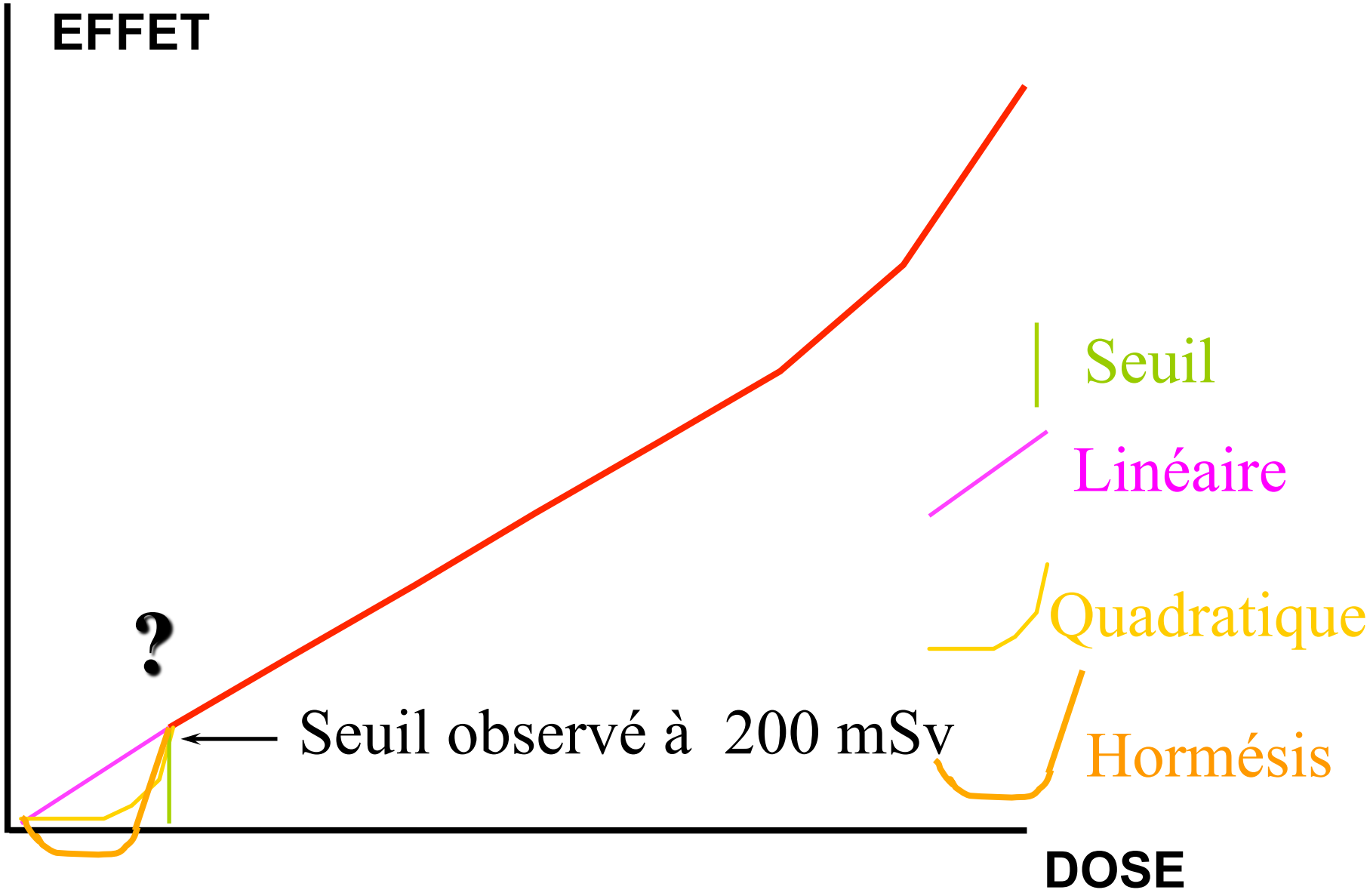
[1]Department of Physics, University of Pittsburgh, 201-B Old Engineering Hall, Pittsburgh, PA 15260. Address correspondence to B. L. Cohen.

for protracted fluoroscopic examinations extending over several years. In any case, one must consider the data in Figure 4 before accepting the widely practiced approach of using atomic bomb survivor data to predict risks from low-level radiation at low dose rates.

In 1957, an explosion occurred in an incredibly mismanaged radioactive waste–storage facility, the Mayak nuclear weapons complex in the eastern Urals of Siberia, then part of the Soviet Union. The explosion caused large radiation exposures to people in some nearby villages. A follow-up study of 7852 exposed villagers [28] found that their rate of subsequent cancer mortality was much lower than that of unexposed villagers. The ratio for exposed to unexposed was 0.27 for 4 cGy exposure, 0.39 for 12 cGy, and 0.28 for 50 cGy; for

Conclusion

that the cancer risk from diagnostic radiography is much lower than is given by usual estimates, and may well be zero.


EFFET
Seuil
Linéaire
Quadratique
Hormésis
?
Seuil observé à 200 mSv
DOSE

2. Risque génétique

- Les radiations ionisantes donnent des mutations héréditaires par atteinte des cellules germinales
  - mais seulement à doses moyennes et fortes
  - et chez l'animal (drosophile)
- Souris (2 Gy pendant 80 générations): RAS
- Hiroshima? Brésil? Radiologues? Radiothérapie?
  - Pas d'augmentation de la fréquence du mongolisme p ex
- Les mécanismes réparant l'ADN jouent là aussi

« Despite the monumental investment in time and labor that has been made, no unequivocal evidence of radiation-related genetic damages emerges. »
Schull, 1995

Plan de l'exposé

- Risque des petites doses
- Quelle dose pour quel examen?

1. Radiologie conventionnelle
2. Tomodensitométrie
3. (Radiologie interventionnelle)

Radiologie conventionnelle

Incidences	Dose en mSv	Équivalent d'irradiation naturelle
Thorax face	0,2	1 mois
Rachis cervical profil	0,5	
Rachis cervical face	1,0	6 mois
Mammographie	1,0	
Bassin 1 cl	1,5	
Rachis lombaire face	1,5	
Rachis lombaire profil	2,5	> 1 an
Rachis cervical 5 cl	3,5	
Rachis lombaire 5 cl	8,5	
Col lomb + bassin	10,0	5 ans

Tomodensitométrie

Notre attitude face au CT
doit être prudente

- Elle n'est plus seulement réalisée chez des patients gravement malades
- Progrès mais aussi inconvénients technologiques à assimiler
  - Attention aux acquisitions répétées et étendues
- % en augmentation +++

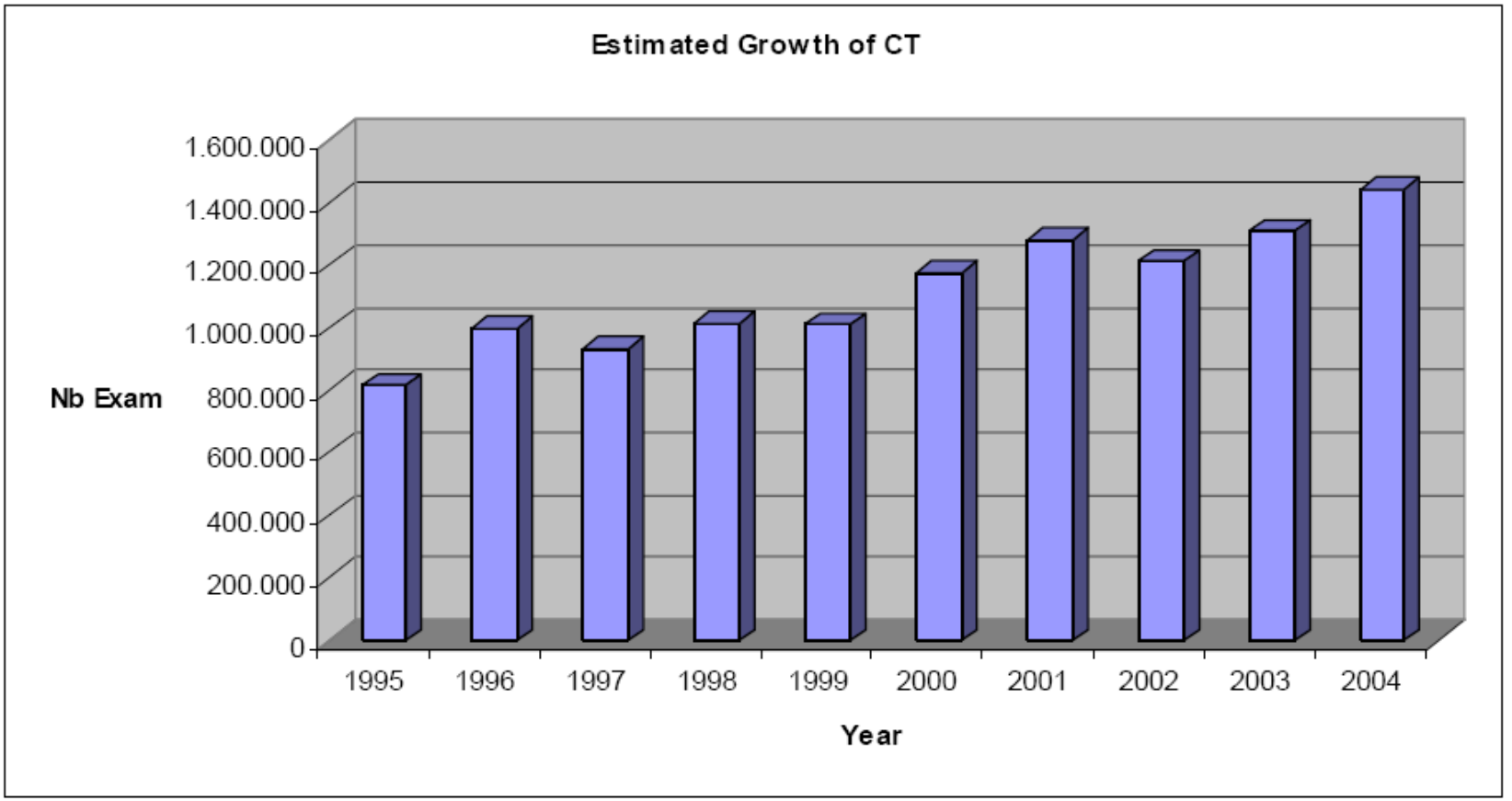
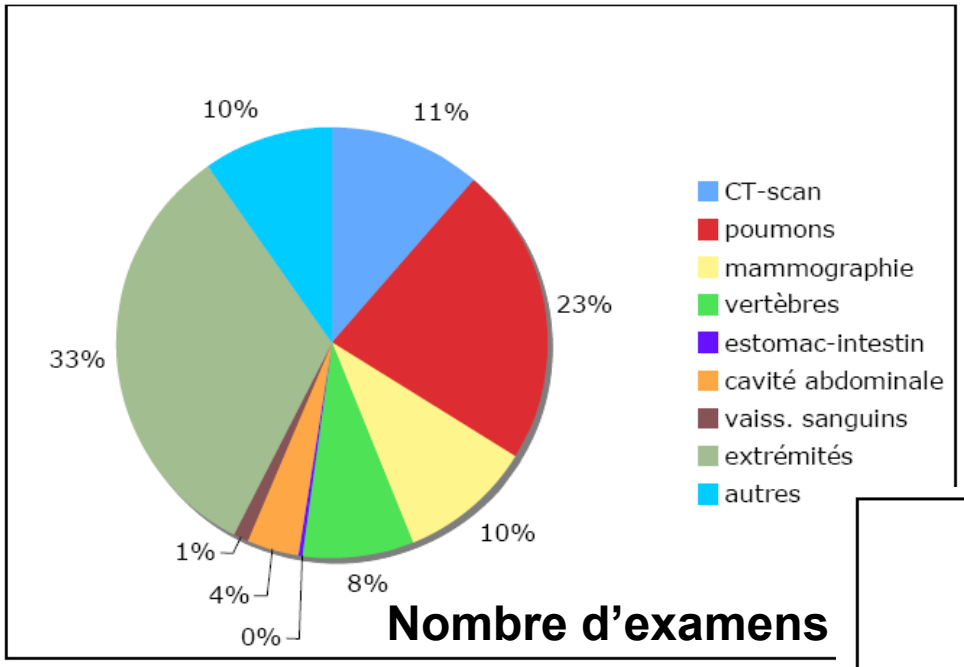


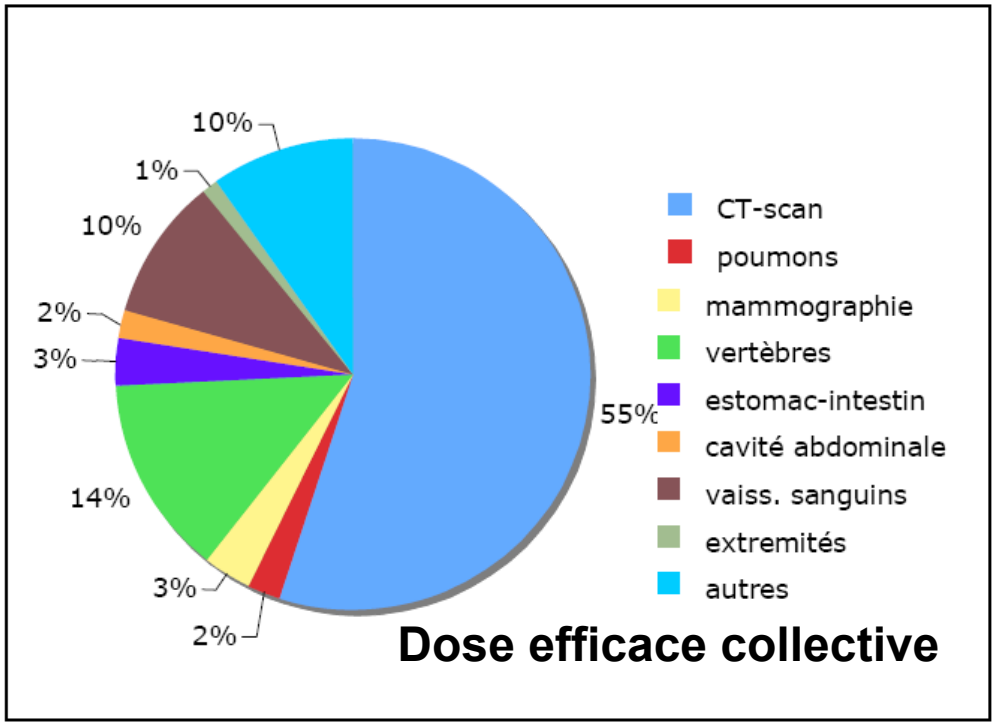
Figure 8 : Estimation de l'évolution des examens CT Scanner 1995-2004 (données nomenclature INAMI corrigées)

Données Belgique 2003



Nombre d'examens

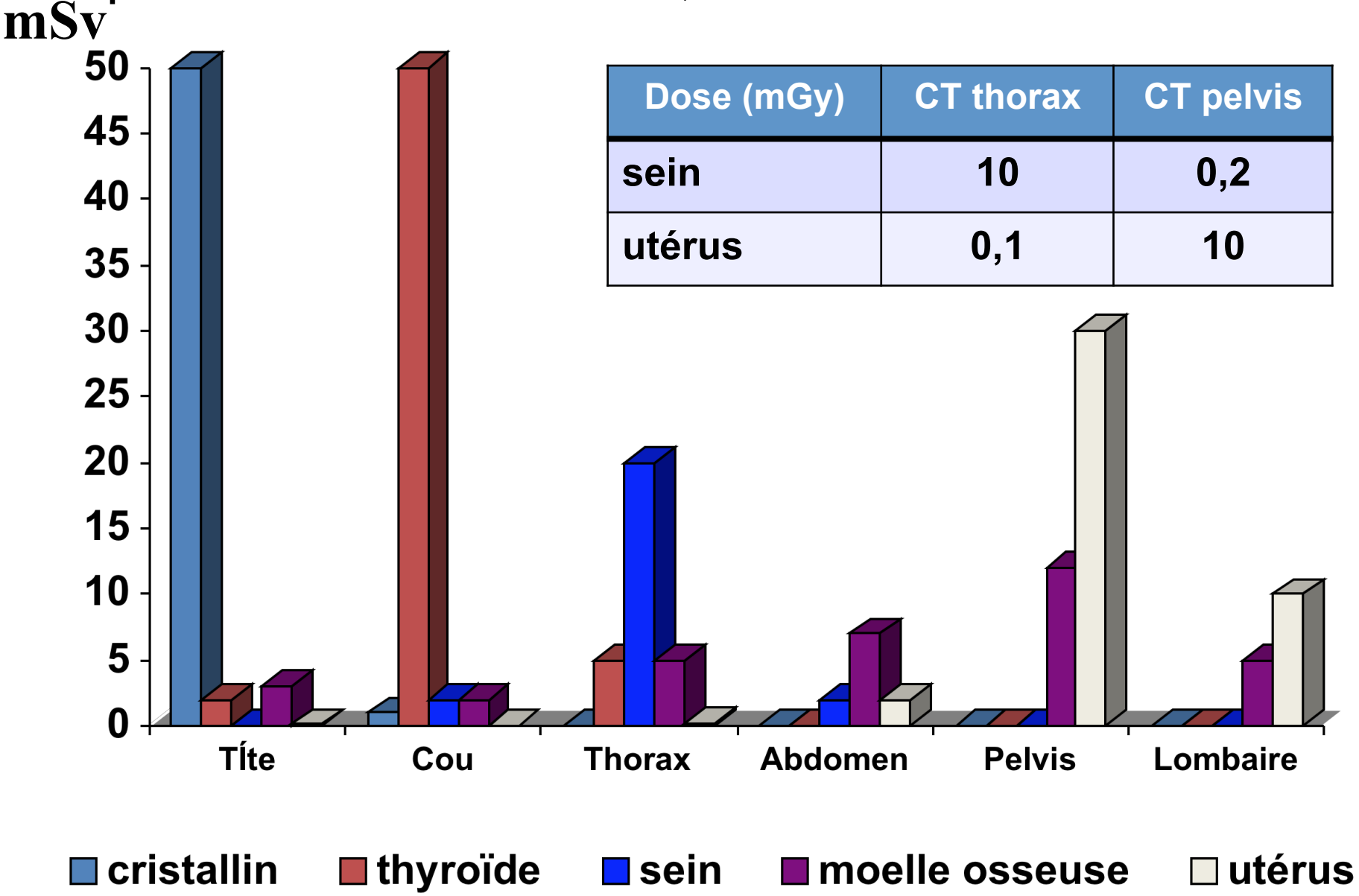
TDM = une source importante d'irradiation pour la population

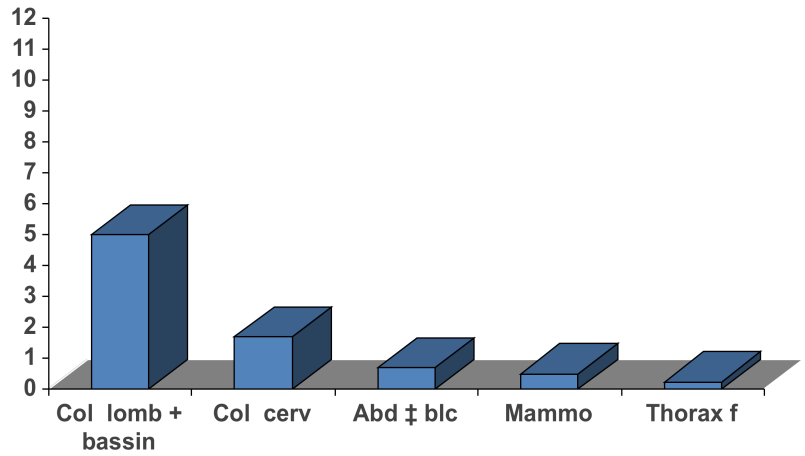


Dose efficace collective

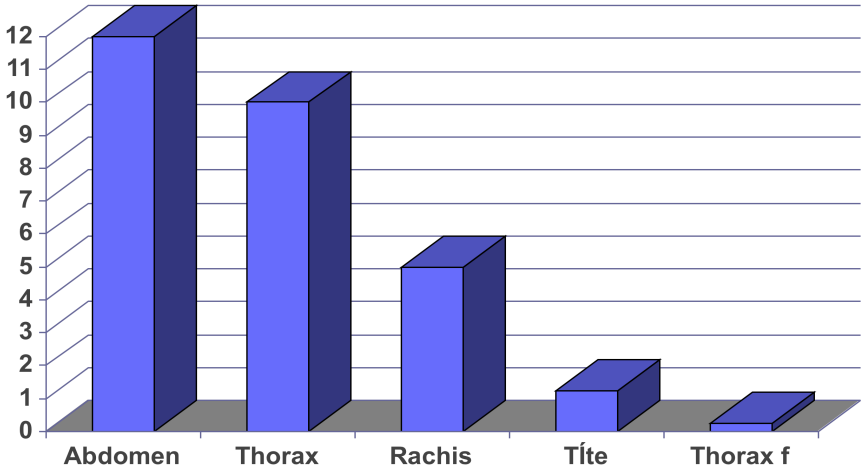
Règle générale: très irradiant dans le volume irradié, peu irradiant en dehors, car collimation +++

Dose (mGy)	CT thorax	CT pelvis
sein	10	0,2
utérus	0,1	10





Rx conventionnelle



Tomodensitométrie

TDM thoracique vs RX conventionnelle

Dose en mGy	TDM thorax	Cliché st face	
poumons	10 à 20	0,1 à 0,2	X 100

Capteurs plans: 0,1 mSv

Plan de l'exposé

- ✓ Risque des petites doses
- ✓ Quelle dose pour quel examen?
- ✓ Conduites pratiques à tenir

1. Quelques exemples d'examen pour lesquels la prescription doit cesser
2. Quelques exemples d'examen pour lesquels la prescription doit diminuer et changer
3. Radiologie du thorax

Quelques exemples d'examens pour lesquels la prescription doit cesser

	Attitude	Irradiation	Remplacer par	Commentaire
Tomo conv.	cesser	> CT dans tous les cas	CT au besoin	Obsolète
Rx crâne	cesser	1% de l'irradiation d'origine médicale	CT si trauma, sinon IRM	Obsolète
Rx abdomen	cesser	6% de l'irradiation d'origine médicale	Echographie, puis CT au besoin	Obsolète ?
Rx uiv	cesser	UIV : 7-15 mSv CT: 10 mSv	Echographie, puis CT au besoin	Obsolète, sauf cysto (reflux)
Rx phlébo	cesser	faible	Echographie	Obsolète

Quelques exemples d'examens pour lesquels la prescription doit diminuer et changer

	Attitude	Irradiation	Remplacer par	Commentaire
Rx colonne (lombaire)	diminuer et changer	17% de l'irradiation d'origine médicale col lomb: 5 mSv CT :10 mSv	IRM , surtout chez le jeune, CT en 2ème option	Plus d'indication en 1ère intention, sauf statique
CT crâne et CTcolonne (lombaire)	diminuer et changer	21% de l'irradiation d'origine médicale CT crâne: 2 mSv CT col: 10 mSv	CT Crâne: IRM , sauf traumato CT Colonne: IRM , surtout chez le jeune	Paidoyer pour la généralisation de l'IRM

RX thorax: diminuer

- 2% de l'irradiation d'origine médicale
- Plus du double des Pays-Bas
- Mais néanmoins bon rapport renseignements (nodule?) - prix - irradiation

- ***1ère campagne de sensibilisation des prescripteurs***

La radiographie de thorax n'est plus indiquée en "examen de routine" dans les situations suivantes:

- pathologie respiratoire non tumorale
- pathologie cardiovasculaire non préopératoire
- comme examen préopératoire
- réanimation et soins continus
- urgences

A retenir en bref
« Take home messages »

En 10 points

1. L’ irradiation d’origine médicale augmente de façon alarmante
2. La Belgique est un (très) mauvais élève
   - ✓ différences régionales??

3. Le risque essentiel est la cancérogenèse
   - ✓ + radiodermite en radiologie interventionnelle
   - ✓ + tératogenèse chez la femme enceinte

4. Cancérogenèse = risque stochastique
   - ✓ donc faible pour un individu donné
   - ✓ mais bien réel au niveau de la population globale
5. Nos pratiques médicales sont à l'origine de cancers radio-induits
   - ✓ 0 - 6% des cancers sont radio-induits pour *Berrington et al, Lancet, 2004*
   - ✓ extrapolation linéaire et principe de précaution
6. Le CT est la technique la plus inquiétante
   - ✓ Elle est intrinsèquement irradiante sur la cible
   - ✓ Elle est de plus en plus employée
   - ✓ Et pour des indications (parfois) limites

7. Donc toujours privilégier,
   surtout chez les jeunes:
   - ✓ L'IRM au CT pour le crâne et la colonne
     - ➢ sauf crâne traumatique
   - ✓ L'échographie au CT pour l'abdomen
8. Certains examens sont devenus obsolètes:
   - ✓ Tomo conventionnelles / RX crâne / UIV / phlébo
   - ✓ RX thorax reste utile chez le patient ambulant
9. Les radiographies des extrémités
   ne sont pas concernées
   par les problèmes d'irradiation

10. Mention particulière pour les enfants

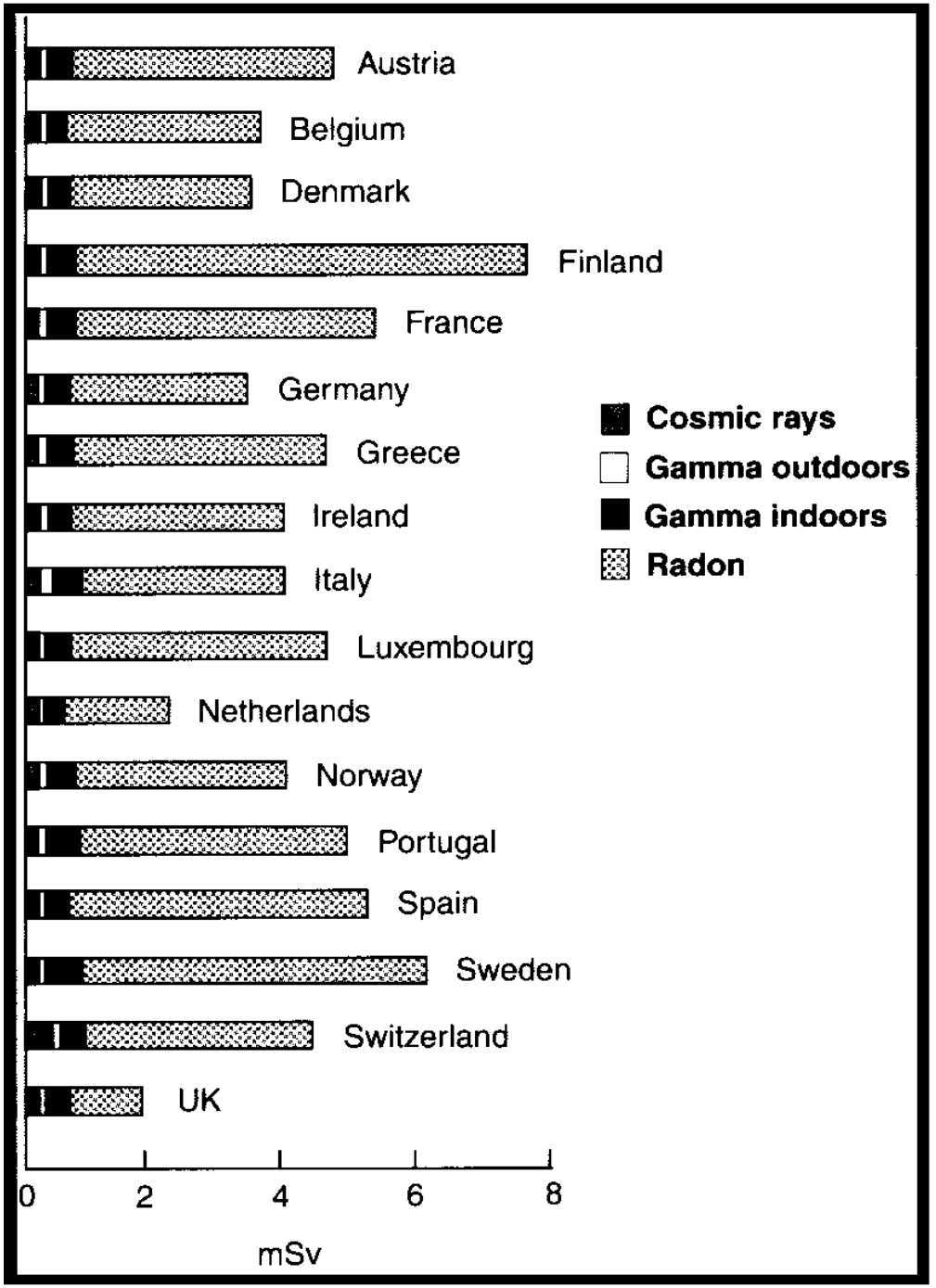
1. Risque stochastique cancérigène plus élevé:
   espérance de vie plus longue = augmentation de probabilité de voir apparaître un cancer

2. Risque stochastique génétique plus élevé:
   leur potentiel génétique doit encore s'exprimer vis à vis de leur descendance

3. Risques déterministes plus élevés:
   organismes en croissance
   = proportion plus importante
   de cellules jeunes radiosensibles,
   donc susceptibles de mourir

Annexe 1: Radon

- Risque accru de cancer du poumon > 100 Bq/m3
- Distribution très hétérogène
- Valeur dépassée dans de nombreuses habitations en Belgique
  - ✓ Wallonie > Flandre
  - ✓ Ardennes: concentration moyenne = 100 Bq/m3



Annexe 2: Hypothèse de l'hormésis

Le vif - l'express
avril 2005

DÉCOUVERTES

MÉDECINE

La double face des rayons ionisants

Dangereuse à forte dose, l'irradiation pourrait se révéler bénéfique à faible dose

Et si les rayonnements ionisants utilisés lors des radiographies, des scanners, mais aussi pour le traitement de nombreux cancers, étaient, dans certains cas, sans danger ? Mieux : et si ces rayonnements pouvaient, parfois, se révéler bénéfiques ? C'est la thèse, un peu iconoclaste, que défendent, en France, l'Académie de médecine et celle des sciences. Dans un avis très documenté, les deux vénérables institutions ont fait le point sur un thème controversé : le rapport entre les doses et les effets des faibles quantités de rayonnement. Rappelons qu'une radiothérapie emploie 2 000 fois plus de rayons qu'un simple exa-

Annexe 3: capteurs plans

- Norme EQD = Efficacité Quantique de Détection
  - renseigne en % sur l'efficacité d'un système à transférer l'énergie absorbée en image

- Comparatif:
  - 20 à 30 % pour un couple écran - film
  - 20 à 25 % pour un système au phosphore
  - 30 à 40 % pour les capteurs plans au Sélénium
  - 45 à 55% pour les capteurs plans au Silicium