

# Ordre de grandeur des doses reçues lors des expositions diagnostiques en pratique médicale

D Sirinelli, H Ducou le pointe,  
H Brisse, JF Chateil

université  
de **BORDEAUX**



**CHU**  
Hôpitaux de  
**Bordeaux**

# Objectifs

- Connaître le niveau de l'irradiation naturelle observée en France
- Savoir exprimer le niveau d'exposition d'un examen d'imagerie en « dose efficace »
- Comparer avec les autres risques
- Apprécier l'irradiation comparée en radiographie conventionnelle
- Apprécier l'irradiation délivrée par la tomodensitométrie +++
- ..Deux mots de radiologie interventionnelle
- ...et de médecine nucléaire

# Pourquoi savoir exprimer le niveau de dose ?

- Une obligation en radioprotection
  - Obligation réglementaire...
  - ...Question éthique !
- Connaître et évaluer notre pratique pour :
  - Informer
  - Nous comparer aux recommandations
  - Contribuer à l'évolution des référentiels

# Quels indices pour quels objectifs ?

- Évaluation de l'équipement
  - Contrôle de qualité des appareillages
- Évaluation de la pratique
  - Combien « coûte » une image ou un examen ?
  - En regard de la législation
  - Selon un niveau de référence donné (NRD)
- Évaluation d'un risque
  - Pour informer le patient ou le clinicien
  - Pour comparer un examen à...
    - Une autre exploration
    - Un autre risque

M  
e  
s  
u  
r  
é

en mGy

C  
a  
l  
c  
u  
l  
é

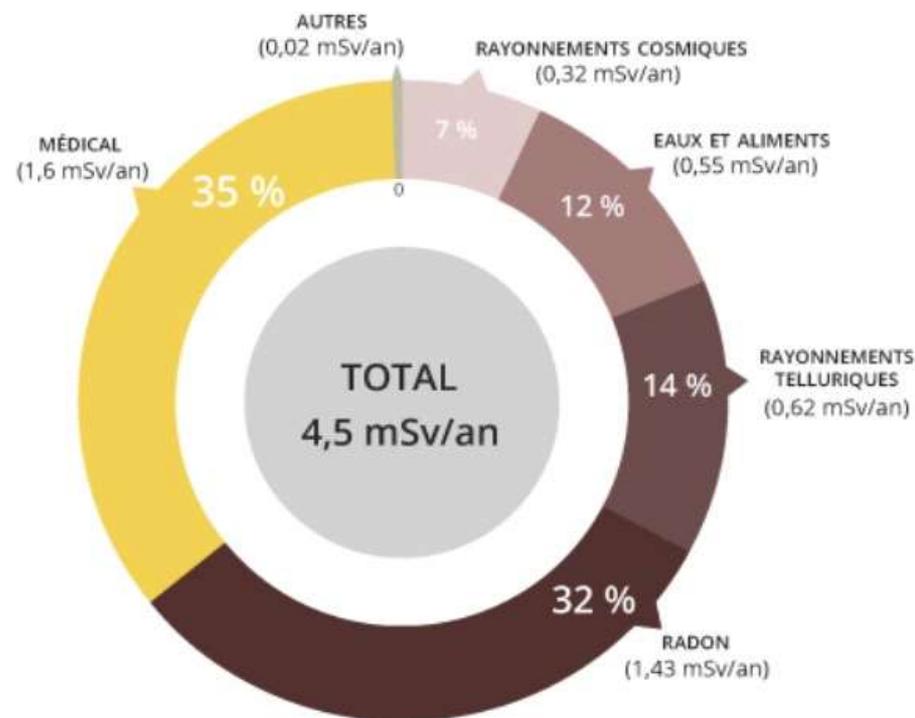
en mSv

# Dose efficace : E

- Grandeur « non mesurable », exprimée en **Sv**
- Calculée à partir des doses physiques en utilisant des facteurs de pondération :
  - Dépendant de l'organe exposé, type de rayonnement
  - « consensuels » donc susceptibles d'évoluer...
- Utilisées en radiobiologie et radioprotection pour quantifier les effets d'une irradiation
- La dose efficace (corps entier) : bon outil d'évaluation des risques et de communication

# Exposition naturelle et artificielle

Exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants  
Bilan IRSN 2015



**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

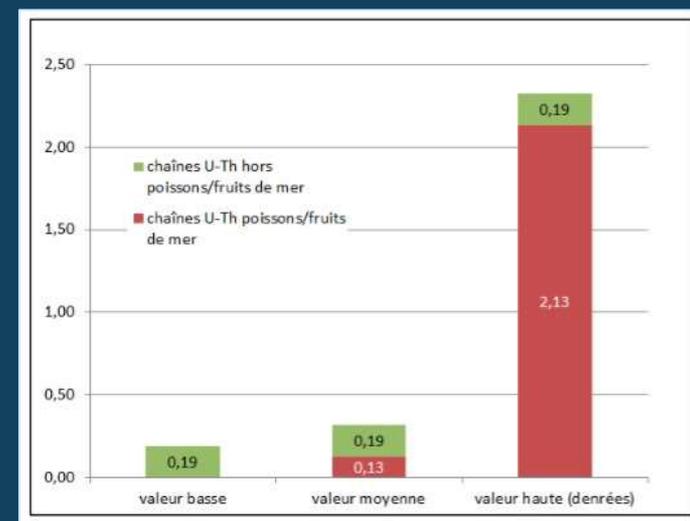
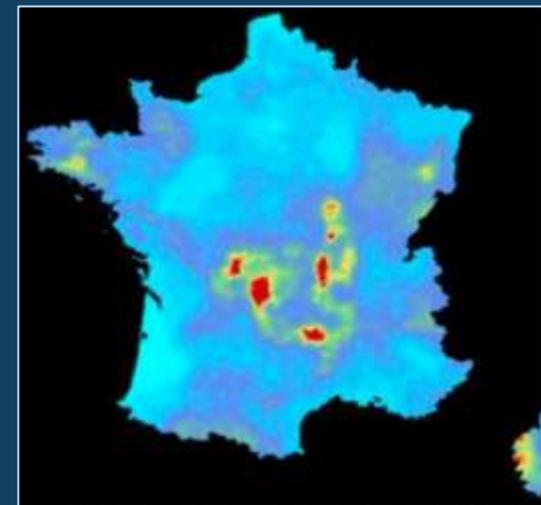
Faire avancer la sûreté nucléaire

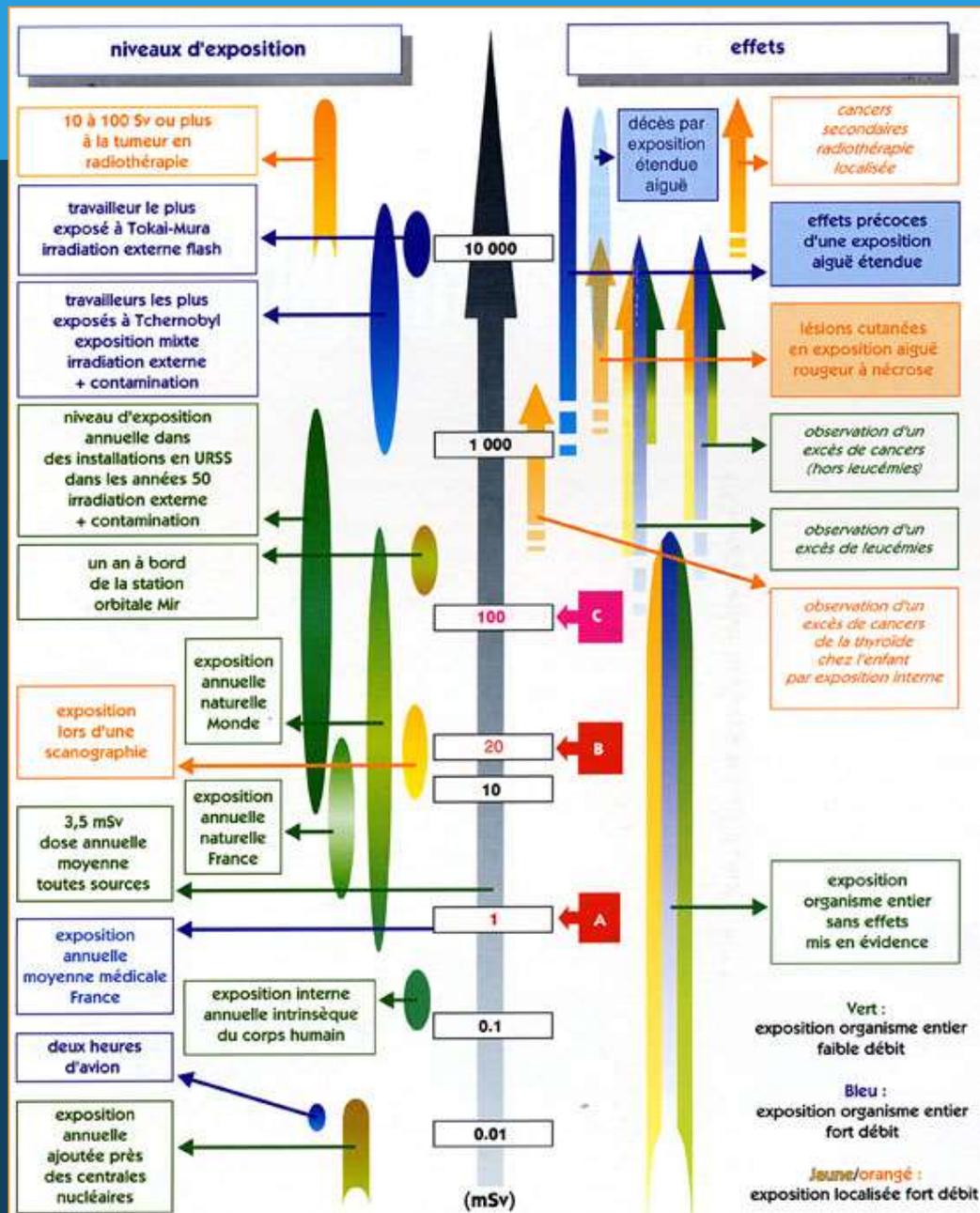
Exposition de la population  
française aux rayonnements  
ionisants

Rapport IRSN/2015-00001

# Exposition naturelle de la population française

- Radon 32 %
  - gaz radioactif d'origine naturelle (désintégration uranium et radium)
- Rayonnement tellurique 14 %
- Eau et aliments 12 %
  - Potassium, désintégration uranium et thorium
- Rayonnement cosmique 7 %





# Valeurs relatives des doses observées en imagerie médicale

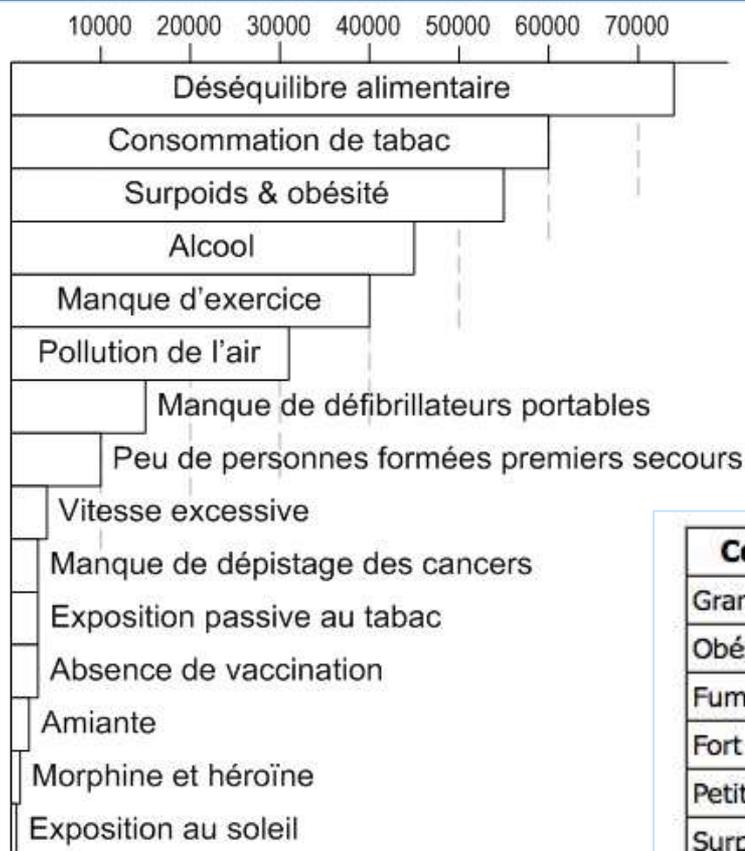
## Quelle quantité de rayonnement ?

Voici la dose de rayons X reçue par type d'examen.



\* L'IRM (imagerie par résonance magnétique) et l'échographie n'utilisent pas les rayons X.

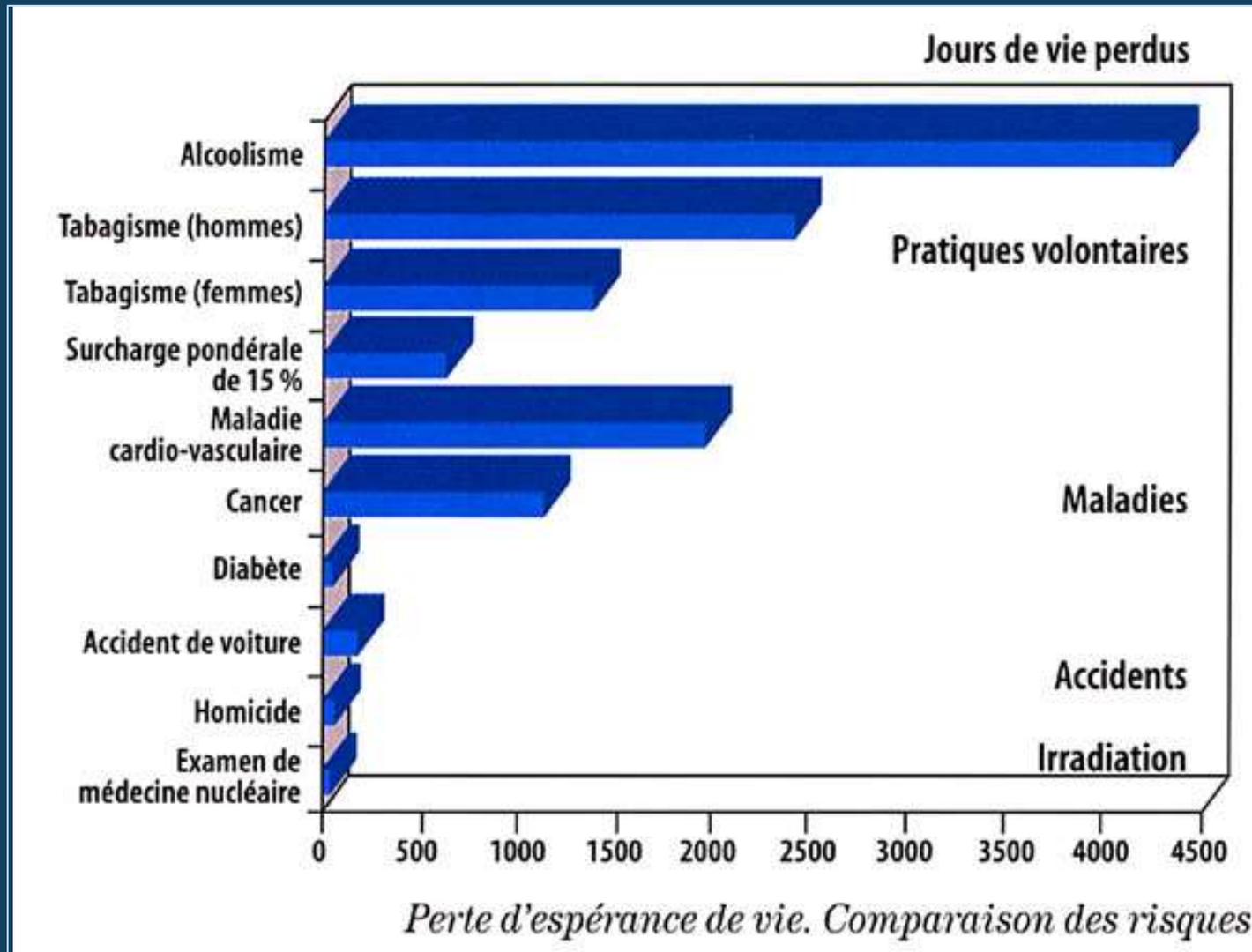
# Espérance de vie et risques comparés



*Causes principales de décès évitables*

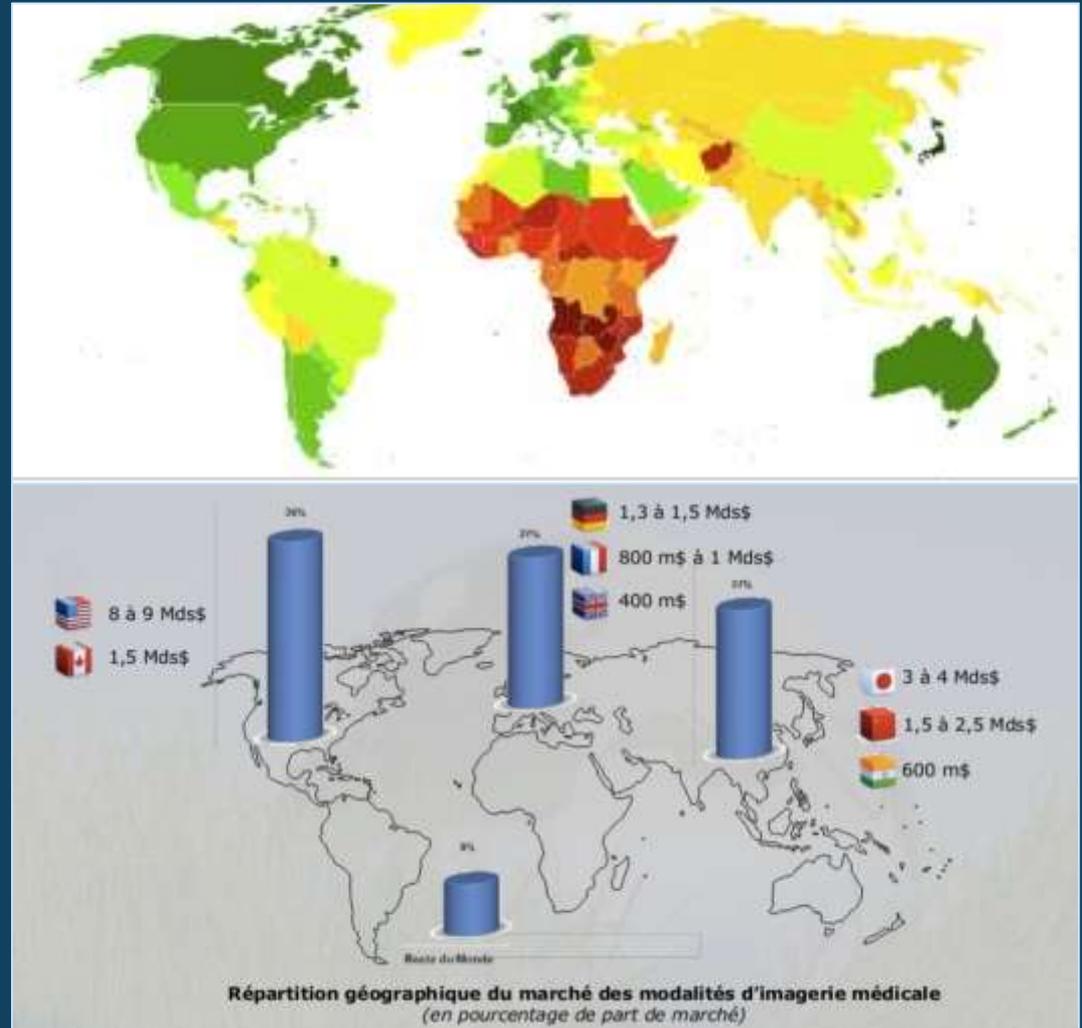
| Comportement habituel (ou état résultant)            | Perte d'espérance de vie |
|--|--------------------------|
| Grand fumeur (30 cigarettes par jour ou plus)        | - 8 ans                  |
| Obésité (IMC supérieur à 30)                         | - 6 ans                  |
| Fumeur (moyenne : 15 cigarettes par jour)            | - 4 ans                  |
| Fort stress *  | - 2,8 ans                |
| Petit fumeur (moyenne : 7 cigarettes par jour)       | - 2 ans                  |
| Surpoids (IMC compris entre 25 et 30)                | - 2 ans                  |
| Sédentarité (absence d'activité physique régulière)  | - 1,4 ans                |
| Consommation de plus de trois verres de vin par jour | - 1,2 ans                |
| Consommation régulière d'aliments brûlés *           | - 0,4 ans                |
| Fumeur passif (au travail ou au domicile)            | - 0,2 ans                |

# Exposition aux radiations ionisantes et autres risques comparés



# Existe-t-il un lien entre le nombre d'installations radiologiques et l'espérance de vie ?

- Espérance de vie proportionnelle à la densité en modalités d'imagerie
- Bénéfice >> risque



# Comparaison avec d'autres risques dans le domaine médical

## RISQUE MÉDICAL : ENTRE PRÉVENTION ET LUTTE

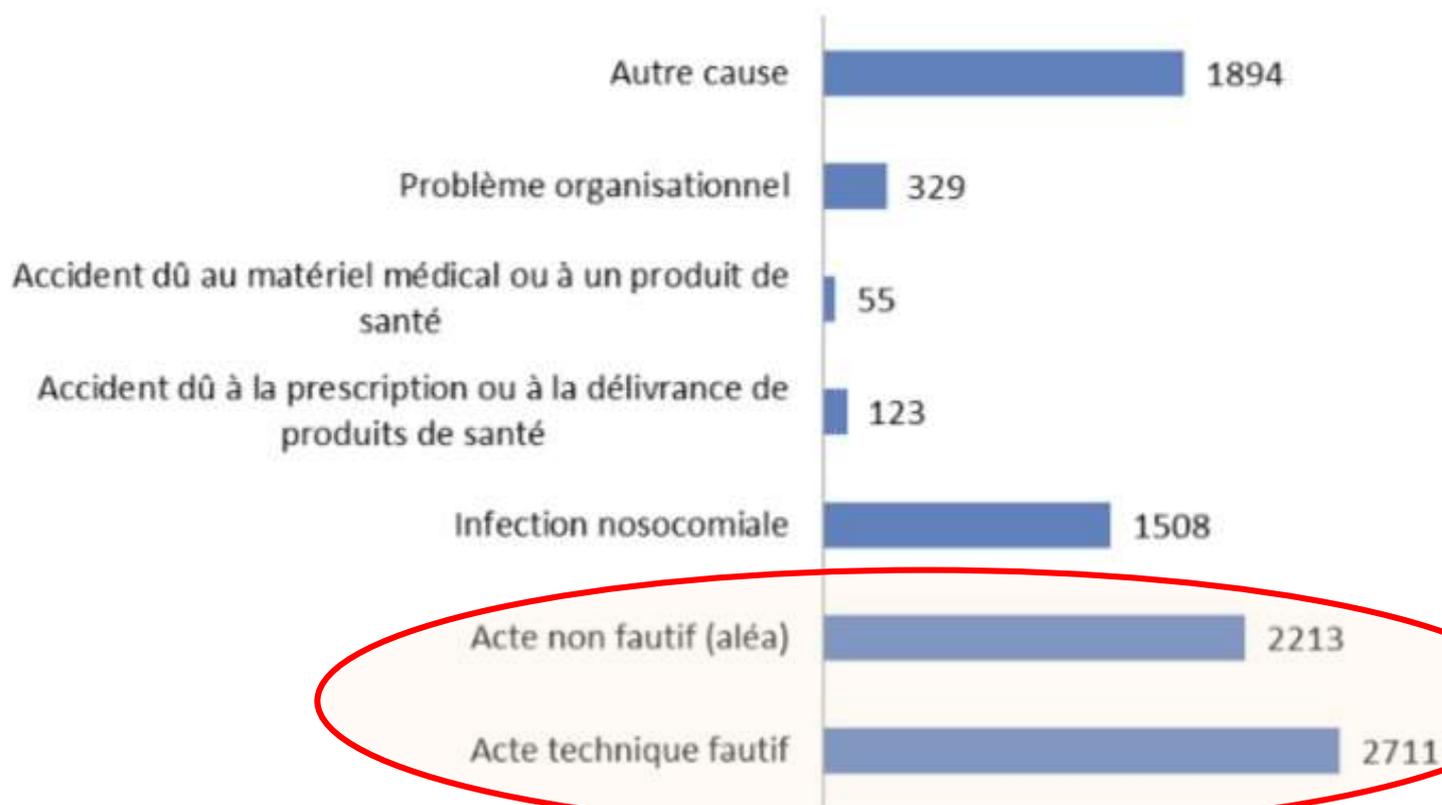
Les risques liés aux soins peuvent être classés en 3 types :

- ▶ **Les risques infectieux** : il s'agit des risques d'infections liés aux soins ou aux diagnostics (infections nosocomiales à l'hôpital par exemple). Ce risque se présente en particulier lorsque l'acte médical implique l'introduction d'un corps étranger à l'intérieur de l'organisme. Cette intrusion peut être propice à la contagion par une bactérie, un virus ou un microbe.
- ▶ **Les risques médicamenteux** : un acte de soins nécessite parfois la prise de médicaments. Les médicaments étant des produits actifs, ils peuvent entraîner des effets indésirables cumulables avec ceux d'autres traitements.
- ▶ **Les risques liés aux pratiques** : l'acte de soin lui-même, en particulier lorsqu'il touche à la chirurgie, peut comporter des risques dans sa réalisation. Dans le cadre d'une opération, le risque médical peut ainsi être lié à une mauvaise exécution (intervention chirurgicale du mauvais côté par exemple). Cette notion de risque peut également être inhérente à l'acte lui-même, en dehors de toute erreur d'exécution. Ce risque médical lié aux pratiques ne se rencontre pas uniquement en chirurgie. D'autres spécialités (radiothérapie, dentaire, kinésithérapie et certains soins infirmiers) sont concernées.

# Observatoire des risques médicaux

## Rapport 2015

### Nature du sinistre en nombre de dossiers



# Accidents médicaux en radiologie

- Rapport du « sou médical » 2013  
Radiologues : 88 déclarations de sinistre
  - Défauts de prise en charge
  - Erreurs d'interprétation
  - Complications
  - Dommage corporel
  - Médecine nucléaire

**Aucune déclaration en rapport avec la dose  
lors d'un acte d'imagerie diagnostique**

# Comment sont appréciées les niveaux d'exposition en radiologie ?

- Démarche « relativement » récente
- Données incomplètes dans la littérature
- Études ciblées de doses
  - Campagne de recueil pour l'établissement des NRD (Patients standards – Types d'examens limités)
- Campagnes plus systématiques :
  - Évaluation des pratiques
- Quel indice utiliser ?
  - Dose délivrée en mGy
  - Dose efficace en mSv
  - Équivalent d'irradiation naturelle

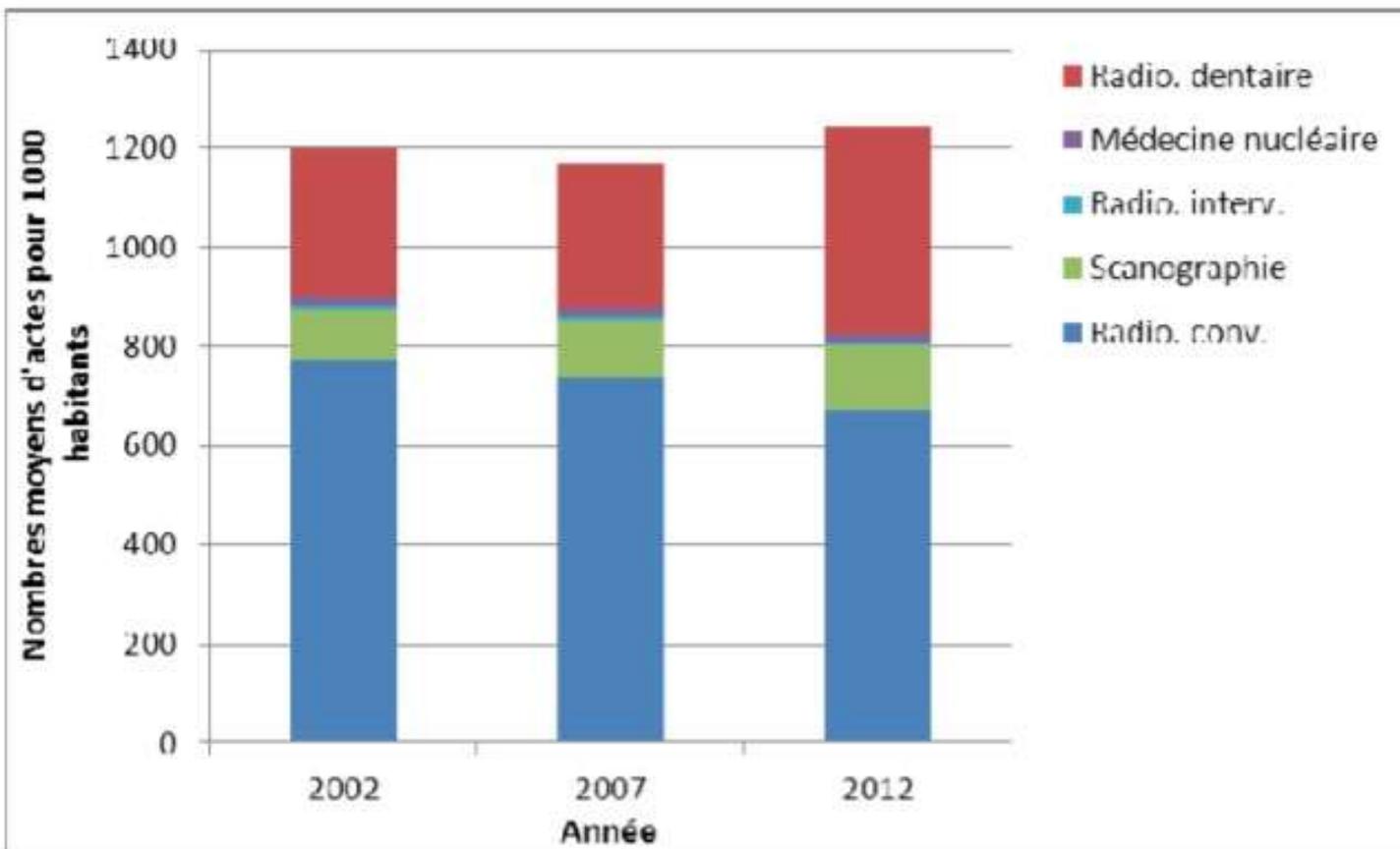
# Exposition de la population française aux rayonnements ionisant en imagerie

**IRSN**  
INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

## Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2012

Rapport PRP-HOM N° 2014-6

# Évolution de la répartition des actes d'imagerie de 2002 à 2012



**Figure 18 - Evolution de la répartition des actes selon la modalité d'imagerie entre 2002 et 2012 [4,5].**

# Origine et valeur de l'exposition médicale moyenne de la population française

**Titre : Hausse des actes de scanographie en France**

## Radiologie<sup>1</sup>

**- 1 % d'actes**

47,5 millions en 2002  
47 millions en 2007



<sup>1</sup> Conventionnelle hors dentaire

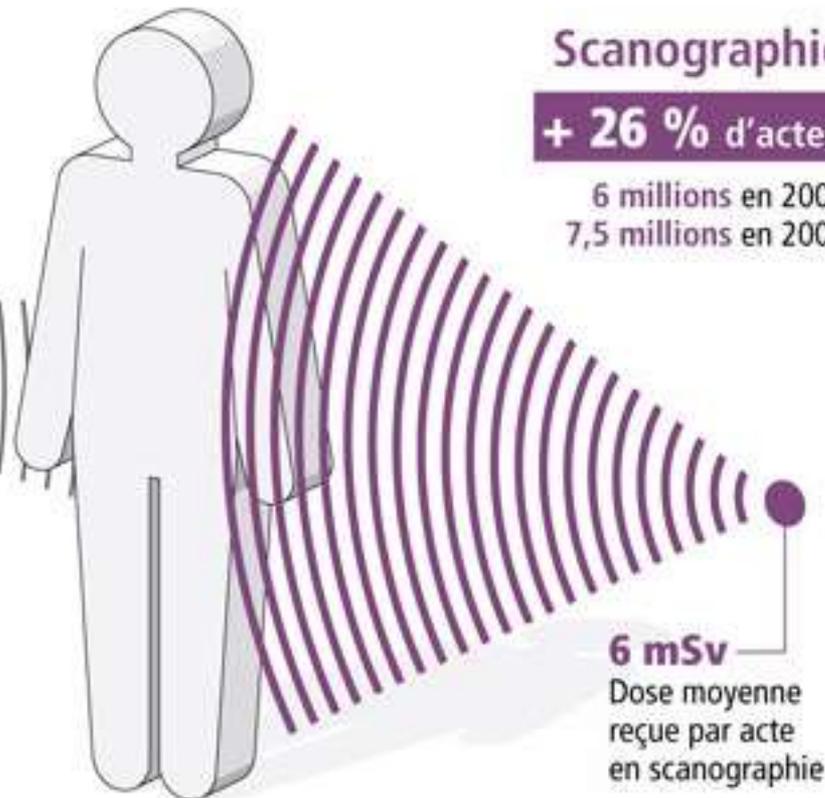
<sup>2</sup> Millisievert

Rapports Expri 2002 et 2007

## Scanographie

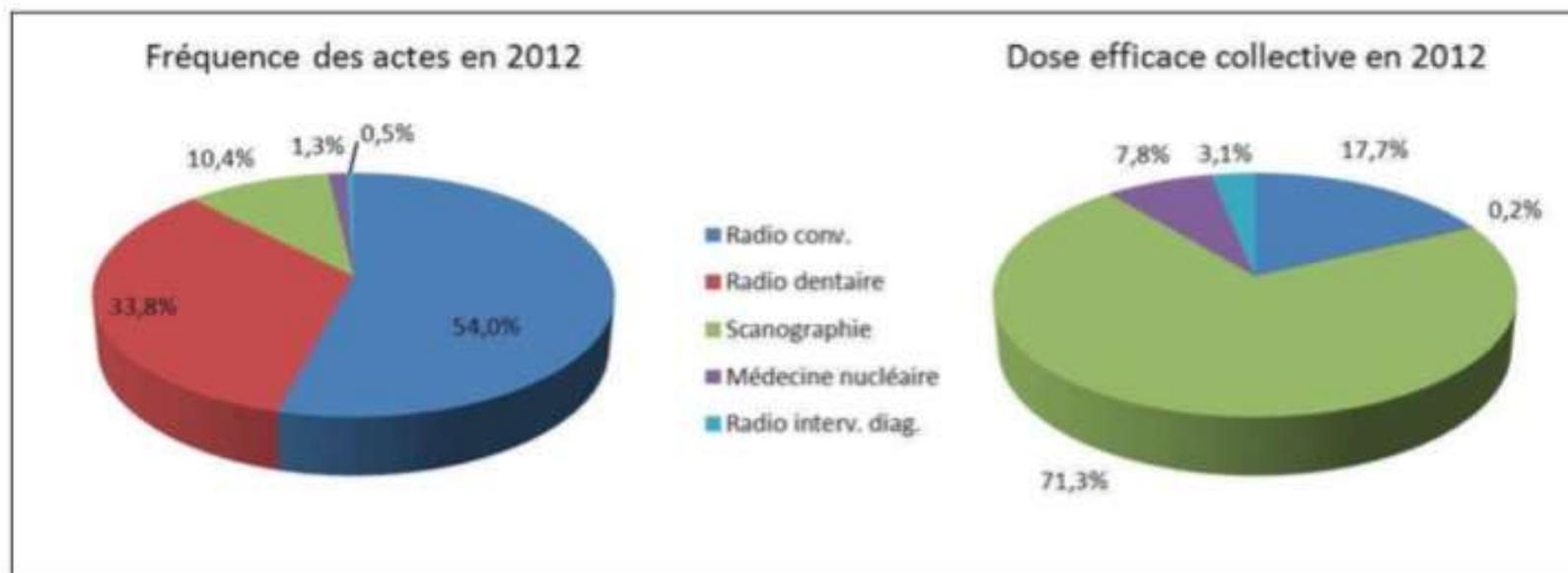
**+ 26 % d'actes**

6 millions en 2002  
7,5 millions en 2007



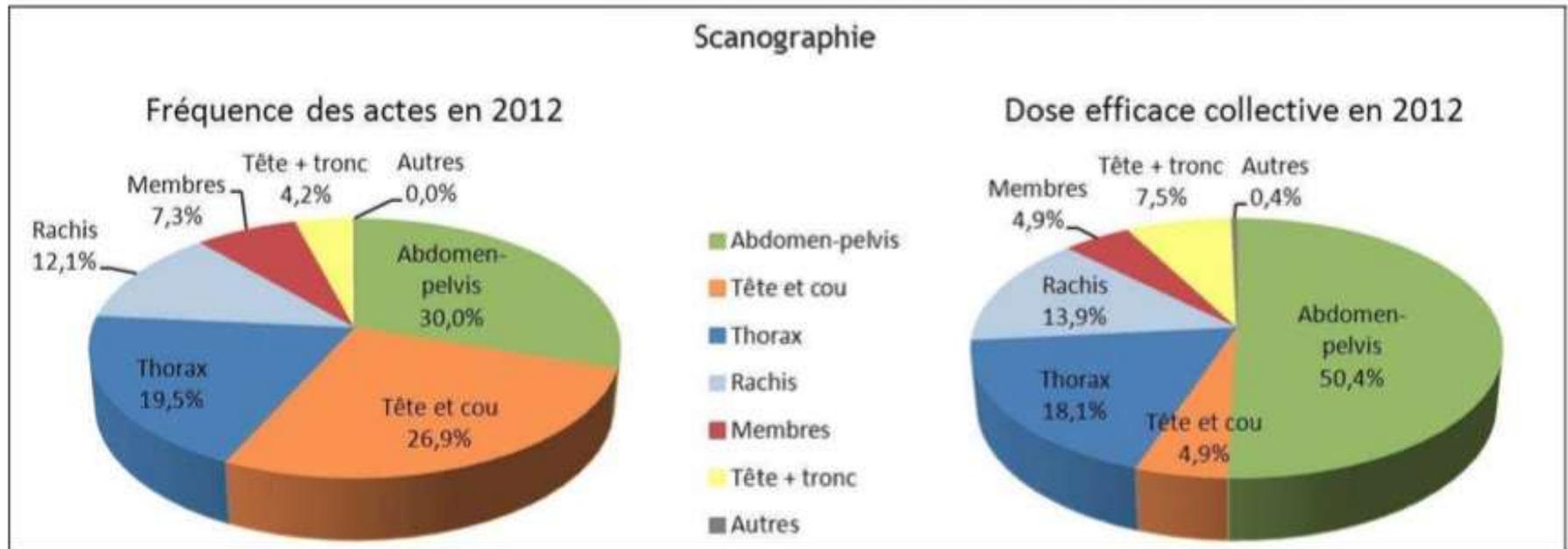
Hervé Bouilly/IRSN - Source IRSN

# Fréquence des actes diagnostiques et dose efficace collective



**Figure 2 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par type d'exploration diagnostique, France entière, 2012.**

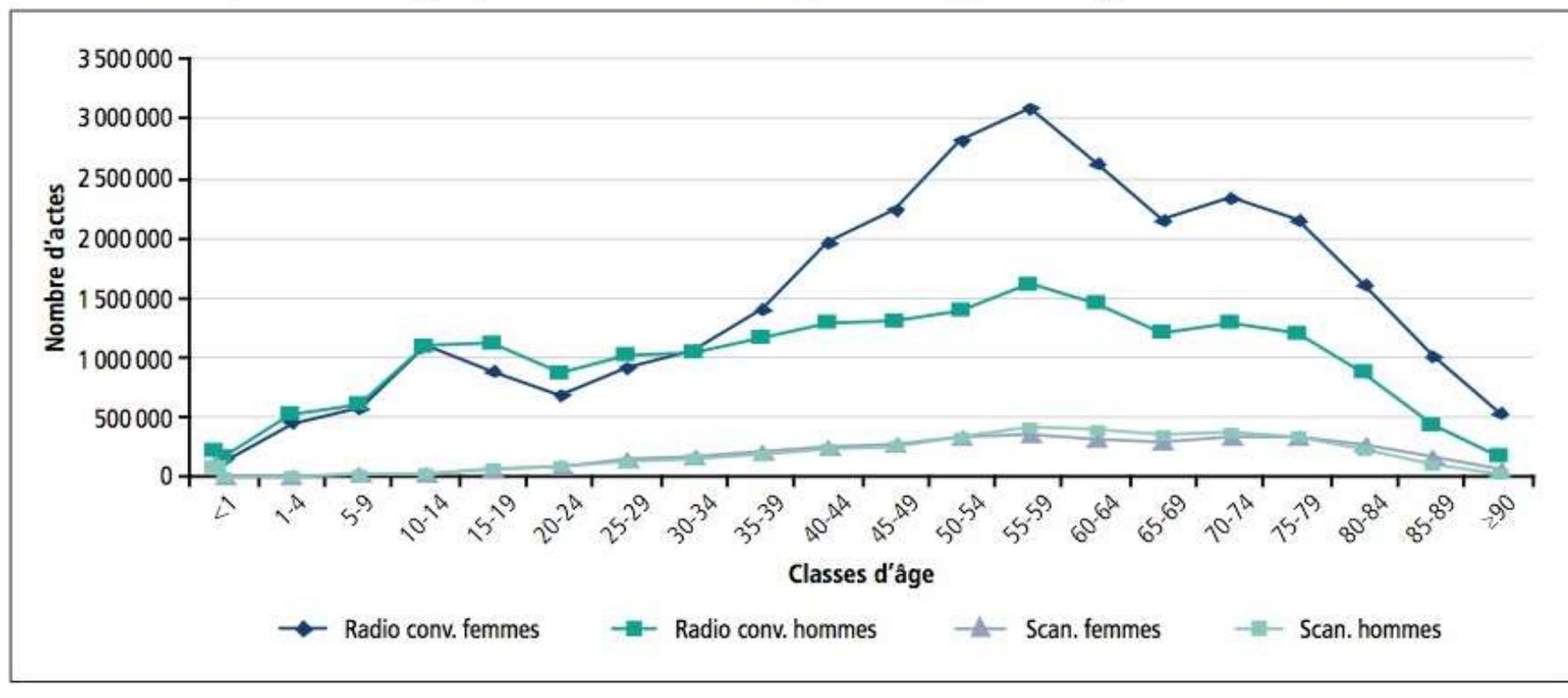
# Origine et valeur de l'exposition médicale moyenne de la population française



**Figure 4 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en scanographie, France entière, 2012.**

# Répartition des actes en fonction de l'âge

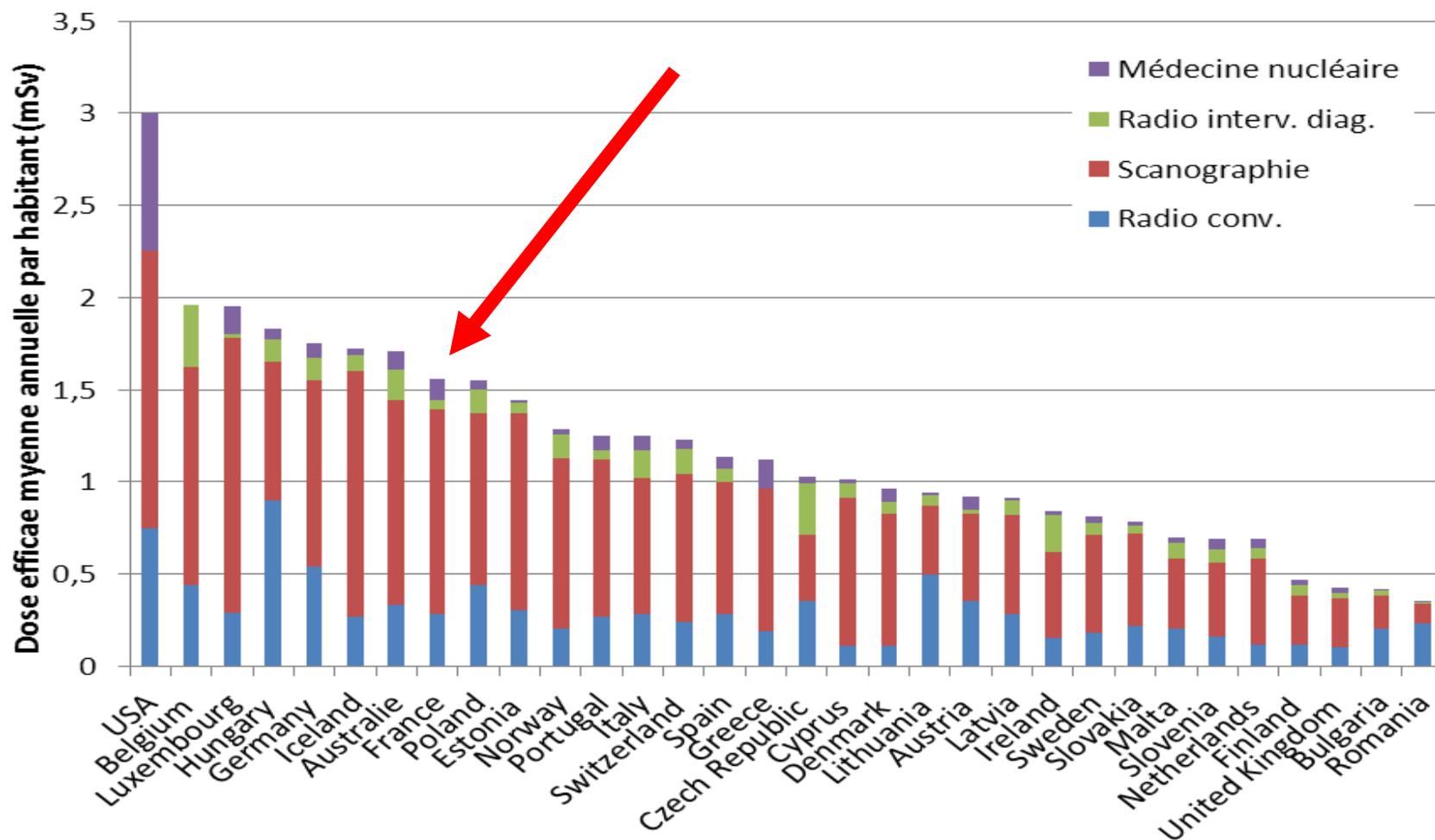
Répartition selon l'âge et le sexe du nombre d'actes de radiologie conventionnelle (hors dentaire endo-buccale) et de scanographie en France en 2007, secteurs public et privé confondus



# Évolution de la dose efficace moyenne 2002 à 2012

- Dose efficace moyenne par an et par habitant
  - 2002 : 0,83 mSv
  - 2012 : 1,6 mSv (+100 %)
- Explications avancées :
  - Meilleure connaissance des actes réalisés et des doses
  - Augmentation significative du nombre d'actes de scanographie + 26%  
de médecine nucléaire + 38 %
  - Plus grande part des actes de scanographie exposant le thorax, l'abdomen et le pelvis
  - Augmentation du TEP scan

# Comparaison aux données internationales



# Expression pratique de la dose

## Décret n° 2003-270 - Code de la santé publique

- **Article 1333-66**
  - Le médecin réalisateur de l'acte indique sur un compte-rendu les **informations au vu desquelles il a estimé l'acte justifié**, les procédures et les opérations réalisées,...  
ainsi que **toute information utile à l'estimation de la dose reçue** par le patient.
  - Un **arrêté du ministre** chargé de la santé précise la nature de ces informations
- Publication de cet arrêté :  
**22 septembre 2006**

# Mesure de la dose effectivement délivrée

- Obligation devenue légale +++
  - Indication des éléments permettant de déterminer la dose
  - Respect de l'arrêté sur les NRD
- Quels éléments utiliser :
  - Nombre d'expositions, temps de scopie ?
  - Paramètres radiologiques ?
- Système de mesure ?
  - Débitométrie par cliché, par examen => PDS
  - Valeurs affichées sur la console en TDM

# Niveaux de doses en radiologie conventionnelle

| Examination                                    | Average Effective Dose (mSv) | Values Reported in Literature (mSv) |
|--|------------------------------|-------------------------------------|
| Skull  | 0.1                          | 0.03–0.22                           |
| Cervical spine                                 | 0.2                          | 0.07–0.3                            |
| Thoracic spine                                 | 1.0                          | 0.6–1.4                             |
| Lumbar spine                                   | 1.5                          | 0.5–1.8                             |
| Posteroanterior and lateral study of chest     | 0.1                          | 0.05–0.24                           |
| Posteroanterior study of chest                 | 0.02                         | 0.007–0.050                         |
| Mammography                                    | 0.4                          | 0.10–0.60                           |
| Abdomen  | 0.7                          | 0.04–1.1                            |
| Pelvis   | 0.6                          | 0.2–1.2                             |
| Hip  | 0.7                          | 0.18–2.71                           |
| Shoulder                                       | 0.01                         | ...                                 |
| Knee   | 0.005                        | ...                                 |
| Other extremities                              | 0.001                        | 0.0002–0.1                          |
| Dual x-ray absorptiometry (without CT)         | 0.001                        | 0.001–0.035                         |
| Dual x-ray absorptiometry (with CT)            | 0.04                         | 0.003–0.06                          |
| Intravenous urography                          | 3                            | 0.7–3.7                             |
| Upper gastrointestinal series                  | 6*                           | 1.5–12                              |
| Small-bowel series                             | 5                            | 3.0–7.8                             |
| Barium enema                                   | 8*                           | 2.0–18.0                            |
| Endoscopic retrograde cholangiopancreatography | 4.0                          | ...                                 |

# Dose absorbée : radiographie conventionnelle

- Grandeur physique mesurable, exprimée en **Gy**
  - Dose à la surface d'entrée :  $D_e$  (mGy)
  - Produit Dose.Surface : PDS (Gy.cm<sup>2</sup>)

# Arrêté du 22 septembre 2006

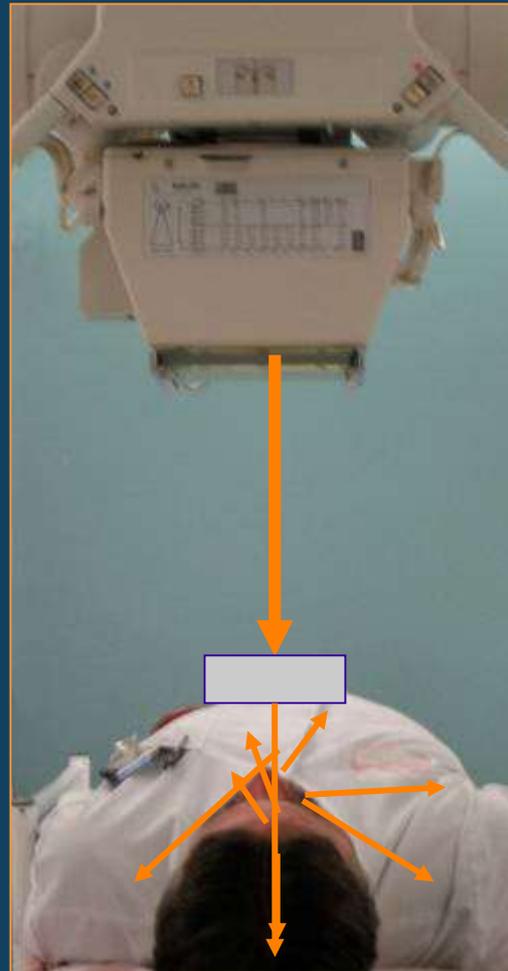
## 1. radiographie conventionnelle

- Sur le compte-rendu d'examen, doi(ven)t figurer en radiographie conventionnelle :
- Pour les examens touchant
  - La tête
  - Le cou
  - Le thorax
  - L'abdomen et le pelvis
- Soit le **Produit Dose x Surface** si disponible
- Soit, à défaut :
  - Pour :
    - Les examens potentiellement itératifs (<16 ans ),
    - Les examens pelviens (femmes en âge de procréer),
    - Les examens abdomino-pelviens (femmes enceintes) :
  - **Les paramètres : kV, mAs, diaphragme, distance FP...**

# Dose d'Entrée et Produit Dose x Surface

- Dose à l'Entrée : DE
  - Intérêt en radiologie interventionnelle
  - (Mesure directe)
  - Calcul à partir des constantes
  - Estimation secondaire possible à partir du PDS
  - (nb : Kerma dans l'air)
- Produit Dose x Surface : PDS
  - Mesure Intégrée sur l'ensemble de la procédure
    - Scopie + graphie

# Dose d'entrée : DE



Rétrodiffusé

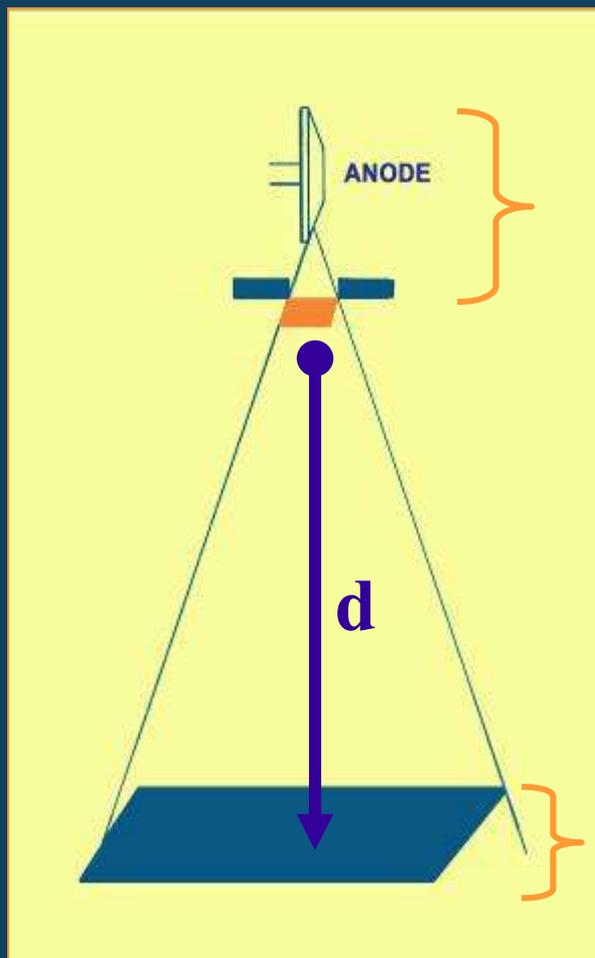
Dose dans l'air

# Mesure du produit dose x surface : PDS

**TUBE  
RX**



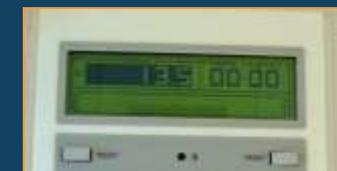
**PATIENT**



**Débit de dose =  $X$   
Surface =  $s$**

**Débit de dose =  $x$   
Surface  $S = > s$**

**Dose  
proportionnelle  
à  $1/d^2$**



**PDS =  
identique  
en  $mGy.cm^2$**

**Surface  
proportionnelle  
à  $d^2$**

# PDS : mesure par chambre d'ionisation



# PDS : calcul intégré au niveau du générateur

- Logiciel disponible au pupitre de commande
  - Intégration mAs, Kv, diaphragme, filtres...
  - Calcul des PDS successifs
  - Prise en compte et cumul des doses délivrées



| N° série | Procédure   | Nbre d'images | II Format | kV | mAs     | ms   |
|----------|-------------|---------------|-----------|----|---------|------|
| 1        | Face Profil | 1             | 40 cm     | 65 | 4.9 mAs | 23.6 |
| 2        | Face Profil | 1             | 40 cm     | 65 | 4.8 mAs | 22.5 |

Dose peau cumul. : 1 mGy  
 PDS cumulative : 25,40  $\mu\text{Gy m}^2$   
 Durée de radioscopie : 00:39 mins

# Valeurs comparées de DE et PDS (Niveaux de Référence Diagnostiques)

| EXAMEN                             | DE EN mGy<br>pour une incidence<br>unique | PDS EN cGy.cm <sup>2</sup><br>pour une incidence<br>unique |
|------------------------------------|---|--|
| Thorax de face (postéro-antérieur) | 0,3                                       | 25   |
| Thorax de profil                   | 1,2                                       | 100  |
| Abdomen sans préparation           | 8   | 700  |
| Bassin de face (antéro-postérieur) | 9   | 700  |
| Hanche (face ou profil)            | 9   | 300  |
| Rachis cervical (face ou profil)   | 4   | 75   |
| Rachis dorsal de face              | 5   | 175  |
| Rachis dorsal de profil            | 7   | 275  |
| Rachis lombaire de face            | 10  | 450  |
| Rachis lombaire de profil          | 25  | 800  |
| Orthopantomographie                | Sans objet                                | 20   |

# Évaluation de la dose efficace E (mSv)

- **Outil de communication**
- (Utilisation de **logiciels de calcul complexes** utilisant des fantômes mathématiques anthropomorphes)
- **Méthode simplifiée** (valeur approchée) :

$$E \text{ (mSv)} = k \times \text{PDS (Gy.cm}^2\text{)}$$

- Coefficient k (mSv/Gy.cm<sup>2</sup>) : tables spécifiques (NRPB)

# Coefficients de conversion k

## PDS → E dose efficace

| Région explorée            | KV         | Coefficient k de conversion PDS → E |           |
|----------------------------|------------|-------------------------------------|-----------|
| <b>Thorax F</b>            | <b>130</b> | <b>0.33</b>                         | <b>/3</b> |
| <b>Thorax P</b>            | <b>130</b> | <b>0.15</b>                         |           |
| <b>Abdomen</b>             | <b>70</b>  | <b>0.17</b>                         | <b>/5</b> |
| <b>Abdomen</b>             | <b>90</b>  | <b>0.22</b>                         |           |
| <b>Bassin</b>              | <b>70</b>  | <b>0.20</b>                         |           |
| <b>Tête F</b>              | <b>80</b>  | <b>0.04</b>                         |           |
| <b>Rachis cervical F</b>   | <b>70</b>  | <b>0.21</b>                         |           |
| <b>Rachis cervical P</b>   | <b>70</b>  | <b>0.03</b>                         | <b>/5</b> |
| <b>Rachis thoracique F</b> | <b>70</b>  | <b>0.27</b>                         |           |
| <b>Rachis thoracique P</b> | <b>80</b>  | <b>0.10</b>                         |           |
| <b>Rachis lombaire F</b>   | <b>80</b>  | <b>0.21</b>                         |           |
| <b>Rachis lombaire P</b>   | <b>90</b>  | <b>0.13</b>                         |           |

# Méthode simplifiée pour la conversion PDS → E dose efficace

Cervical face **1/5**  
profil **5/100**



Tête face : **5/100**

Thorax AP : **1/3**

Abdomen AP :

Bassin : **1/5**

Rachis lombaire :

# Valeurs comparées de DE, PDS et dose efficace

| Examen                    | De<br>(mGy) | PDS<br>(Gy.cm <sup>2</sup> ) | D <sub>eff</sub><br>(mSv) |
|---------------------------|-------------|------------------------------|---------------------------|
| Thorax de face            | 0,3         | 0,25                         | /3 = <b>0,08</b>          |
| Thorax de profil          | 1,5         | 1                            |                           |
| Rachis lombaire de face   | 10          | 7                            | /5 = <b>1,4</b>           |
| Rachis lombaire de profil | 30          | 10                           |                           |
| Abdomen sans préparation  | 10          | 7                            | /5 = <b>1,4</b>           |

# Valeurs des irradiations « comparées »

- Irradiation naturelle en France : 2 mSv/an

| Dose d'irradiation             | Équivalent irradiation naturelle |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1,4 mSv (ASP, Rachis lombaire) | 9 mois                           |
| 0,08 mSv (thorax face)         | deux semaines                    |

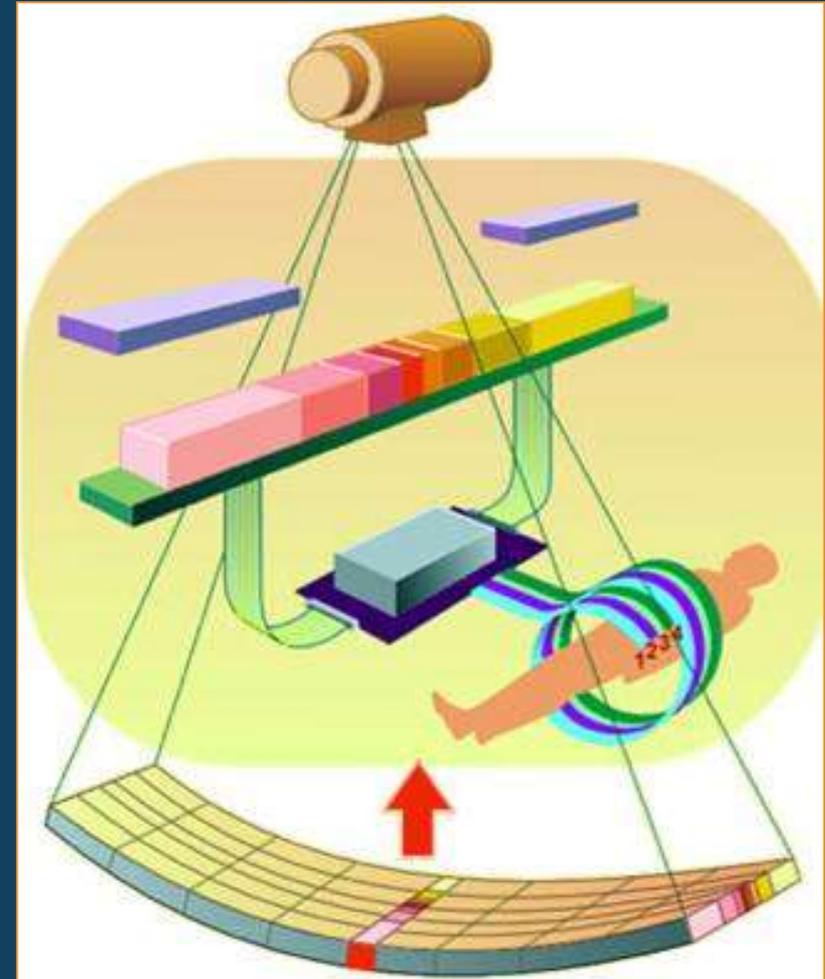
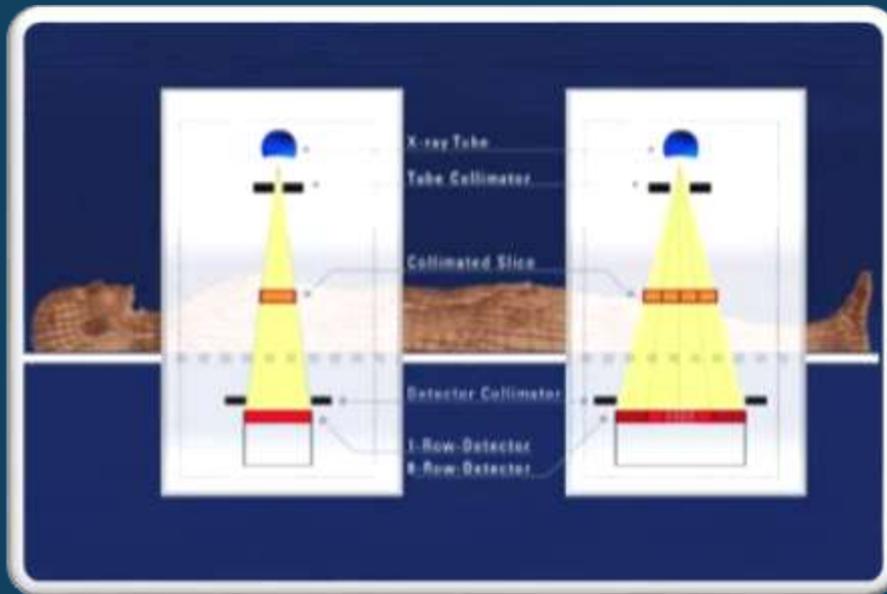
# Radio-pédiatrie :

## valeurs comparées de DE, PDS et dose efficace

| Examen                              | De<br>(mGy) | PDS<br>(Gy.cm <sup>2</sup> ) | D <sub>eff</sub><br>(mSv) |
|-------------------------------------|-------------|------------------------------|---------------------------|
| Thorax de face (6 mois)             | 0,05        | 0,01                         | /3 = <b>0,003</b>         |
| Abdomen sans préparation<br>(5 ans) | 0,3         | 0,2                          | /5 = <b>0,04</b>          |
| Cystographie (5 ans)                | 3           | 2,4                          | /5 = <b>0,5</b>           |

| Dose d'irradiation | Équivalent irradiation naturelle |
|--------------------|----------------------------------|
| <b>0,003 mSv</b>   | <b>1 jour</b>                    |
| <b>0,04 mSv</b>    | <b>2 semaines</b>                |
| <b>0,5 mSv</b>     | <b>3 mois</b>                    |

# Exposition en Tomodensitométrie



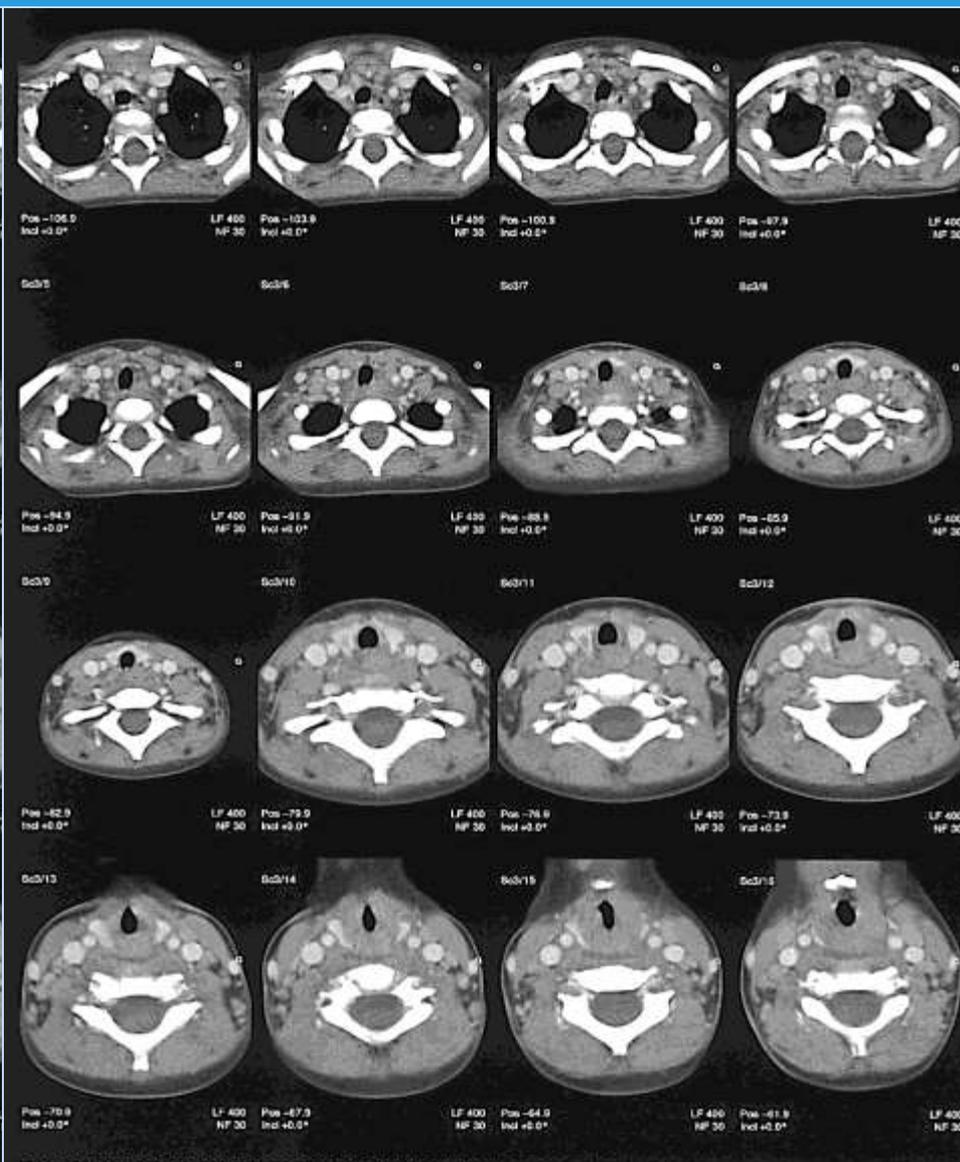
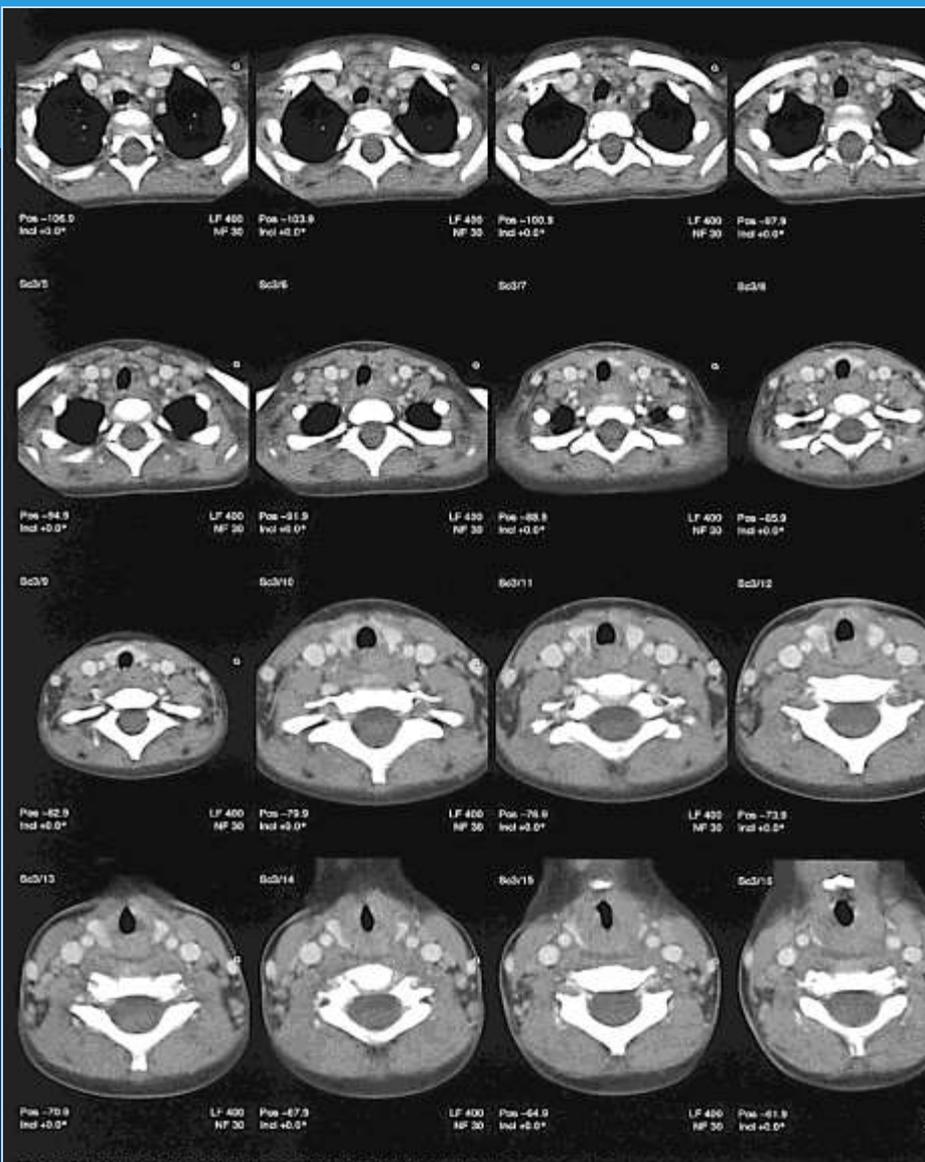
# Tomodensitométrie : les constats, les questions

- Élargissement des indications
  - De plus en plus d'examens...
- Progrès technologiques
  - De plus en plus de coupes...
  - Dans un temps de plus en plus court !
- Quels sont les risques réels ?
- Qui mesure quoi ?

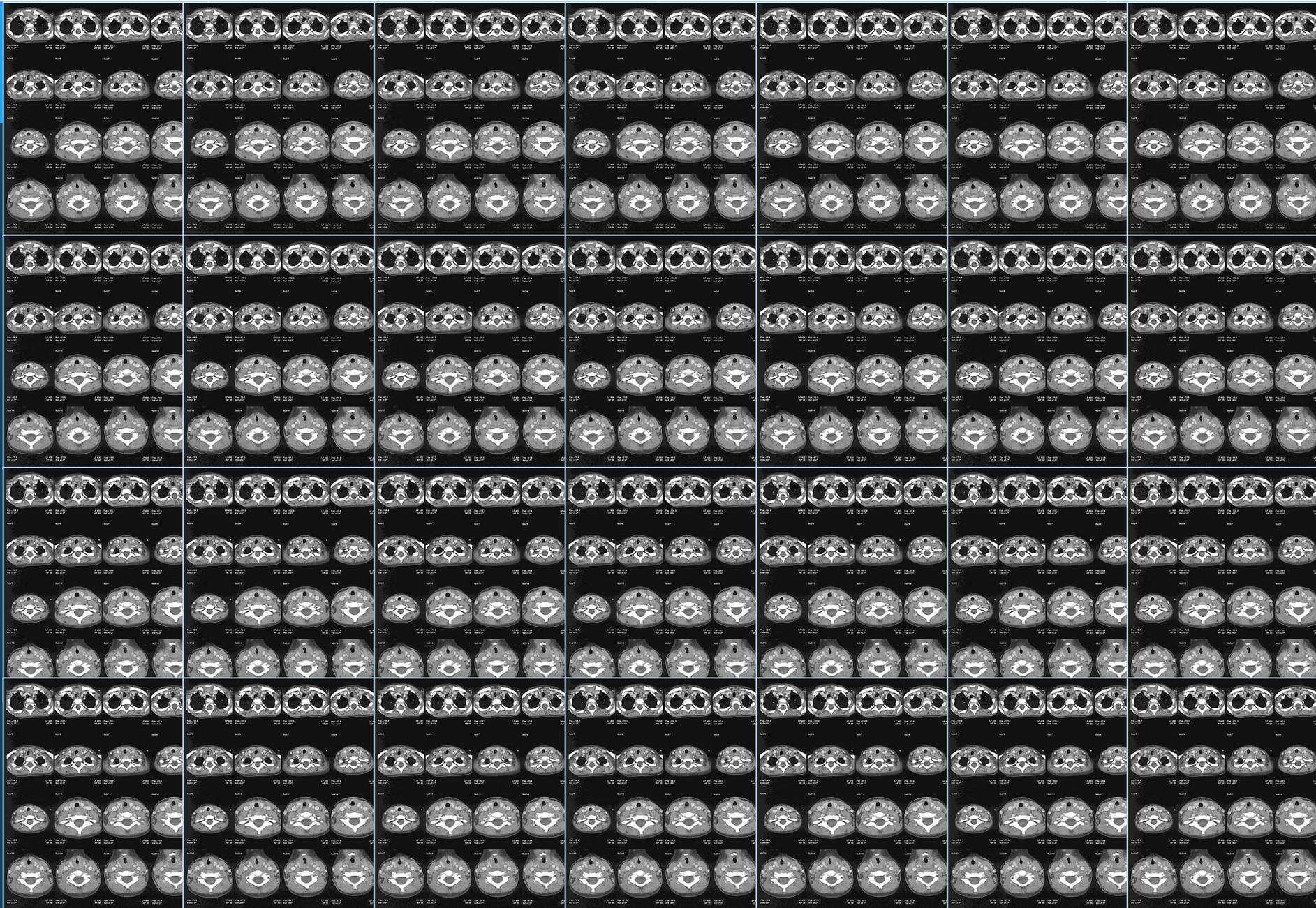


# Observation quotidienne

- Rapidité d'obtention des images
- Coupes à blanc, bolus, temps parenchymateux, passage tardif ...
- « Nécessité » de réaliser des reconstructions tridimensionnelles
- -> Augmentation considérable du nombre de coupes entre un « coupe à coupe » et un TDM hélicoïdal, avec 8, 16, 32, 40, 64, 128... détecteurs









# Doses efficaces comparées selon le type d'examen TDM

| Examination                  | Average Effective Dose (mSv) | Values Reported in Literature (mSv) |
|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Head                         | 2                            | 0.9–4.0                             |
| Neck                         | 3                            | ...                                 |
| Chest                        | 7                            | 4.0–18.0                            |
| Chest for pulmonary embolism | 15                           | 13–40                               |
| Abdomen                      | 8                            | 3.5–25                              |
| Pelvis                       | 6                            | 3.3–10                              |
| Three-phase liver study      | 15                           | ...                                 |
| Spine                        | 6                            | 1.5–10                              |
| Coronary angiography         | 16                           | 5.0–32                              |
| Calcium scoring              | 3                            | 1.0–12                              |
| Virtual colonoscopy          | 10                           | 4.0–13.2                            |

# Exemple du coro-scanner : bénéfice risque ?

- Protocoles techniques :
  - 64-128 coupes/tour
  - Gating cardiaque
  - Émission pulsée...
- Doses efficaces à l'organe :
  - Poumons : 42 à 91 mSv
  - Sein : 50 à 80 mSv
  - Risques théoriques (**RLSS**) :
    - Cancer pulmonaire :  
1/3261 homme, 80 ans
    - Cancer du sein ++ :  
**1/143** : femme jeune,  
inclusion de tout le thorax...



*Einstein AJ, Estimating risk of cancer associated with radiation exposure from 64-slice computed tomography coronary angiography. JAMA. 2007; 298: 317-23.*

*Hurwitz LM, Radiation Dose from Contemporary Cardiothoracic Multidetector CT Protocols with an Anthropomorphic Female Phantom: Implications for Cancer Induction. Radiology. 2007.*

# Dose absorbée : D en Tomodensitométrie

- Grandeur physique mesurable,  
exprimée en **Gy**
- **Indice de dose de scanographie pondéré, IDSP ou CTDI (mGy)**
  - IDSV pour tenir compte du pas....
- **Produit 'Dose x Longueur' : PDL (mGy.cm)**
  - grandeur dérivée de la dose absorbée multipliée par la longueur explorée

# Arrêté du 22 septembre 2006

## 2. Tomodensitométrie

- Sur le compte-rendu d'examen doit figurer :
  - Tête et tronc...
  - Soit le produit dose x longueur, **PDL**, distinguer le PDL « tête et cou » et celui de « tout ou partie du tronc » (thorax, abdomen et pelvis)
  - Soit la longueur examinée, L, l'indice de dose de scanographie pondéré, IDSP ( $CTDI_w$ ), l'indice de dose de scanographie/volume, IDSV ( $CTDI_{vol}$ )
  - **IDSV** indispensable :
    - expositions du pelvis chez une femme en âge de procréer
    - expositions abdomino-pelviennes justifiées chez la femme enceinte

# Évaluation de la dose efficace E (mSv)

- Utilisation de **logiciels de calcul complexes** faisant appel à des fantômes mathématiques anthropomorphes (bis)...
- **Méthode simplifiée** (valeur approchée) :

$$E_{\text{mSv}} = \text{DLP}_{\text{mGy.cm}} \times f_{\text{PDL}} (\text{mSv/mGy.cm})$$

# Conversion PDL → dose efficace - $E_{\text{eff}}$

|           | CTDI <sub>w</sub><br>(mGy) | DLP<br>(mGy.cm) | X | $f_{\text{pdl}}$<br>(mSv/mGy.cm) | = | $E$ (mSv) |
|-----------|----------------------------|-----------------|---|----------------------------------|---|-----------|
| tête      | 58                         | 1050            |   | 0,0021                           |   | 2,2       |
| cou (ORL) | 12                         | 350             |   | 0,0052                           |   | 1,8       |
| thorax    | 27                         | 650             |   | 0,017                            |   | 11,1      |
| abdomen   | 33                         | 770             |   | 0,015                            |   | 11,6      |
| bassin    | 33                         | 570             |   | 0,016                            |   | 9,1       |

# Conversion PDL → dose efficace : $E_{\text{eff}}$

**Cervical 1/200**

**crâne : 1/500**

**Thorax homme : 1/60**

**Thorax femme : 1/50**

**Abdomen Pelvis : 1/65**



# Valeurs des irradiations « comparées »

- Irradiation naturelle en France : 2 mSv/an

| Dose d'irradiation      | Équivalent irradiation naturelle |
|-------------------------|----------------------------------|
| 2 mSv (TDM Crâne)       | 1 an                             |
| 10 mSv (thorax abdomen) | 5 ans                            |

# Niveaux de doses en TDM Pédiatrique

- Enjeu véritable
- Doses délivrées significatives
- Débat sur le risque réel encouru
- ALARA, encore et toujours...

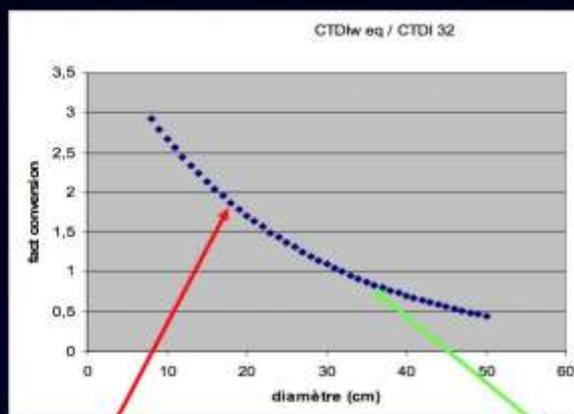


# Scanner et irradiation chez l'enfant

| Explored anatomical area  | Median effective dose in mSv (min-max) by age at exposure |   |
|---------------------------|---|---|
|                           | < 1 year  | 1-5 years   |
|                           | MDCT  |   |
| <i>Head</i>               | 1.4 (0.6-3.2)   | <div style="background-color: #003366; color: white; padding: 10px; text-align: center;">           3 à 5 ans<br/>d'irradiation naturelle         </div>  |
| <i>Middle ear</i>         | 2.0 (0.2-7.1)   |   |
| <i>Chest</i>              | 2.7 (1.0-6.8)   |   |
| <i>Abdomen and Pelvis</i> | 5.7 (2.5-10.6)  |   |
|                           |   |   |

# Scanner et irradiation chez l'enfant

- Dose estimée par IDSV = dose sous-évaluée



Même CTDI  
pour enfant  
et adulte

Dose  
X 2

Place du SSDE ?

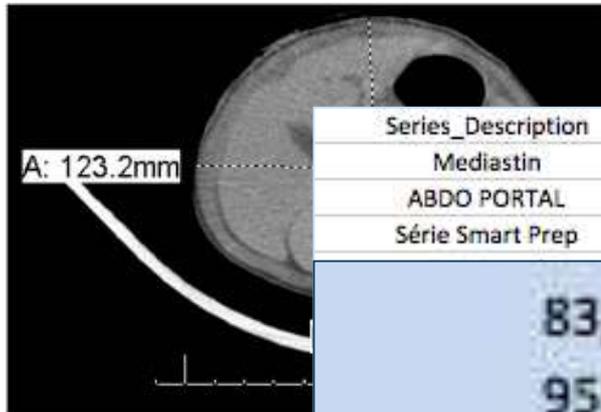
*Size Specific Dose Estimates (SSDE) in Pediatric and Adults Body CT Examinations. American Association of Physicists in Medicine (AAPM)*

# Scanner et irradiation chez l'enfant, place du SSDE



# Scanner et irradiation chez l'enfant, place du SSDE

Julien  
Moreno,  
<http://www.mrtb.be>



5.40 mGy = CTDIvol

Nous voulons estimer la dose délivrée à un patient

Nous mesurons la dimension latérale de la tête

Le CTDIvol est estimé à 5.4 mGy

Nous utilisons la table 1 qui nous donne un facteur de conversion

Le SSDE = 5.4 mGy

Nous constatons donc une sous évaluation de la dose

| Series_Description | CTDI [mGy] | PDL ac CTDI [mGy.cm] | PDL ac SSDE [mGy.d] |
|--------------------|------------|----------------------|---------------------|
| Mediastin          | 2,1        | 58,8                 | 127,9               |
| ABDO PORTAL        | 4,3        | 194,4                | 359,5               |
| Série Smart Prep   | 10,4       | 5,2                  | 8,4                 |
|                    | 83,8       |                      | 177,9               |
|                    | 95,1       |                      | 143,8               |
|                    | 67,0       |                      | 125,8               |
|                    | 334,7      |                      | 922,2               |
|                    | 78,6       |                      | 157,8               |
| THORAX ART         | 2,3        | 38,8                 | 75,7                |
| Mediastin INJ      | 3,7        | 129,9                | 188,2               |
| Mediastin          | 2,3        | 55,9                 | 111,0               |
| Smart Step         | 6,1        | 3,1                  | 4,7                 |
| Smart Step         | 6,1        | 3,1                  | 4,7                 |
| Mediastin          | 4,1        | 114,6                | 236,5               |
| Mediastin Sans IV  | 2,5        | 98,7                 | 156,4               |
| TA Artériel        | 4,3        | 69,8                 | 144,8               |
| Cou Avec IV        | 9,8        | 200,1                | 400,7               |

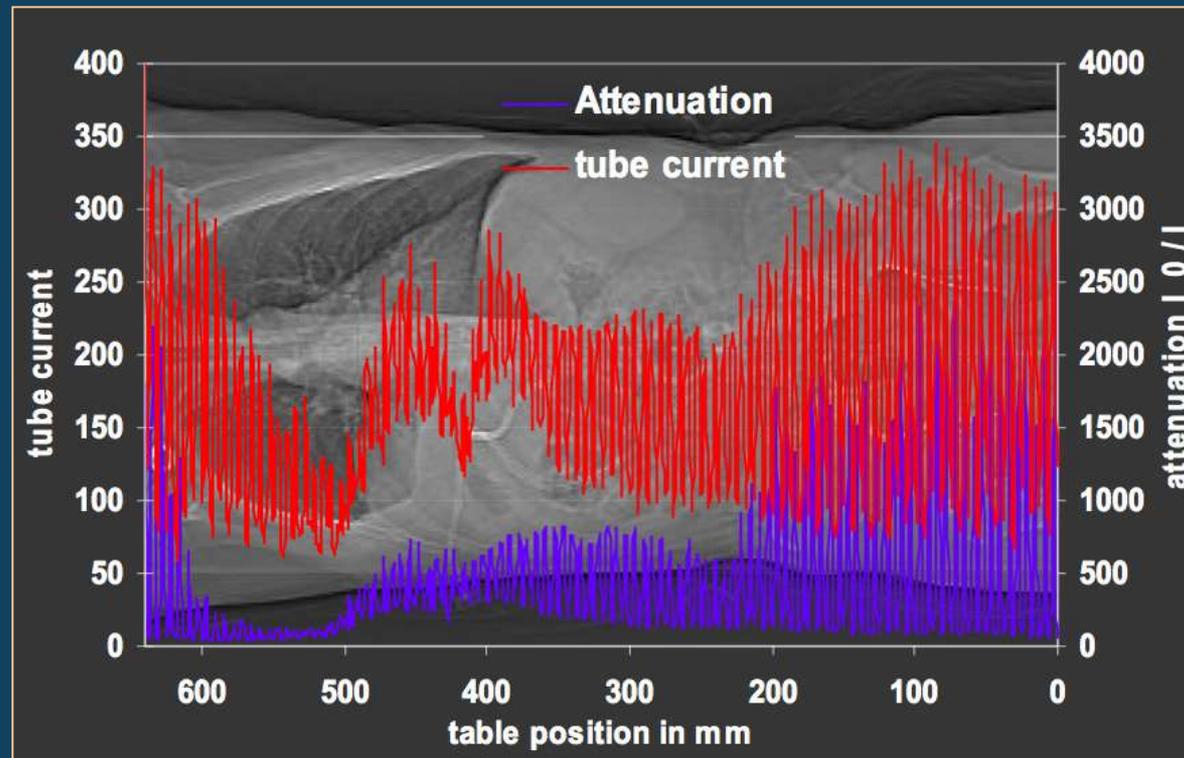
# Scanner et irradiation chez l'enfant

- Facteurs de conversion PDL => dose efficace variables selon âge et région anatomique

| $E_{DLP}^1$ (mSv.mGy <sup>-1</sup> .cm <sup>-1</sup> ) |       |       |        |                        |
|--|-------|-------|--------|------------------------|
|  | Tête  | Cou   | Thorax | Abdomen<br>-<br>pelvis |
| <b>Nouveau-né</b>                                      | 0,011 | 0,017 | 0,039  | 0,049                  |
| <b>1 an</b>  | 0,007 | 0,012 | 0,026  | 0,030                  |
| <b>5 ans</b>   | 0,004 | 0,011 | 0,018  | 0,020                  |
| <b>10 ans</b>  | 0,003 | 0,008 | 0,013  | 0,015                  |

# Scanner et irradiation chez l'enfant

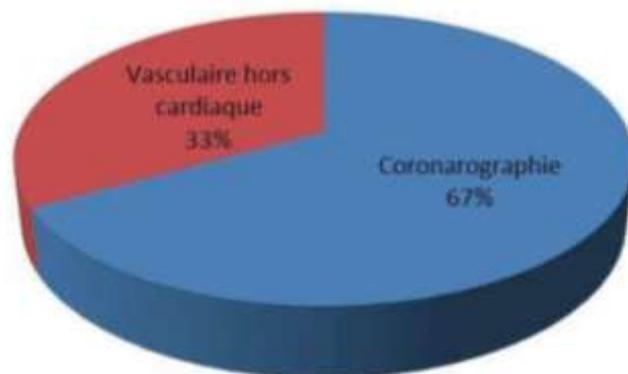
- Substituer si possible
- Système de modulation dose discutable avant 5 ans ?



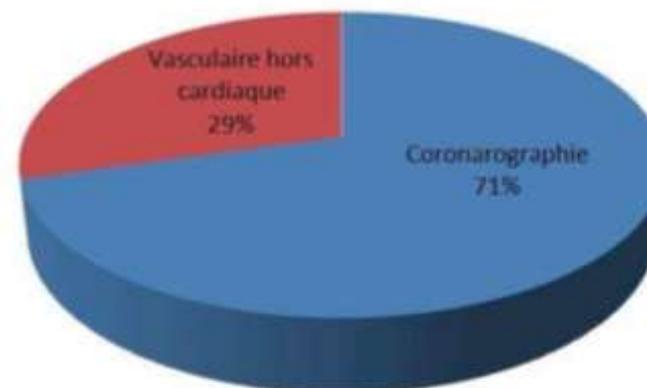
# Radiologie interventionnelle

## Radiologie interventionnelle diagnostique

Fréquence des actes en 2012



Dose efficace collective en 2012



**Figure 5 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en radiologie interventionnelle diagnostique, France entière, 2012.**

# Radiologie interventionnelle

## niveau de dose et expression

- **Mesure :**
  - Produit Dose-Surface
  - Variation de la zone irradiée...
  - Dosimétrie temps réel à l'entrée du champ d'exploration
    - Scintillateur + fibre optique
  - Constantes radiographiques, durée de la procédure
- **Débit de dose**  
10 à 40 mGy/mn
- **Exemples :**
  - Embolisation cérébrale
    - **DE = 2000 mGy**
  - Angioplastie coronaire
    - **DE = 3300 mGy**
    - **Niveau de dose possible : 100 à 500 Gy.cm<sup>2</sup>**
- **Dose peau :**
  - **1 à 15 Gy**
- **Dose efficace :**
  - **3 à... 30 mSV !!!!**

# Niveaux de doses observées en radiologie interventionnelle

| Examination   | Average Effective Dose (mSv)* | Values Reported in Literature (mSv) |
|---|-------------------------------|-------------------------------------|
| Head and/or neck angiography  | 5                             | 0.8–19.6                            |
| Coronary angiography (diagnostic)   | 7                             | 2.0–15.8                            |
| Coronary percutaneous transluminal angioplasty, stent placement, or radiofrequency ablation | 15                            | 6.9–57                              |
| Thoracic angiography of pulmonary artery or aorta   | 5                             | 4.1–9.0                             |
| Abdominal angiography or aortography  | 12                            | 4.0–48.0                            |
| Transjugular intrahepatic portosystemic shunt placement                                     | 70                            | 20–180                              |
| Pelvic vein embolization  | 60                            | 44–78                               |

# TDM interventionnelle : niveau de dose et expression

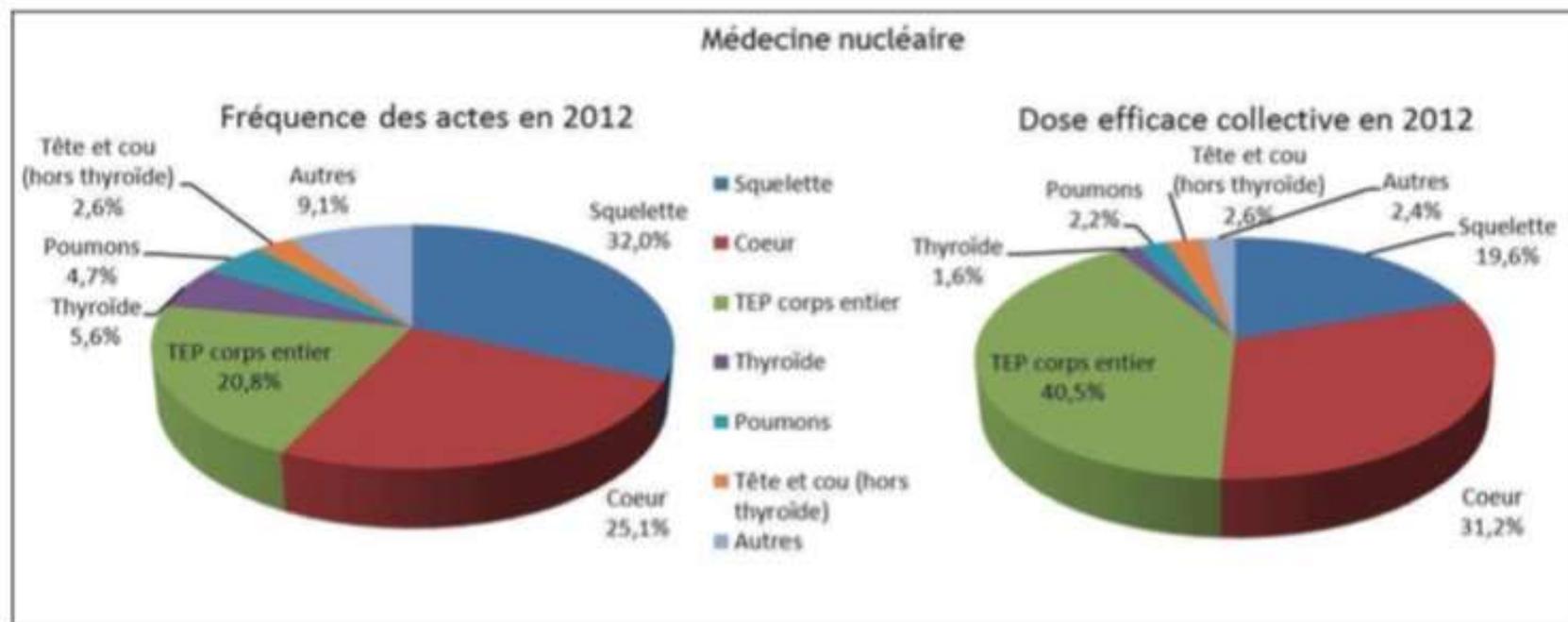
- **Mesure :**
  - **Produit Dose-Longueur**, avec addition compte tenu du nombre de passages
  - Indiquer l'**IDSV**
- **Exemples :**
  - Biopsie thoracique
    - $IDSV = 114 \text{ mGy}$
    - $PDL = 1200 \text{ mGy.cm}$
    - **$D_{\text{eff}} = 24 \text{ mSv}$**
  - Infiltration lombaire
    - $IDSV = 220 \text{ mGy}$
    - $PDL = 1300 \text{ mGy.cm}$
    - **$D_{\text{eff}} = 19,5 \text{ mSv}$**

# Radiologie interventionnelle



- **Recommandations de bonne pratique**
  - Toujours peser le bénéfice/risque...
  - Consentement éclairé du patient
  - Maîtrise du matériel
  - Formation des opérateurs +++

# Exposition en rapport avec la médecine nucléaire



**Figure 6 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en médecine nucléaire, France entière, 2012.**

# Valeurs des doses efficaces en scintigraphie

| <b>Scintigraphie</b>                                       | <b>Dose efficace moyenne (mSv)</b> | <b>Nombre équivalent de clichés thoraciques</b> | <b>Durée équivalente d'exposition naturelle</b> |
|--|------------------------------------|---|---|
| Ventilation pulmonaire (Xe-133)                            | 0,3                                | 15  | 7 semaines                                      |
| Perfusion pulmonaire (Tc-99m)                              | 1                                  | 50  | 6 mois  |
| Rein (Tc-99m)  | 1                                  | 50  | 6 mois  |
| Thyroïde (Tc-99m)  | 1                                  | 50  | 6 mois  |
| Os (Tc-99m)  | 4                                  | 200   | 1,8 an  |
| Examen cardiaque dynamique (Tc-99m)                        | 6                                  | 300   | 2,7 ans   |
| Tomographie par émission de positons de la tête (F-18 FDG) | 5                                  | 250   | 2,3 ans   |

# Pour finir... un seul mot de radiothérapie

- Doses employées d'un autre ordre de valeur :
- Doses exprimées en Gray !!

JUSTICE par S.B. le 30-01-2013

## Irradiés d'Epinal : 18 mois ferme pour les deux médecins et le radiophysicien



**Des peines de dix-huit mois de prison ferme contre deux anciens médecins de l'hôpital d'Epinal et contre leur collègue radiophysicien ont été prononcées mercredi au procès du plus grave accident de radiothérapie recensé en France.**

Entre 2001 et 2006, près de 450 patients de l'établissement traités pour des cancers de la prostate ont été victimes de surdoses de radiation causées par deux dysfonctionnements distincts du service de radiothérapie de l'hôpital d'Epinal. Douze en sont morts. Plusieurs centaines d'autres, soignées au centre hospitalier Jean-Monnet d'Epinal pour des cancers, essentiellement de la prostate, ont vu leur existence bouleversée par les conséquences désastreuses.

# Information des patients..... et des cliniciens sur la dose

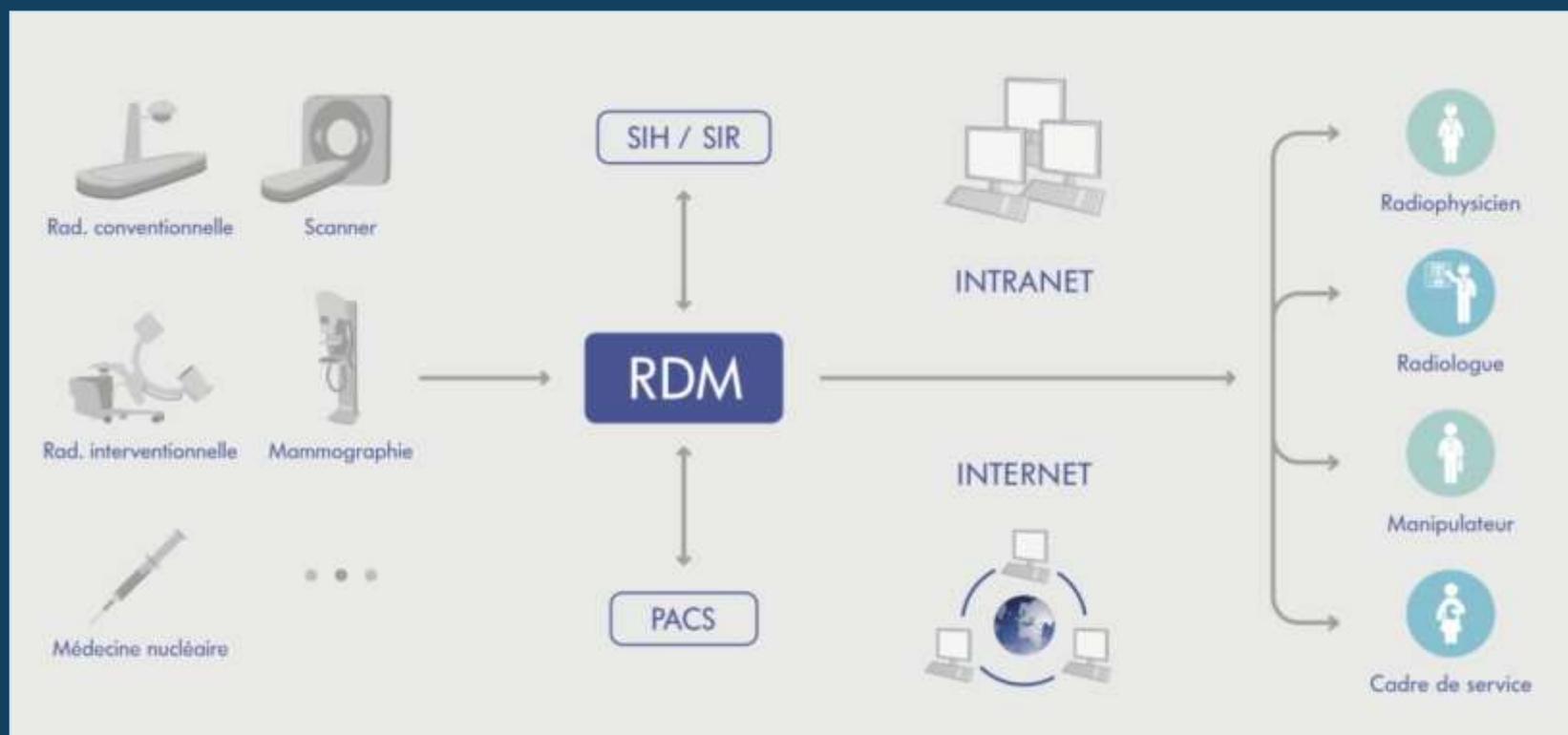
- Obligation légale
- Nécessité
  - Avant l'examen ?
  - Après l'examen ++++
- Preuve de professionnalisme
- Les patients sont informés :
  - Ont écouté, lu les medias
  - Ont surfé sur internet

# Recueil des doses reçues

- A titre individuel **pour chaque patient**
  - Suivi médical en cas de doses élevée
  - (Procédures répétitives)
  - Cumul des  $\neq$  techniques ?
  - (déclaration ASN si nécessaire)
- **Compilation pour un acte donné**
  - Alimentation data pour définition des NRI

# Place des DACS

- Intérêt des logiciels de suivi de dose : **DACS** (Dose Archiving and Communication System)
  - DAPcare<sup>®</sup>, DoseWatch<sup>®</sup>, Radimetrics<sup>®</sup>, Radiation Dose Monitor<sup>®</sup>...





# Information des patients..... et des cliniciens sur la dose

J Radiol 2007;88:329-30  
© Éditions Françaises de Radiologie, Paris, 2007  
Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

## éditorial

Parlons dose, il est grand temps !

ou

Ne dites pas à ma mère que je suis radiologue,  
elle lit « Le Point »

YS Cordoliani

# Information des patients..... et des cliniciens sur la dose

- Que dire et comment ?
  - Savoir répondre aux inquiétudes
  - Ne rien minimiser
  - En profiter pour faire un rappel sur la justification
- Utiliser un langage accessible
  - Parler d'irradiation ou d'exposition ?
  - Dose/jour exposition naturelle

# Messages à retenir

- Dose efficace : **Sievert ( mSv en radiodiagnostic)**
  - Situer le niveau d'exposition Rx / aux autres sources
- **Radiographie conventionnelle**  
(non interventionnelle) :
  - Dose efficace délivrée par une exploration : inférieure ou égale au niveau de l'irradiation naturelle annuelle
- **Tomodensitométrie** :
  - Dose efficace délivrée par une exploration : de 1 à 20 ans d'irradiation naturelle
- Connaître les **bonnes pratiques**, les **doses** et les **NRD** :

**Evaluation des Pratiques Professionnelles**