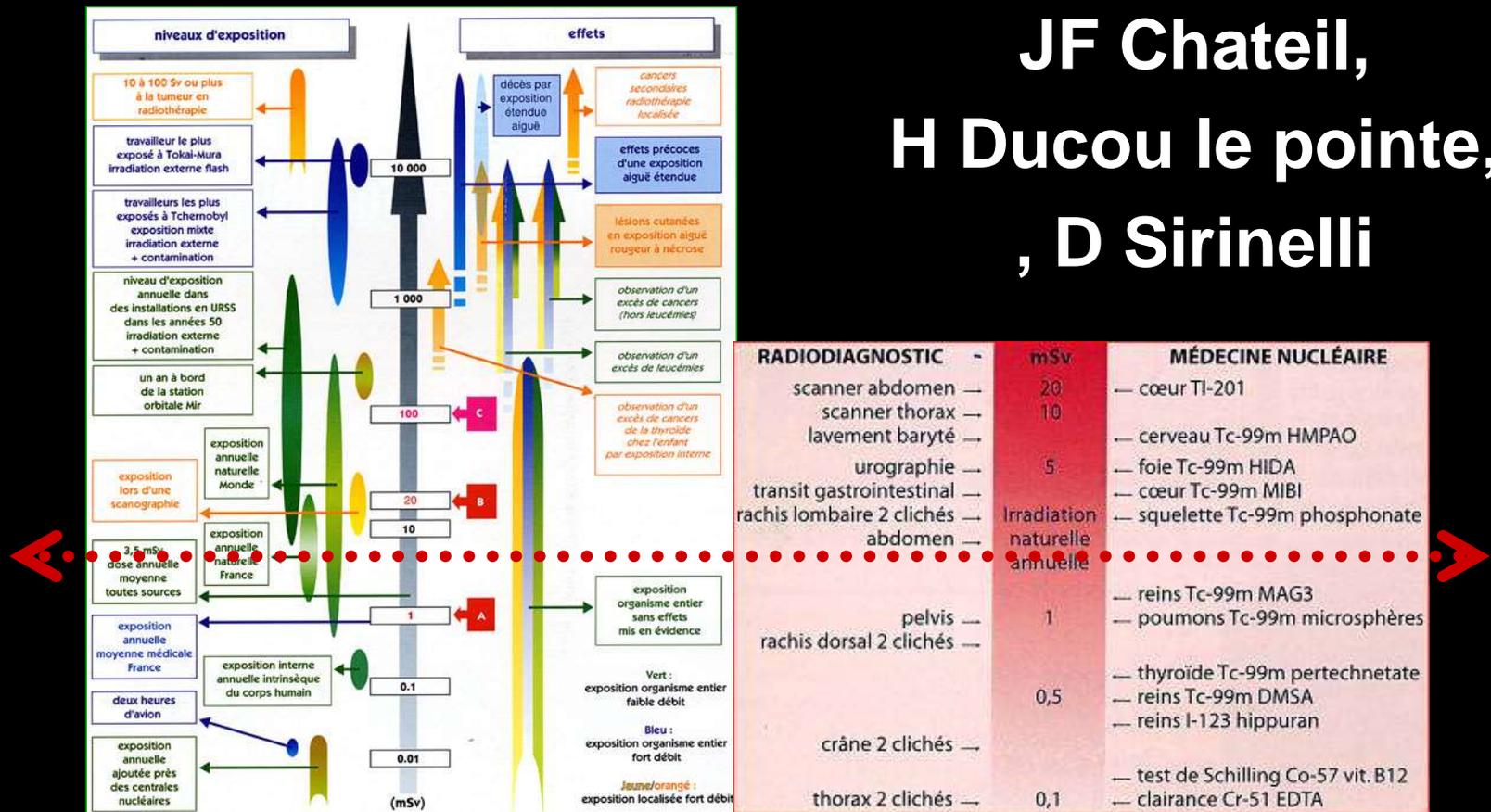


# 4 Cours combinés

1. Radioprotection des patients : **niveaux de référence diagnostiques, guides des procédures** et des examens.
2. Objectifs et principes de la radioprotection du patient : **justification, principe de précaution** et ses limites, la démarche [ALARA] :  
« aussi bas que raisonnablement possible »
3. Expositions médicales diagnostiques et thérapeutiques, nature **et ordre de grandeur des doses** reçues lors des expositions en pratique médicale,, **information des patients.**
4. Principe de l'**optimisation des doses**. Moyens de réduction de dose. Mesures de la dose reçue lors d'une exposition. Comparaison du risque d'exposition et des autres risques médicaux.

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

JF Chateil,  
H Ducou le pointe,  
, D Sirinelli



# Objectifs

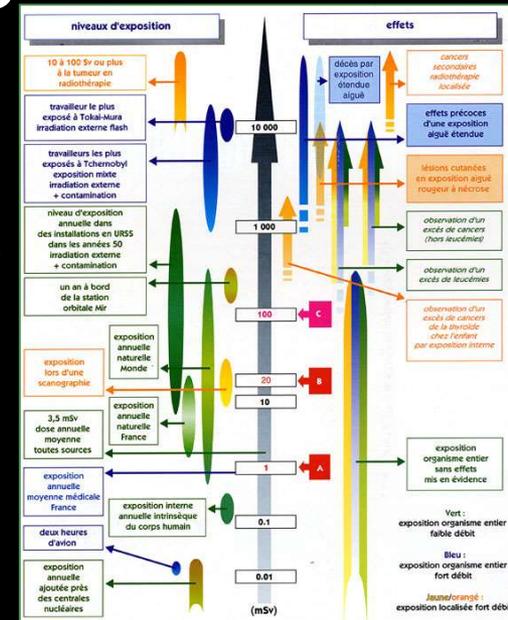
- **Connaître les niveaux d'irradiation et médicale observée en France**
- **Savoir exprimer le niveau d'exposition d'un examen d'imagerie**
- **Apprécier l'irradiation comparée en radiographie conventionnelle et en tomодensitométrie**

# Pourquoi parler de dose ?

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

# Relevé des doses délivrées

- Démarche relativement récente
- **D'où viennent les chiffres ?**
  - Données de la littérature
  - Études ciblées de doses
    - Campagne de recueil pour les NRD
      - Patients standards
      - Types d'examens limités
  - Campagnes plus systématiques
    - évaluation des pratiques
    - Evolution des NRD



# Encore faut-il avoir un langage commun et compréhensible

- Pour des intervenants multiples

- Le radiologue

- Le législateur

- L'industriel

- Le contrôleur

- Le patient

- Aux objectifs

- Assurément différents

- parfois divergents

PDS

Dose efficace

NRD

Dose d'entrée

PDL

De

CTDIV

IDSP

# Des indices de dose pour quels objectifs ?

- Évaluation de la **pratique**
  - Combien « coûte » une image ou un examen ?
  - En regard de la législation
  - Selon un niveau de référence donné (NRD)
- Évaluation de **l'équipement**
  - Contrôle de qualité des appareillages

en mGy

M  
e  
s  
u  
r  
é

- Évaluation d'un **risque**
  - Pour informer le patient ou le clinicien
  - Pour comparer un examen à...
    - Une autre exploration
    - Un autre risque

en mSv

C  
a  
l  
c  
u  
l  
é

# Connaître et relever les doses délivrées aux patients :

obligation réglementaire du CSP depuis mars 2003

☐ Article R. 1333-66 : Le médecin réalisateur de l'acte indique sur le compte rendu...**toute information utile à l'estimation de la dose reçue par le patient**

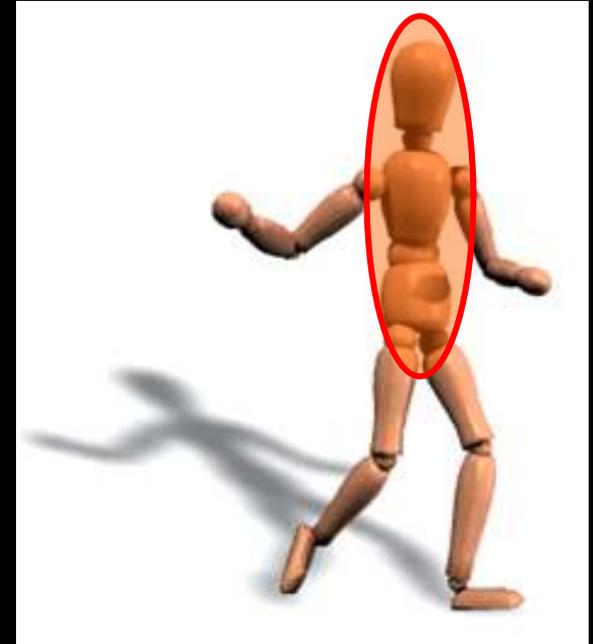
→ *L'arrête du 22 septembre 2006 définit les informations  riques devant figurer dans le compte-rendu (J.O. du 29 septembre 2006)*

☐ Article R. 1333-68 : Pour les examens ... les plus courants et pour les examens les plus irradiants des **niveaux de référence diagnostiques de dose** sont fixés par arrêté du ministre chargé de la santé.

→ *L'arrêté du 12 février 2004 définit et fixe les niveaux de référence diagnostiques*

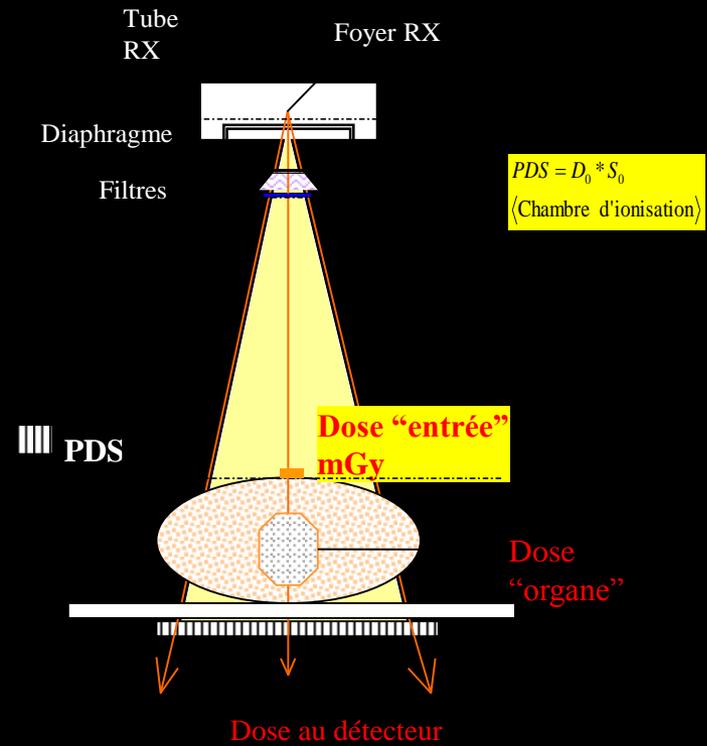
# Obligation de faire figurer la dose dans le compte rendu

- Pour les examens touchant
  - La tête
  - Le cou
  - Le thorax
  - L'abdomen et le pelvis
- Doivent figurer :
  - le PDS en radiologie conventionnelle
  - le PDL en scannographie



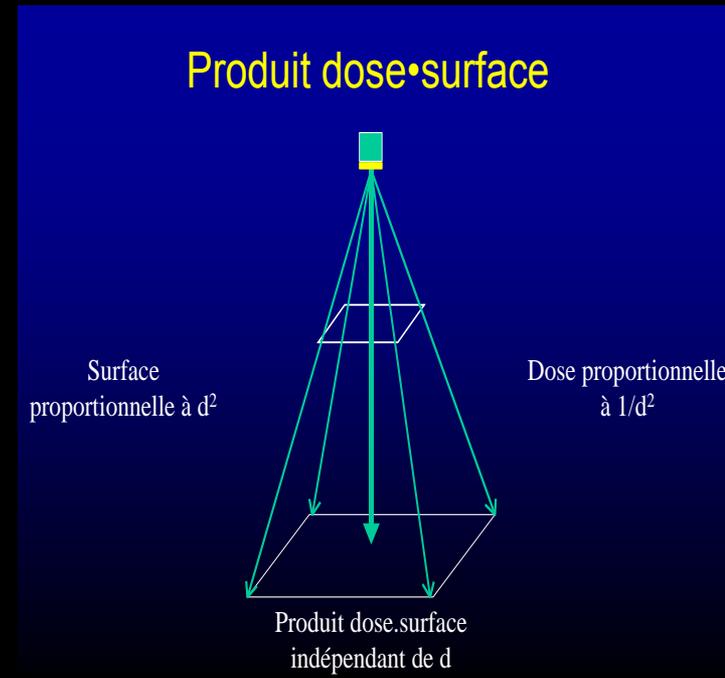
# I : Indices de dose en Radiologie conventionnelle

- doses « physiquement mesurables »
  - **Produit Dose.Surface** et **Dose d'Entrée (De)**
  - exprimées en mGy : énergie communiquée aux tissus



# le Produit Dose x Surface (PDS)

- L'indice qui doit figurer dans le CR
- Informe sur votre usage du tube radiogène
- le **produit** de
  - la dose moyenne absorbée dans l'air dans la section droite du faisceau de rayons X, en l'absence de milieu diffusant
  - par la surface de cette section.
- **Indépendant de la distance.**



exprimé dans la pratique en **grays.centimètres carré** ( $\text{Gy.cm}^2$ ), mais attention aux unités:

## Unité affichée

$d\text{Gy.cm}^2$

$c\text{Gy.cm}^2$

$m\text{Gy.cm}^2$

$\mu\text{Gy.m}^2$

## Pour convertir en $\text{Gy.cm}^2$

diviser par 10

diviser par 100

diviser par 1000

diviser par 100

Distance :	0.5 m	1 m	2 m
dose	4 cGy	1cGy	0.25 cGy
surface	25 $\text{cm}^2$	100 $\text{cm}^2$	400 $\text{cm}^2$
$D \times S$	100 $\text{cGy} \times \text{cm}^2$	100 $\text{cGy} \times \text{cm}^2$	100 $\text{cGy} \times \text{cm}^2$

# Mesures du Produit Dose x Surface

- Par une chambre d'ionisation
  - détecteur radio transparent
  - fixé en sortie du tube RX,
  - En aval des diaphragmes.
- calcul intégré niveau du générateur
  - Intégration mAs, Kv, diaphragme, filtres...
  - Calcul des PDS successifs
  - **cumul des doses délivrées à inscrire dans le CR**



Deux obligations légales :

- **s'équiper** : obligatoires pour les nouveaux appareils (*décret du 15 juin 2004*)

- **contrôler** régulièrement le bon fonctionnement du dispositif (*décision AFSSAPS 24 septembre 2007*)

# La « dose à l'entrée » : $D_e$

Energie en un point à la peau du **patient**

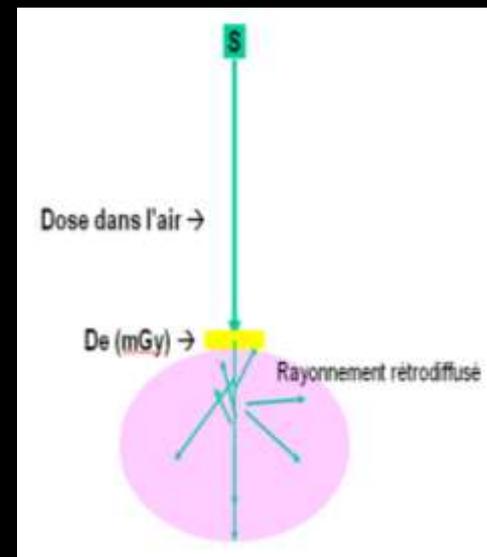
Dépend des **paramètres** de réalisation de l'examen

- La charge (mAs)
- La tension (kV)
- La filtration additionnelle du tube RX
- La distance 'Tube RX – Peau du patient'

## • Intègre le rayonnement diffusé

- $D_e = D_{air} \times F_{rd}$

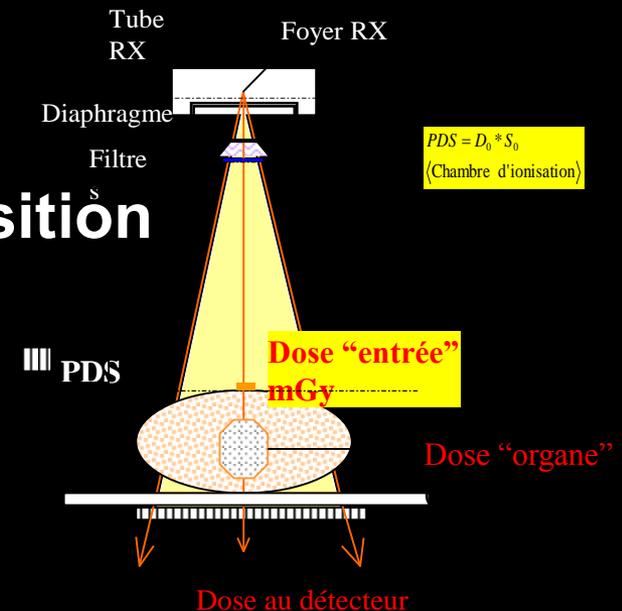
**Difficile à mesurer en routine**



# Détermination de la dose d'entrée $D_e$

## 2 méthodes

- Mesure directe à la peau du patient  
→ physicien et matériel approprié, étalonné
- Calculs (valeurs approchées)
  - à partir du PDS
  - à partir des paramètres d'exposition



# Evaluer la $D_e$ à partir du PDS ?

$$D_e = (PDS / S_{\text{exposée}}) \times F_{rd}$$

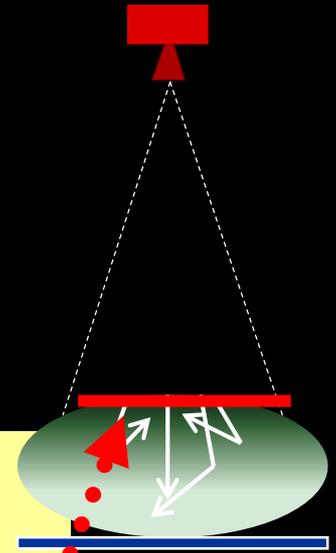
!  $PDS = D_{\text{air}} \times S_{\text{exposée}}$

!  $D_e = D_{\text{air}} \times F_{rd}$

$F_{rd}$  est un facteur qui prend en compte que les rayonnements diffusent dans le patient (qui n'est pas constitué d'air !!).

$$D_e = \frac{PDS}{S_{\text{exposée}}} \times 1,35 \quad \text{dans le cas général (50 - 90 kV)}$$

$$D_e = \frac{PDS}{S_{\text{exposée}}} \times 1,5 \quad \text{pour les plus hautes tension (100-150 kV)}$$



!  $S_{\text{exposée}}$  doit être mesurée directement sur le champ lumineux à la peau du patient.

# Utilisation du PDS

La valeur du PDS étant indépendante de la distance, connaître le PDS, c'est avoir une indication dosimétrique « à la peau du patient »

1. **Le PDS doit figurer sur le compte-rendu pour tous les examens concernant la tête, le cou, le thorax, l'abdomen et le pelvis**

→ *Arrêté du 22 septembre 2006*

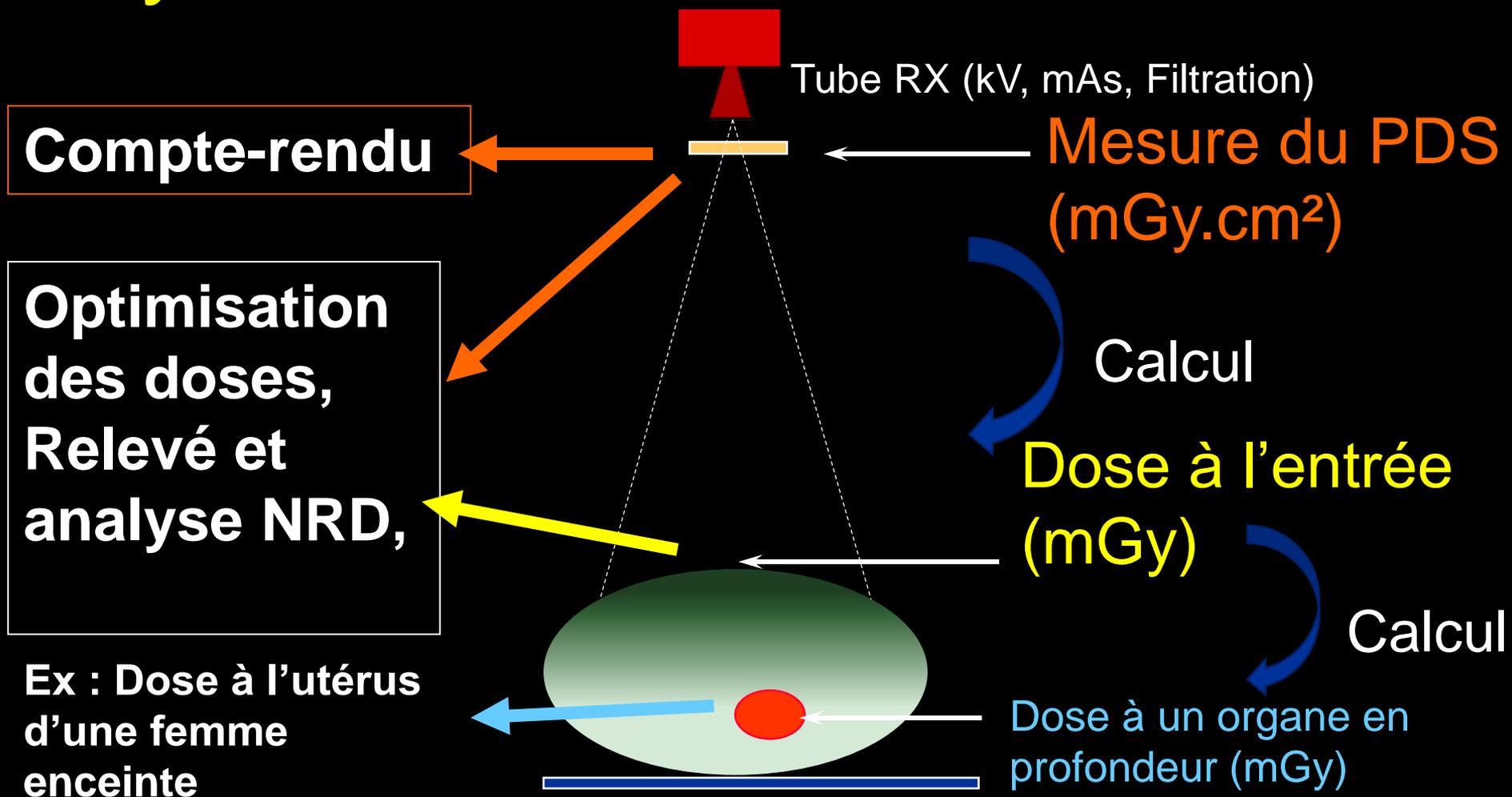
2. **Le PDS permet la comparaison avec les valeurs des NRD**

→ *valeurs de NRD données dans l'arrêté du 24 octobre 2011*

**Le PDS permet d'obtenir une valeur approchée de la dose efficace E (mSv)**

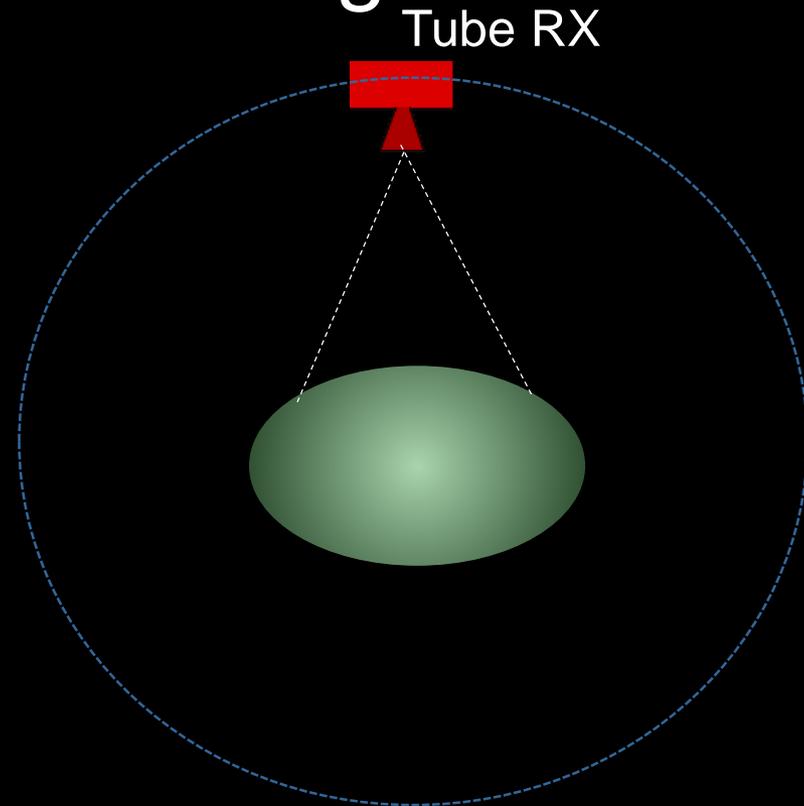
→ *indicateur de risque, communication avec le patient*

# Synthèse



# II : La dose en scanographie

- A cause de la rotation du tube, la dose dans le patient est beaucoup plus homogène qu'en radiologie.



# Indices de dose en scanographie

- 2 indicateurs dosimétriques
  - Accessibles à la console
  - Dans le rapport de dose



## 1. Le **CTDIvol** (en mGy)

ou Indice de Dose Scanographique en Volume (IDVS).

Indicateur de la dose moyenne **absorbée** dans le volume exploré.

## 2. Le **PDL** – ou DLP (en mGy x cm)

**Produit Dose x Longueur** d'exploration:

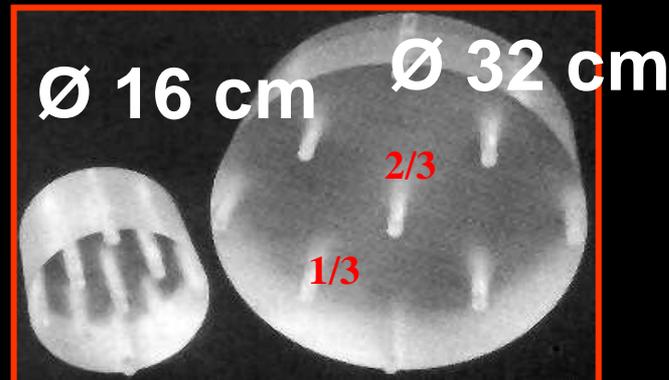
Rend compte de la dose délivrée dans tout le volume exploré

# D'où vient le CTDI ?

Information de Dose				
Images	CTDIvol mGy	DLP mGy·cm	Dose eff. %	Fantôme cm
1-150	7.31	68.95	52.70	Body 32

Le CTDIvol affiché à la console est calculé à partir

1. des paramètres d'acquisition du patient :  
(kV, mA, pitch).
2. Et de mesures réalisées hors usage clinique
  - dans le cadre du Contrôle de Qualité du scanner,
  - Sur 2 fantômes de plexi cylindriques :
    - Fantôme « tête » de  $\varnothing$  16 cm,
    - Fantôme « corps » de  $\varnothing$  33 cm.



# Le PDL ou DLP in English

**Dose (CTDI<sub>vol</sub>) x Longueur d'exploration**

- **rend compte de la dose dans le volume exploré**
- S'exprime en **mGy x cm** (mGy.cm).
- Il dépend des conditions d'examen:
  - kV, mA et pitch comme le CTDI<sub>vol</sub>
  - longueur d'acquisition
- Le PDL est à noter dans le compte-rendu.

# III La dose efficace (E)

- Indicateur du **détriment** global à long terme associé aux faibles doses
- Ne se mesure pas, mais **se calcule**
  - S'exprime en **millisievert (mSv)**
- Ne doit pas être utilisée pour effectuer des calculs de risque au niveau individuel.

# La dose efficace

- Permet de **comparer**, en termes de niveau d'exposition :
  - Différents types d'exposition (naturel, industriel, médical)
  - Différents types d'examens ou modalités d'imagerie

Ex : **Radio pulmonaire** vs **Scanner thoracique**

$D_e$  en mGy  
PDS en mGy.cm<sup>2</sup>

CTDI<sub>vol</sub> en mGy  
PDL en mGy.cm<sup>2</sup>

- Permet de communiquer avec les patients.
  - Comparaison à l'irradiation naturelle

# Dose efficace

- Calculée: exprimée en **Sv**
- Depend de
  - 1/ De **la Nature du rayonnement**

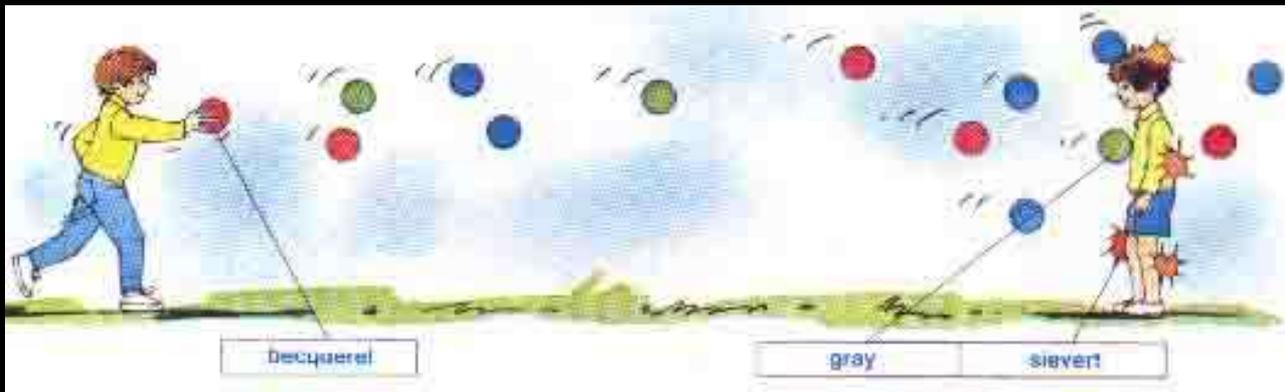
Facteur de conversion : FQ Rayons X = 1

dose équivalente = dose absorbée x FQ

mSv

mGy

- 2/ Du **Tissus exposé**

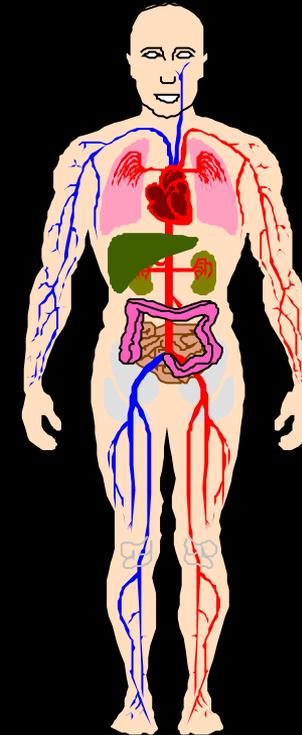


# Dose efficace : reflet du risque

TISSU OU ORGANE	CIPR 26	CIPR 60	CIPR 92
Gonades	0.25	0.20	0.05
Moelle osseuse	0.12	0.12	0.12
Colon	-	0.12	0.12
Poumon	0.12	0.12	0.12
Estomac	-	0.12	0.12
Vessie	-	0.05	0.05
Seins	0.15	0.05	0.12
Foie	-	0.05	0.05
Œsophage	-	0.05	0.05
Thyroïde	0.03	0.05	0.05
Peau	-	0.01	0.01
Surface osseuse	0.03	0.01	0.01
Autres tissus ou organes (ensemble)	0.30	0.05	0.10

*Facteur de pondération attribué à chaque organe*

*Varie dans le temps !*



**Somme des doses équivalents reçues par chaque organe : mSv**

# 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)

# Evaluation simplifiée de la dose efficace (E) à partir du PDS

- En radiologie :  $E = PDS \times k$
- En scanographie :  $E = PDL \times k$

## k en radiologie

Crâne/sinus face : 0,06

Rachis cervical face : 0,2

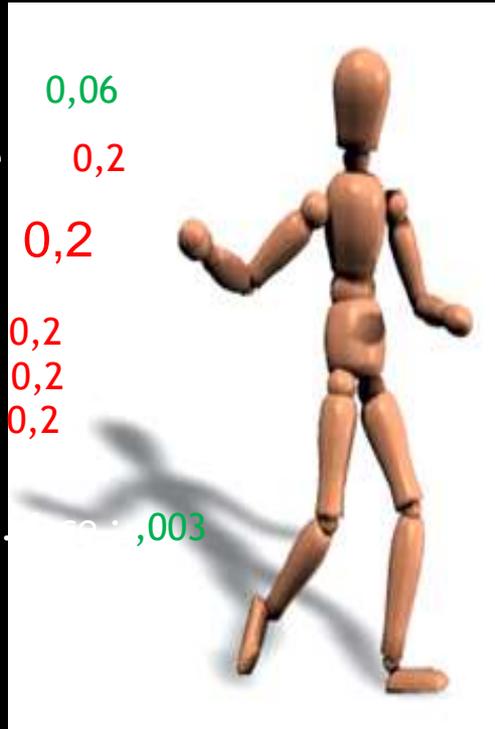
Thorax PA : 0,2

Abdomen AP : 0,2

Rachis lombaire : 0,2

Bassin : 0,2

Membre inf. et sup. : 0,003



## k en scanographie

Crâne/Sinus : 0,002

Cou : 0,006

Abdomen/pelvis : 0,15

Rachis lombaire : 0,15

Tronc : 0,15

Membre inf. : 0,01

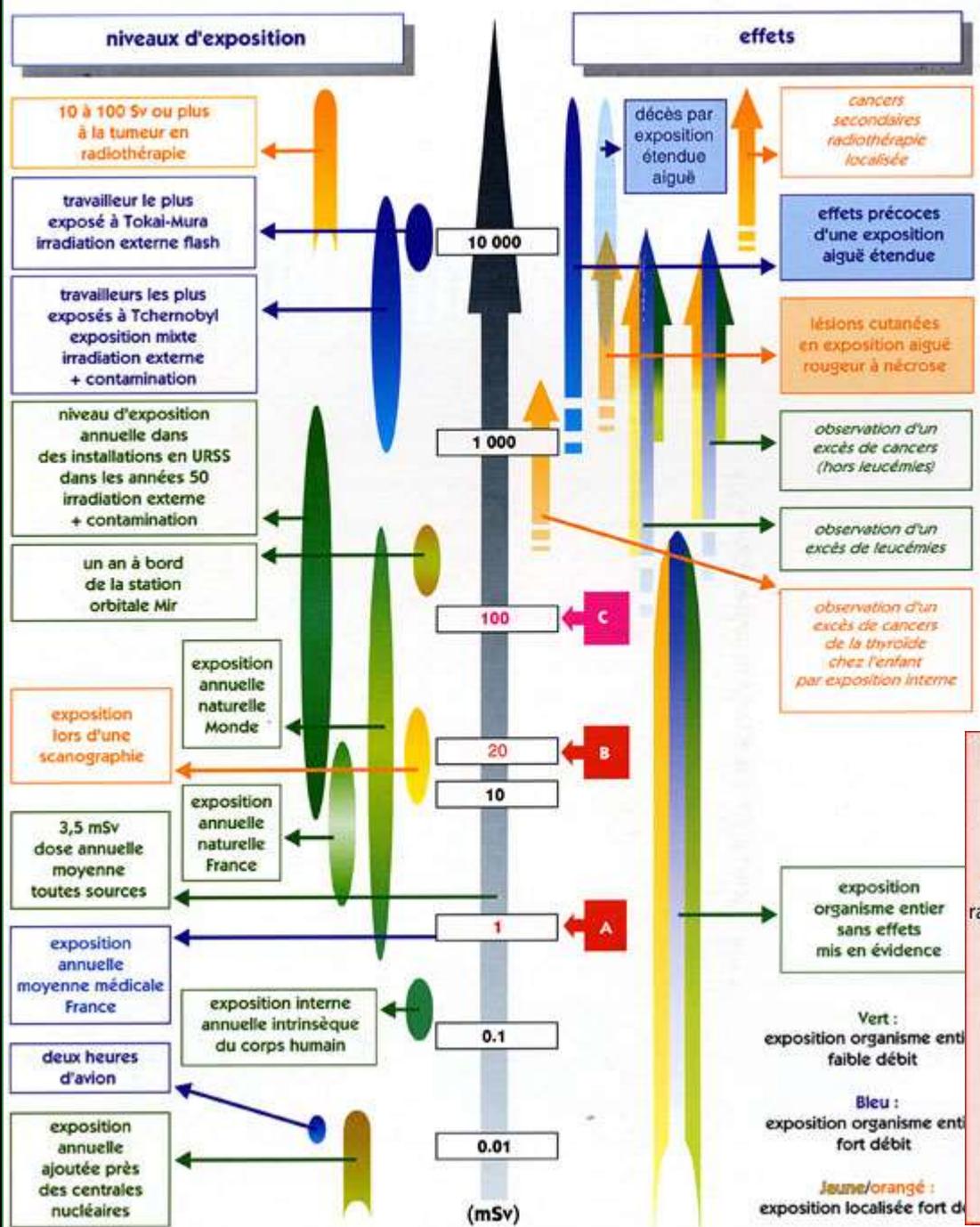
# Coefficients de conversion k

## 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>	

# Valeurs comparées de DE, PDS et dose efficace

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



# Valeurs relatives des doses

Irradiation naturelle : 2,3 mSv

RADIODIAGNOSTIC	mSv	MÉDECINE NUCLÉAIRE
scanner abdomen	20	— cœur Tl-201
scanner thorax	10	— cerveau Tc-99m HMPAO
lavement baryté	5	— foie Tc-99m HIDA
urographie	5	— cœur Tc-99m MIBI
transit gastro-intestinal	Irradiation naturelle annuelle	— squelette Tc-99m phosphonate
rachis lombaire 2 clichés		— reins Tc-99m MAG3
abdomen	1	— poumons Tc-99m microsphères
pelvis	1	— thyroïde Tc-99m pertechnetate
rachis dorsal 2 clichés	0,5	— reins Tc-99m DMSA
		— reins I-123 hippuran
crâne 2 clichés		— test de Schilling Co-57 vit. B12
thorax 2 clichés	0,1	— clairance Cr-51 EDTA

# Valeur de l'irradiation médicale « moyenne » de la population française en 2002

- **61 à 73 M d'actes pour 0.66 à 0.83 mSv**
  - *Scanff P, Br J Radiol. 2008; 81: 204-13*

## Principaux résultats 2002

Nombre d'actes  
et dose efficace individuelle  
moyenne

	Nombre d'actes		Dose efficace
	total	par personne	individuelle moyenne
Hypothèse basse	<b>61,3 millions</b>	1,00	<b>0,66 mSv</b>
Hypothèse haute	<b>73,6 millions</b>	1,20	<b>0,83 mSv</b>



# Comparaisons dans la communauté européenne

- Royaume-Uni : **0,38** mSv/habitant/an
  - *Hart D. Eur J Radiol. 2004; 50: 285-91*
- Pays-Bas : **0,59** mSv/habitant/an
  - *Brugmans MJ, Health Phys. 2002; 82: 500-9*
- Luxembourg : **1,98** mSv/habitant/an
  - *Shannoun F, Health Phys. 2006; 91: 154-62*
- Allemagne : **2** mSv/habitant/an
  - *Regulla DF, Radiat Prot Dosimetry. 2005; 114: 11-25*

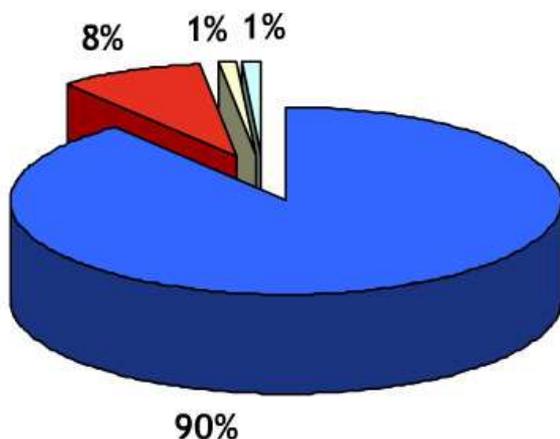
# population française 2002

**Scanner : 8% des actes 41% de la dose**

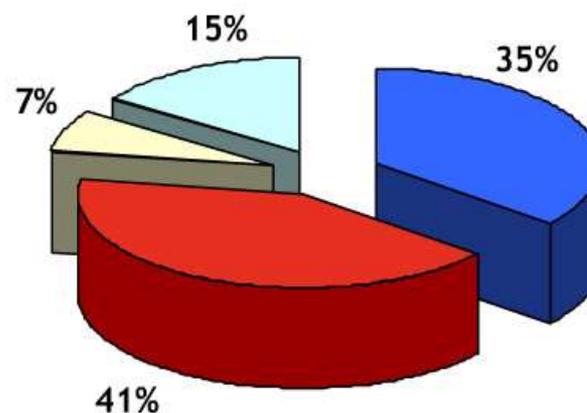
## Principaux résultats 2002

Répartition en fonction des secteurs d'activité

Fréquence des examens (%)



Dose efficace (%)



■ Radiologie conventionnelle ■ Scanographie ■ Radiologie interventionnelle ■ Médecine nucléaire

# Mise à jour 2014 (2012)

- 82 millions d'actes (1,2 actes/hab)
- 1,6 mSv par an par hab

*Tableau II - Nombre total d'actes et dose efficace collective associée pour chaque modalité d'imagerie (valeurs arrondies), France entière, 2012.*

Modalité d'imagerie	Actes		Dose efficace collective	
	Nombre	%	mSv	%
Radiologie conventionnelle (hors dentaire)	44 175 500	54,0	18 069 200	17,7
Radiologie dentaire	27 616 000	33,8	165 700	0,2
Scanographie	8 484 000	10,4	72 838 900	71,3
Radiologie interventionnelle diagnostique	377 000	0,5	3 196 400	3,1
Médecine nucléaire	1 103 000	1,3	7 928 300	7,8
<b>Total</b>	<b>81 755 500</b>	<b>100</b>	<b>102 198 500</b>	<b>100</b>

# Évolution de la dose efficace moyenne de 2002 à 2012

- **Dose efficace par an et par habitant a doublée**
- Explications avancées :
  - Meilleure connaissance des actes réalisés et des doses
  - Augmentation significative du nombre d'actes de scanographie et de médecine nucléaire (TEP scan)
  - Plus grande part des actes de scanographie exposant le thorax, l'abdomen et le pelvis
- Diffusion limitée des évolutions technologiques :
  - Modulation dose
  - Reconstruction itérative

# Evolution activité

- Augmentation du scanner
- Explosion de la radiologie dentaire

*Tableau II - Nombre total d'actes et dose efficace collective associée pour chaque modalité d'imagerie (valeurs arrondies), France entière, 2012.*

Modalité d'imagerie	Actes		Dose efficace collective	
	Nombre	%	mSv	%
Radiologie conventionnelle (hors dentaire)	44 175 500	54,0	18 069 200	17,7
Radiologie dentaire	27 616 000	33,8	165 700	0,2
Scanographie	8 484 000	10,4	72 838 900	71,3
Radiologie interventionnelle diagnostique	377 000	0,5	3 196 400	3,1
Médecine nucléaire	1 103 000	1,3	7 928 300	7,8
<b>Total</b>	<b>81 755 500</b>	<b>100</b>	<b>102 198 500</b>	<b>100</b>

# 44% des assurés sociaux ont un examen/an

Tableau IV - Pourcentage des bénéficiaires de l'EGB ayant bénéficié d'au moins un acte diagnostique en 2012, tous âges et sexes confondus.

Pourcentage des bénéficiaires de l'EGB ayant bénéficié d'au moins un acte diagnostique en 2012	
Toutes modalités confondues	44
Hors radiologie dentaire	32
En secteur privé	26
En secteur public	12*

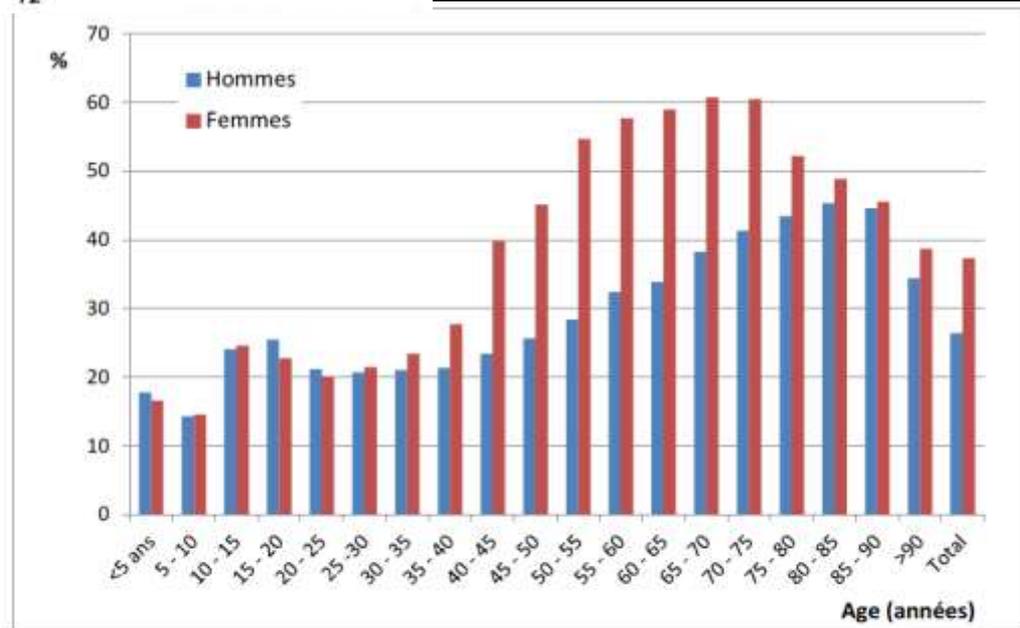


Figure 14 - Proportion de bénéficiaires ayant bénéficié d'au moins un acte diagnostique (hors radiologie dentaire) en 2012, selon le sexe et l'âge (RG hors SLM, régimes agricoles et des indépendants).

# Dose efficace cumulée chez les exposés

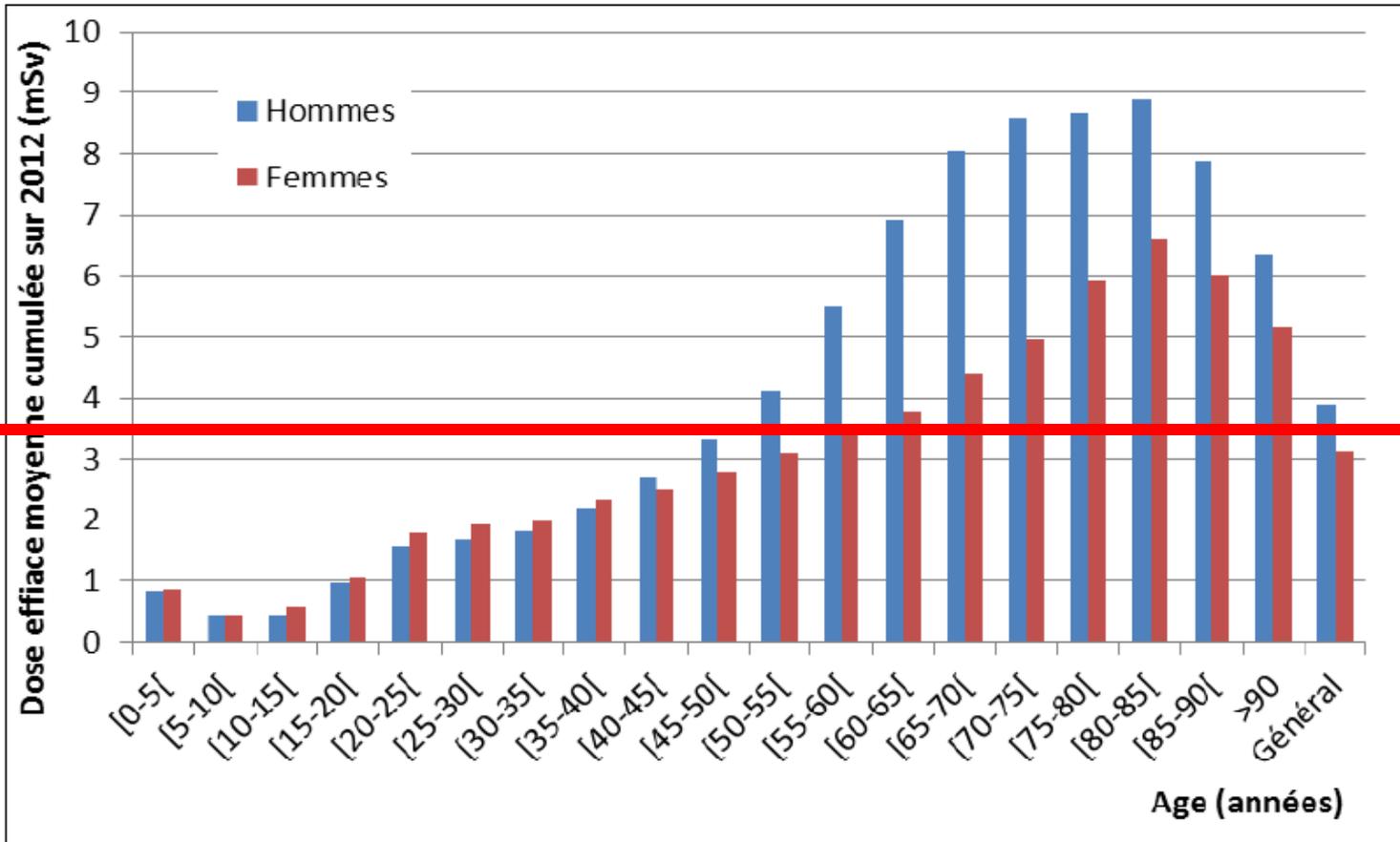


Figure 17 - Dose efficace moyenne annuelle chez les 44 % de bénéficiaires ayant eu au moins un acte diagnostique (dentaire inclus) en 2012, selon le sexe et l'âge.

# Répartition par sexe : les femmes

- Plus de radiologie conventionnelle (mammographies)
- Moins de scanner

Tableau III - Répartition du nombre d'actes réalisés en 2012, selon le sexe et la modalité d'imagerie (valeurs arrondies).

	Actes réalisés en 2012			
	Hommes		Femmes	
	Nombre	%	Nombre	%
Radio conventionnelle	17 514 500	49,8	26 661 000	57,2
Radio dentaire	12 657 500	36,0	14 958 500	32,1
Scanographie	4 250 000	12,1	4 234 000	9,1
Radio interventionnelle diagnostique	237 000	0,7	140 000	0,3
Médecine nucléaire	509 500	1,4	593 500	1,3
<b>Total</b>	<b>35 168 500</b>	<b>100</b>	<b>46 587 000</b>	<b>100</b>

# Variation avec âge

- Mammographie, traumatologie
- oncologie

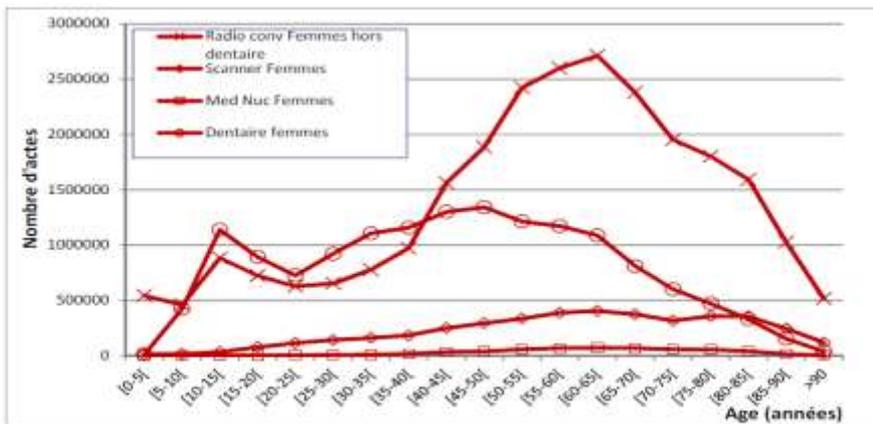


Figure 7 - Répartition selon l'âge et les modalités d'imagerie du nombre d'actes diagnostiques réalisés chez les femmes, en France en 2012.

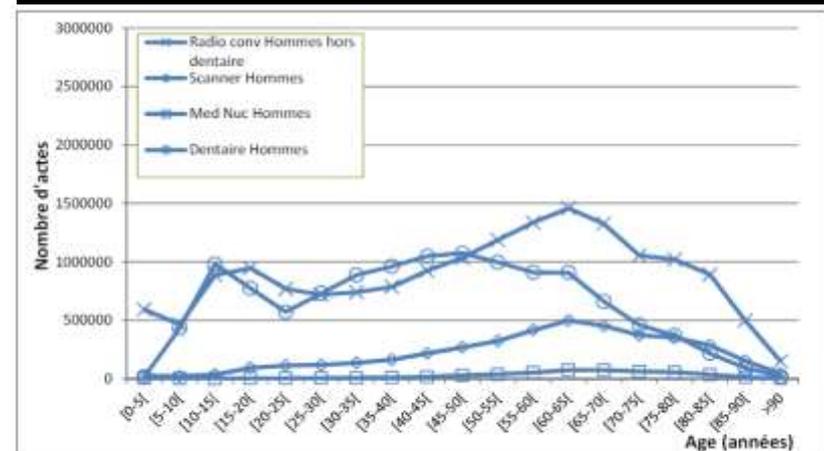
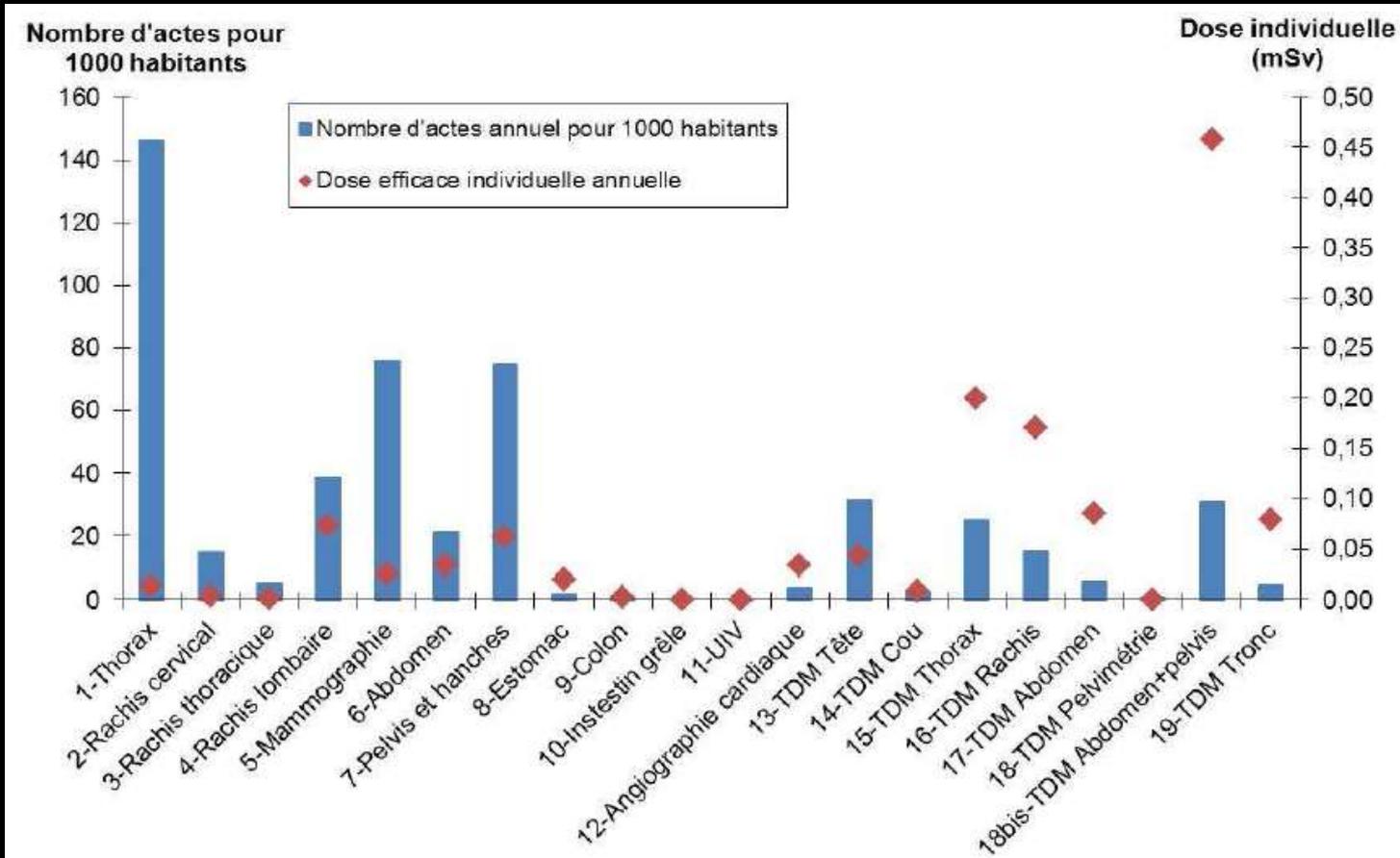


Figure 8 - Répartition selon l'âge et les modalités d'imagerie du nombre d'actes diagnostiques réalisés chez les hommes, en France en 2012.

# Top 20 des actes (membres exclus)

- Thorax, bassin, mammographies
- TDM abdomen



# Radiologie conventionnelle

- Membres 30% actes 0.1% dose
- Thorax : 28% actes 4% dose
- Abdomen : 9% actes 41% dose

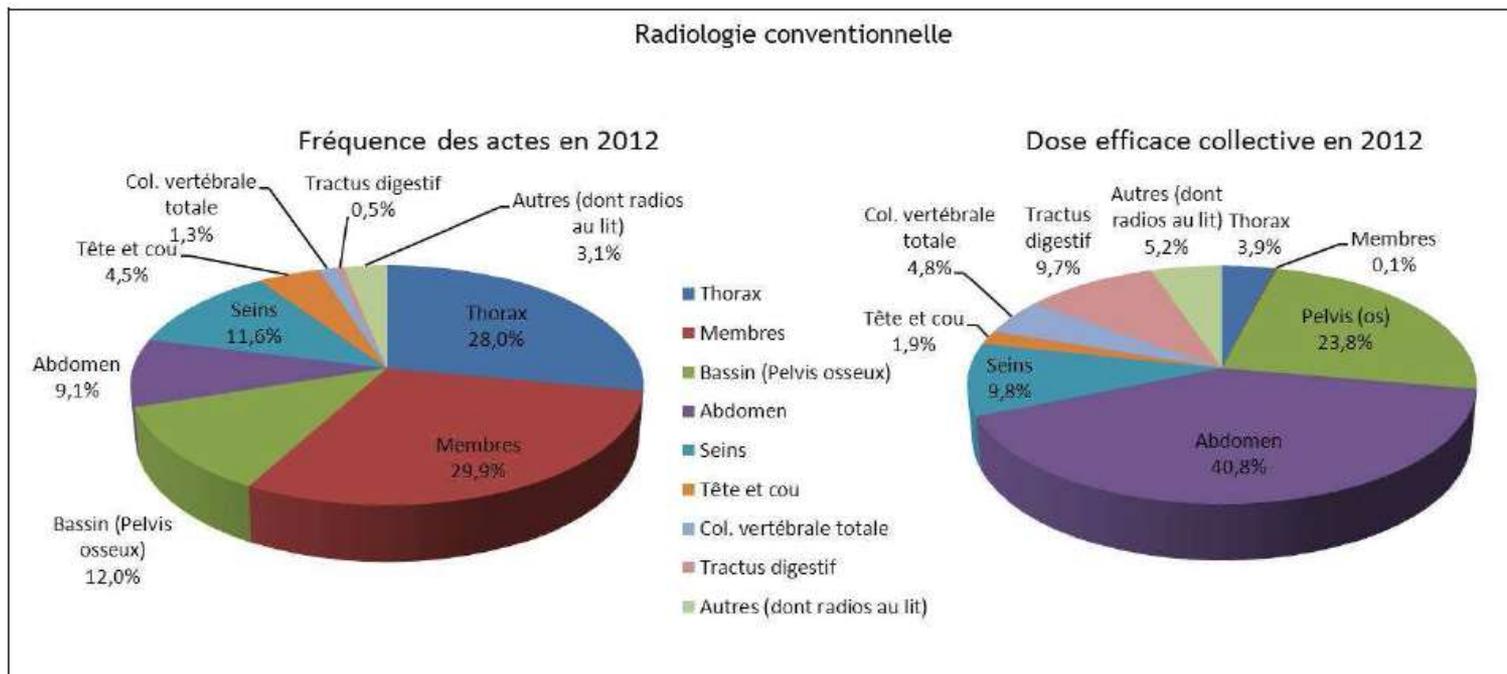


Figure 3 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en radiologie conventionnelle (hors dentaire), France entière, 2012.

# 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	...

# Valeurs des irradiations « comparées »

- Irradiation naturelle en France : 2,3 mSv/an
- Radiologie conventionnelle : **jours ou mois d'IN**

Dose d'irradiation	Équivalent irradiation naturelle
<b>ASP, Rachis lombaire 1,4 mSv</b>	<b>9 mois</b>
<b>Thorax face : 0,04 mSv</b>	<b>deux semaines</b>

# Radiopédiatrie : valeurs comparées de DE, PDS et dose efficace

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

# Scanner 2012

- 10% des actes
- 75% de la dose délivrée

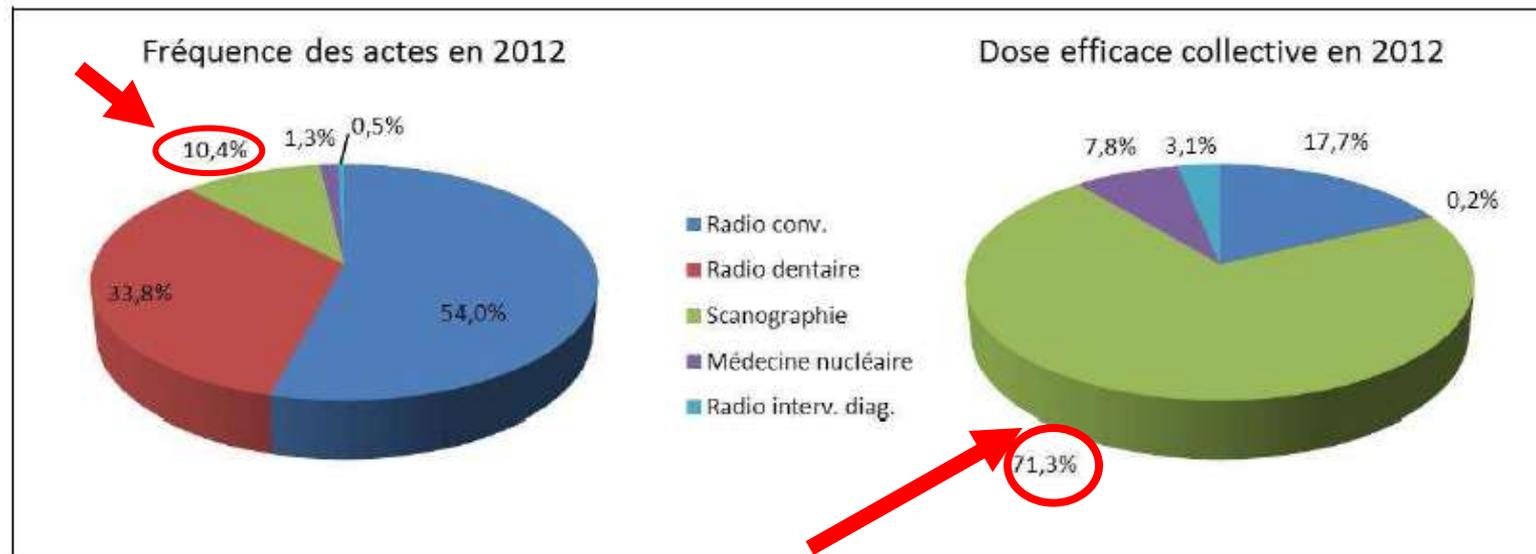


Figure 2 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par type d'exploration diagnostique, France entière, 2012.

# scanner

- **Tête** : 27% des actes 5% dose
- **Abdomino pelv** : 30% des actes, **50% dose**

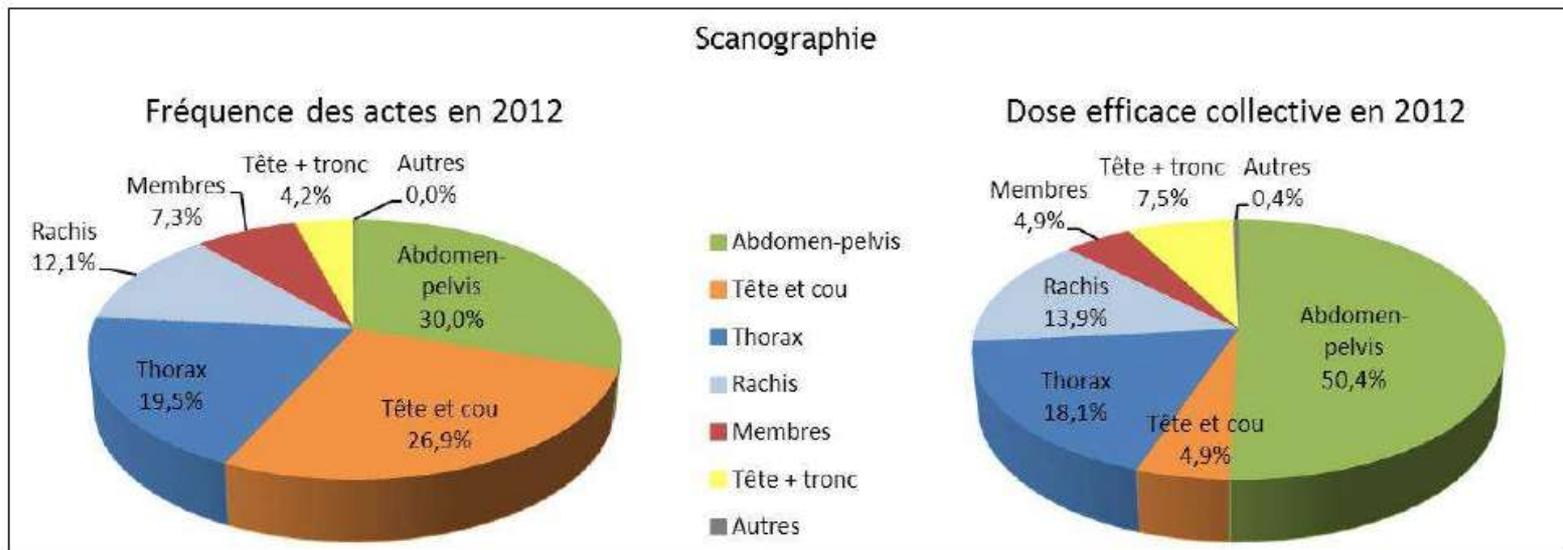


Figure 4 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en scanographie, France entière, 2012.

# 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

# NRD en TDM

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

	CTDI <sub>w</sub> (mGy)	DLP (mGy.cm)	x	$f_{\text{pdl}}$ (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

# Valeurs des irradiations « comparées »

- Irradiation naturelle en France : 2 mSv/an

Dose d'irradiation	Équivalent irradiation naturelle
<b>2 mSv</b> (TDM Crâne)	<b>1 an</b>
<b>10 mSv</b> (thorax abdomen)	<b>5 ans</b>

# 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

Median effective dose in mSv (min-max)  
by age at exposure

< 1 year

1-5 years

Explored  
anatomical area

MDCT

*Head*

1.4 (0.6-3.2)

*Middle ear*

2.0 (0.2-7.1)

*Chest*

2.7 (1.0-6.8)

*Abdomen and*

*Pelvis*

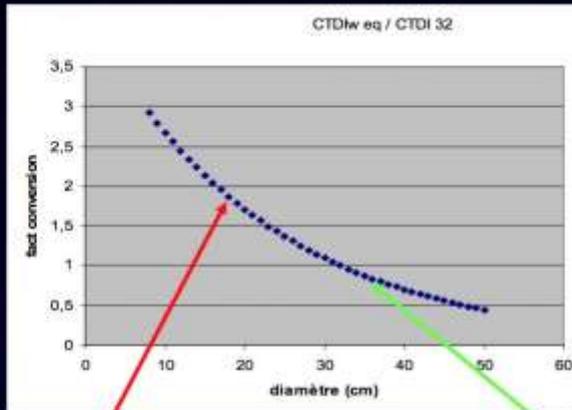
5.7 (2.5-10.6)

3 à 5 ans  
d'irradiation naturelle

6.6 (1.8-18.1)

# Scanner et irradiation chez l'enfant

- Dose estimée par IDSV = dose sous-évaluée



Même CTDI  
pour enfant  
et adulte

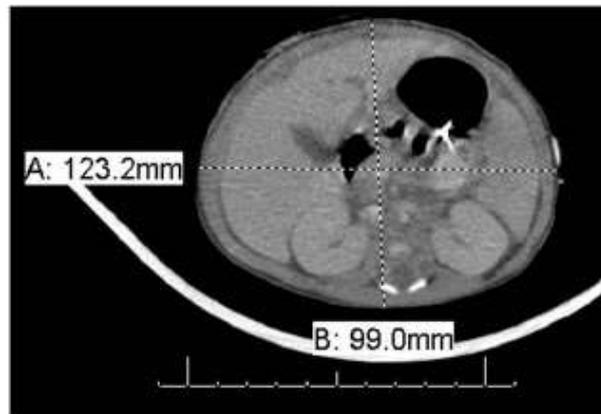
Dose  
X 2

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

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



5.40 mGy = CTDIvol (32 cm phantom)

Nous voulons estimer la dose délivrée à un patient pédiatrique lors d'un CT de l'abdomen.

Nous mesurons la dimension latérale à 12.3 cm et la distance AP à 9.9 cm.

Le CTDIvol est estimé à **5.4 mGy** sur un fantôme de 32cm.

Nous utilisons la table 1 qui nous donne un facteur de conversion de 2.5 pour la somme des distances (22 cm).

Le SSDE = 5.4 mGy x 2.5 = **13 mGy**

Nous constatons donc une sous évaluation importante de la dose par le CTDIvol.

Lat + AP Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor	Lateral Dim (cm)	Effective Dia (cm)	Conversion Factor
12	5.7	1.50	6	8.2	1.36
13	6.2	1.47	7	8.7	1.34
14	6.7	1.44	8	9.2	1.32
15	7.2	1.42	9	9.7	1.29
16	7.7	1.39	10	10.2	1.26
17	8.2	1.36	11	10.7	1.24
18	8.7	1.34	12	11.3	1.21
19	9.2	1.31	13	11.8	1.19
20	9.7	1.29	14	12.4	1.16
21	10.2	1.26	15	13.1	1.13
22	10.7	1.24	16	13.7	1.10
23	11.2	1.22	17	14.3	1.08
24	11.7	1.19	18	15.0	1.05
25	12.2	1.17	19	15.7	1.02
26	12.7	1.15	20	16.4	0.99
27	13.2	1.13	21	17.2	0.96
28	13.7	1.10	22	17.9	0.94
29	14.2	1.08	23	18.7	0.91
30	14.7	1.06	24	19.5	0.88
31	15.2	1.04	25	20.3	0.85
32	15.7	1.02	26	21.1	0.83
33	16.2	1.00	27	22.0	0.80
34	16.7	0.98	28	22.9	0.77
35	17.2	0.97	29	23.8	0.75
36	17.6	0.95	30	24.7	0.72
37	18.1	0.93	31	25.6	0.70

American Association of Physicists in Medicine (AAPM)

# Scanner et irradiation chez l'enfant

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

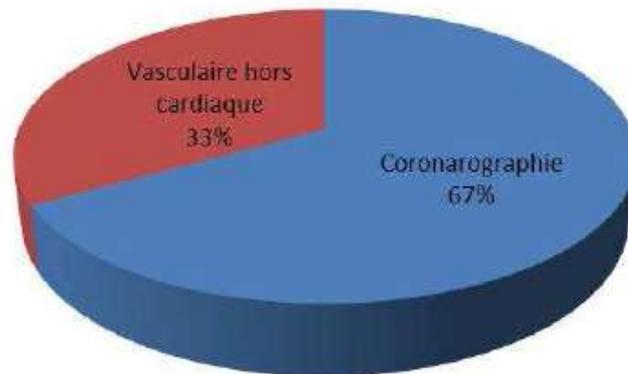
$E_{DLP}^1$ (mSv.mGy <sup>-1</sup> .cm <sup>-1</sup> )				
	Tête	Cou	Thorax	Abdomen - pelvis
Nouveau-né	0,011	0,017	0,039	0,049
1 an	0,007	0,012	0,026	0,030
5 ans	0,004	0,011	0,018	0,020
10 ans	0,003	0,008	0,013	0,015

# Vasculaire non interventionnel

- Essentiellement liée à la **Cardiologie** :
  - 70% dose

## Radiologie interventionnelle diagnostique

Fréquence des actes en 2012



Dose efficace collective en 2012

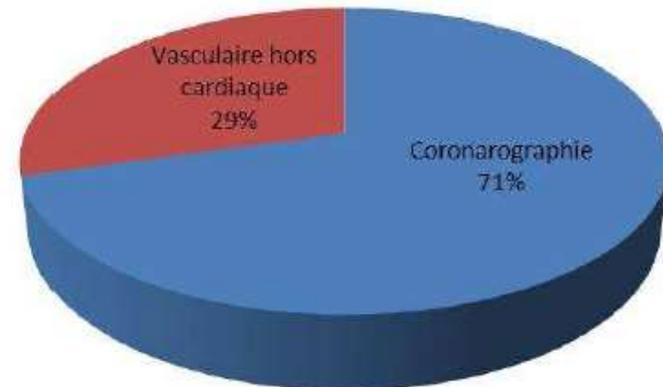


Figure 5 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en radiologie interventionnelle diagnostique, France entière, 2012.

# 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

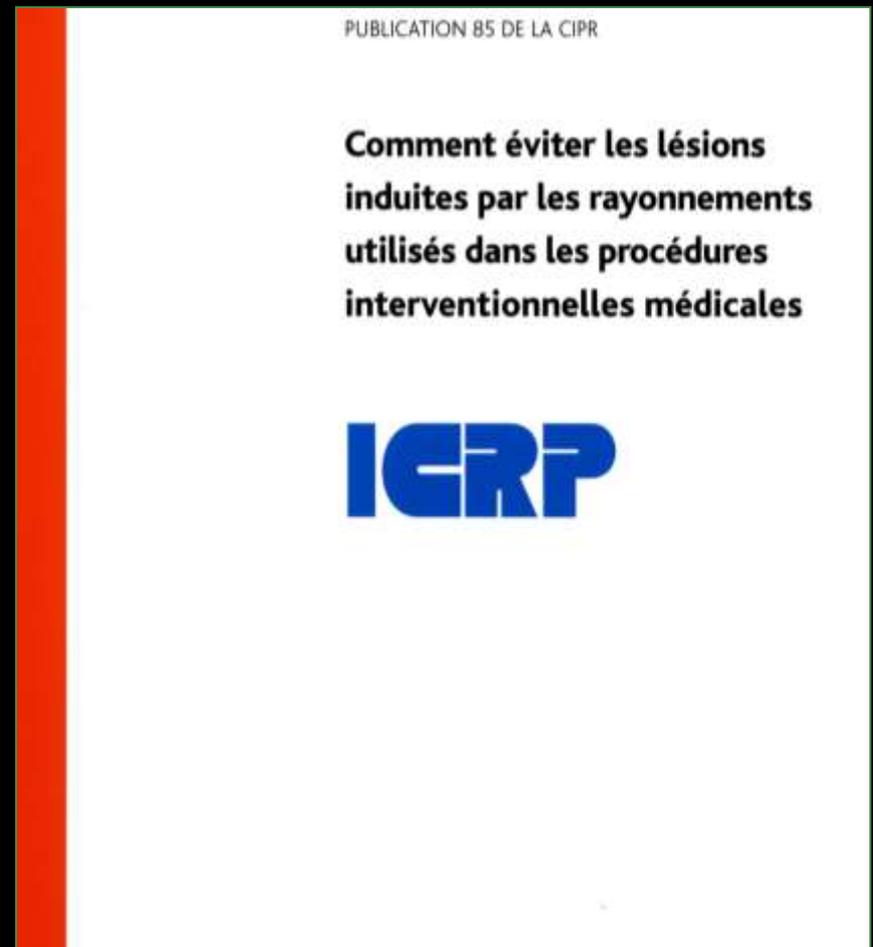
# Radiologie interventionnelle

## 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 !!!!**

# Radiologie interventionnelle

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



# IV Niveaux de Référence

## en vasculaire diagnostique et interventionnel

- **Etude F Magnier JFR 2009**

- 7 types de procédures (2 943 examens, 5 établissements)
- Le NR : 75<sup>ième</sup> centile des distributions des valeurs

	PDS Gy.cm <sup>2</sup>	Tps scopie mn	Nbre images
Coro et ventriculographie	55 <i>1/3</i>	5.5	1000
Coro sans ventriculo	50 <i>1/3</i>	5	730
Coro avec angioplastie	135 <i>1/3</i>	17.5	1680
Arterio MI et angioplastie	180	2.5	290
Arterio MI sans angioplastie	130	6	190
Embolisation utérine	320 <i>1/5</i>	28.5	350
vertebroplastie	60 <i>1/5</i>	10	10

# Les chirurgiens se mobilisent mais sur la pratique adulte



Evaluation des niveaux d'irradiation  
des patients en radiologie vasculaire  
interventionnelle

S. Cazaban

B. Thevenin, P. Nicolini, P. Moreau  
et les Membres de Vascurisq

SCV Nice Juin 2013



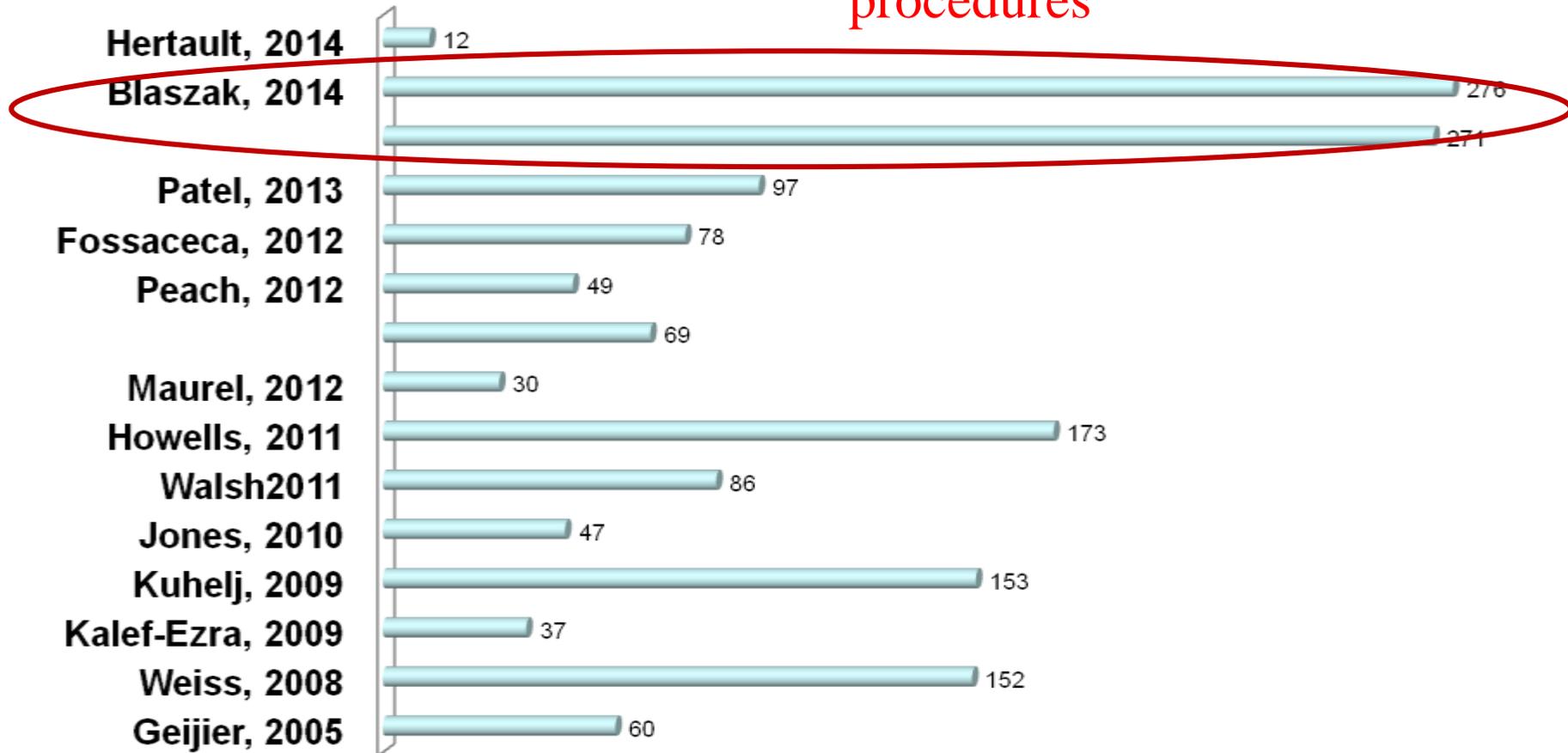
**DONNÉES D'IRRADIATION PUBLIÉES  
EN RADIOLOGIE VASCULAIRE  
INTERVENTIONNELLE**

**B. MAUREL**, A. HERTAULT, J. SOBOCINSKI, S. HAULON  
Service de Chirurgie Vasculaire  
CHRU de LILLE

# Prothèse aortiques

Pds moyen Gy.cm

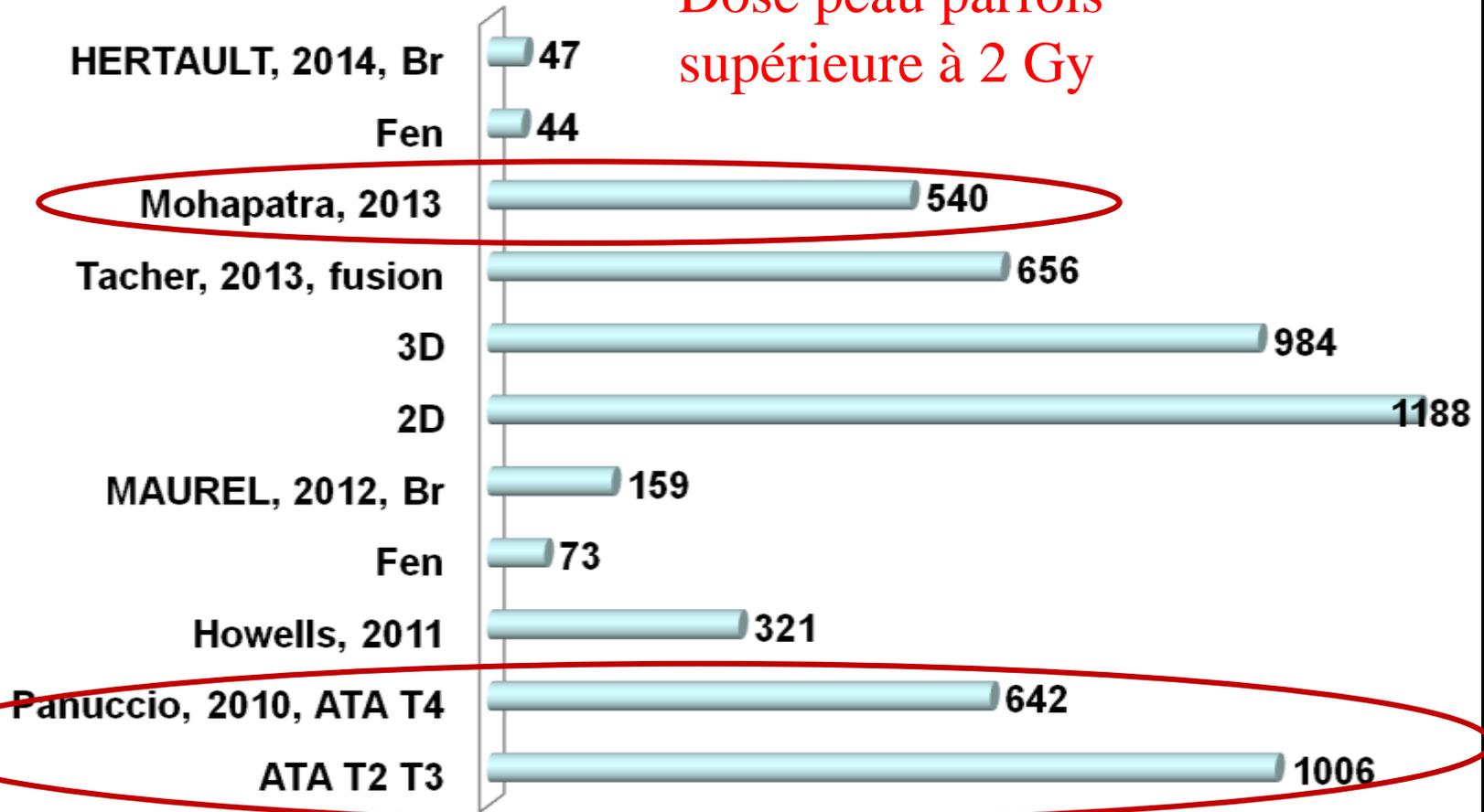
Variation 1 à 10 pour même procédures



# PDS (Gy.cm<sup>2</sup>)

Endoprothèse

Dose peau parfois  
supérieure à 2 Gy



# 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
    - $IDSV = 220 \text{ mGy}$
    - $PDL = 1300 \text{ mGy.cm}$
    - **$D_{\text{eff}} = 19,5 \text{ mSv}$**

# Médecine nucléaire

- 1.1 M examens(1,3%), 8% dose collective

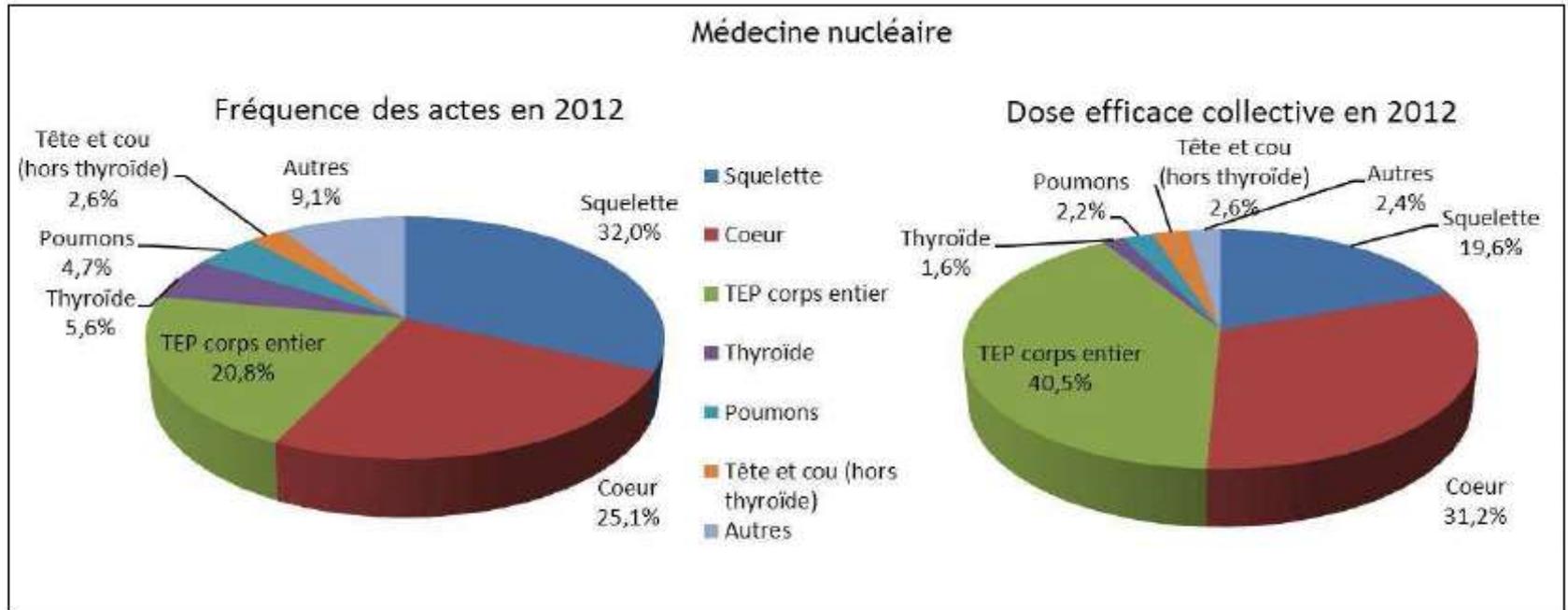


Figure 6 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en médecine nucléaire, France entière, 2012.

# Valeurs des doses efficaces en scintigraphie

Scintigraphie	Dose efficace moyenne (mSv)	Nombre équivalent de clichés thoraciques	Durée équivalente d'exposition naturelle
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

# Valeurs des doses efficaces en scintigraphie

Examination*	Effective Dose (mSv)	Administered Activity (MBq) <sup>†</sup>	Effective Dose (mSv/MBq) <sup>‡</sup>
Brain ( <sup>99m</sup> Tc-HMPAO-exametazime)	6.9	740	0.0093
Brain ( <sup>99m</sup> Tc-ECD-Neurolite)	5.7	740	0.0077
Brain ( <sup>18</sup> F-FDG)	14.1	740	0.019
Thyroid scan (sodium iodine 123)	1.9	25	0.075 (15% uptake)
Thyroid scan ( <sup>99m</sup> Tc-pertechnetate)	4.8	370	0.013
Parathyroid scan ( <sup>99m</sup> Tc-sestamibi)	6.7	740	0.009
Cardiac stress-rest test (thallium 201 chloride)	40.7	185	0.22
Cardiac rest-stress test ( <sup>99m</sup> Tc-sestamibi 1-day protocol)	9.4	1100	0.0085 (0.0079 stress, 0.0090 rest)
Cardiac rest-stress test ( <sup>99m</sup> Tc-sestamibi 2-day protocol)	12.8	1500	0.0085 (0.0079 stress, 0.0090 rest)
Cardiac rest-stress test (Tc-tetrofosmin)	11.4	1500	0.0076
Cardiac ventriculography ( <sup>99m</sup> Tc-labeled red blood cells)	7.8	1110	0.007
Cardiac ( <sup>18</sup> F-FDG)	14.1	740	0.019
Lung perfusion ( <sup>99m</sup> Tc-MAA)	2.0	185	0.011
Lung ventilation (xenon 133)	0.5	740	0.00074
Lung ventilation ( <sup>99m</sup> Tc-DTPA)	0.2	1300 (40 actually inhaled)	0.0049
Liver-spleen ( <sup>99m</sup> Tc-sulfur colloid)	2.1	222	0.0094
Biliary tract ( <sup>99m</sup> Tc-disofenin)	3.1	185	0.017
Gastrointestinal bleeding ( <sup>99m</sup> Tc-labeled red blood cells)	7.8	1110	0.007
Gastrointestinal emptying ( <sup>99m</sup> Tc-labeled solids)	0.4	14.8	0.024
Renal ( <sup>99m</sup> Tc-DTPA)	1.8	370	0.0049
Renal ( <sup>99m</sup> Tc-MAG3)	2.6	370	0.007
Renal ( <sup>99m</sup> Tc-DMSA)	3.3	370	0.0088
Renal ( <sup>99m</sup> Tc-glucoheptonate)	2.0	370	0.0054
Bone ( <sup>99m</sup> Tc-MDP)	6.3	1110	0.0057
Gallium 67 citrate	15	150	0.100
Pentretotide ( <sup>111</sup> In)	12	222	0.054
White blood cells ( <sup>99m</sup> Tc)	8.1	740	0.011
White blood cells ( <sup>111</sup> In)	6.7	18.5	0.360
Tumor ( <sup>18</sup> F-FDG)	14.1	740	0.019

# 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

- 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

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

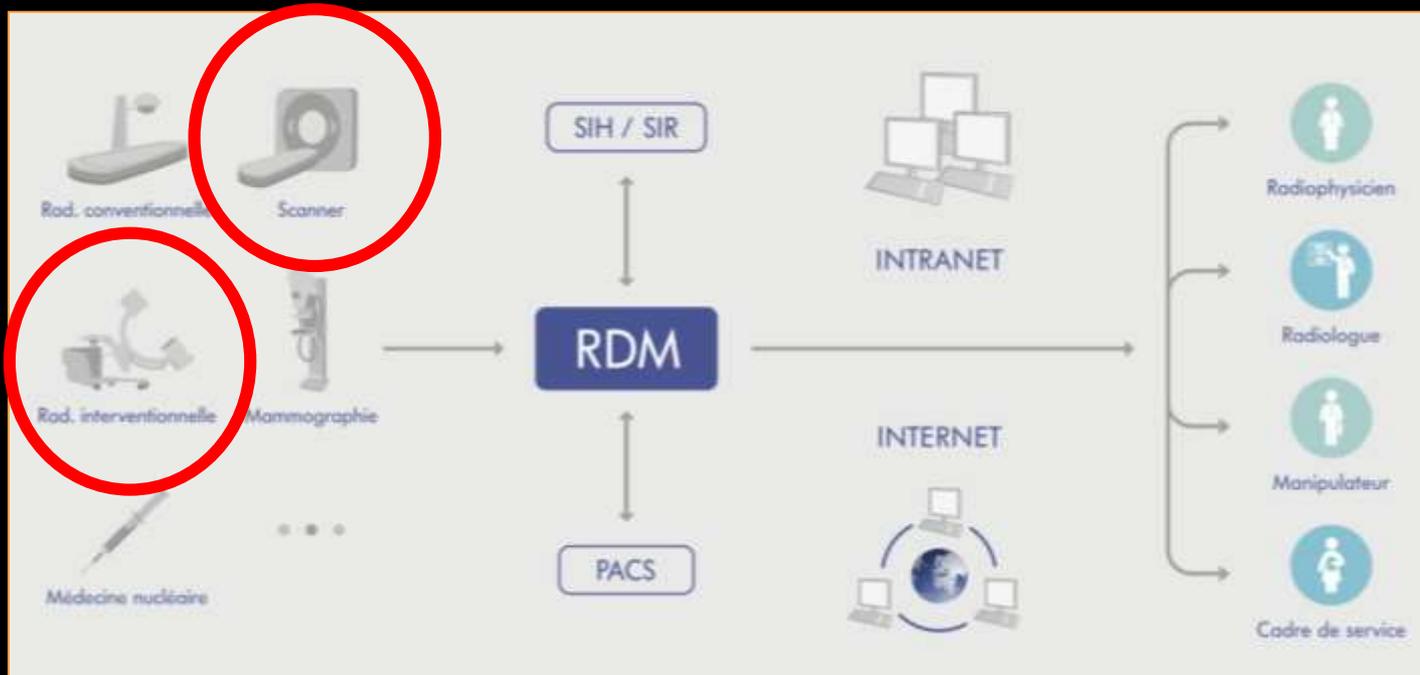
- Que dire et comment ?
  - Savoir répondre aux inquiétudes
  - Ne rien minimiser
  - En profiter pour faire un rappel sur la justification
- Utiliser un langage accessible
  - Parler d'irradiation ou d'exposition ?
  - Dose/jour exposition naturelle

# 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 du 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>...



# Messages à retenir

- **PDS et PDL : informant sur la pratique**
- **Dose efficace** : informant sur un effet biologique potentiel
  - **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**

