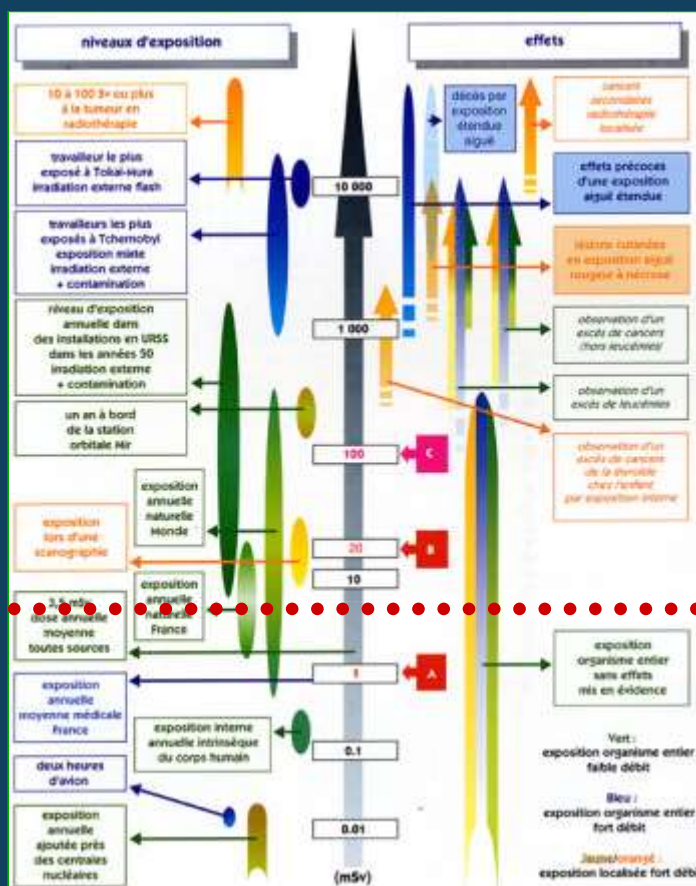


Ordre de grandeur des doses reçues lors des expositions diagnostiques en pratique médicale

JF Chateil,
H Ducou le pointe,
, D Sirinelli



RADIODIAGNOSTIC	mSv	MÉDECINE NUCLÉAIRE
scanner abdomen	20	— cœur Tl-201
scanner thorax	10	— cerveau Tc-99m HMPAO
lavement baryté		— foie Tc-99m HIDA
urographie	5	— cœur Tc-99m MIBI
transit gastrointestinale		— squelette Tc-99m phosphonate
rachis lombaire 2 clichés		
abdomen	Irradiation naturelle annuelle	
		— reins Tc-99m MAG3
pelvis	1	— poumons Tc-99m microsphères
rachis dorsal 2 clichés		
		— thyroïde Tc-99m pertechnetate
	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

Objectifs

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

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

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

IDSP

CTDIV

Quels indices 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
- 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**
- Utilisées en radiobiologie et radioprotection pour quantifier les effets d'une irradiation
- 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...
- La dose efficace (corps entier) : outil **d'évaluation des risques** et de **communication**

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.cm²

CTDI_{vol} en mGy
PDL en mGy.cm²

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

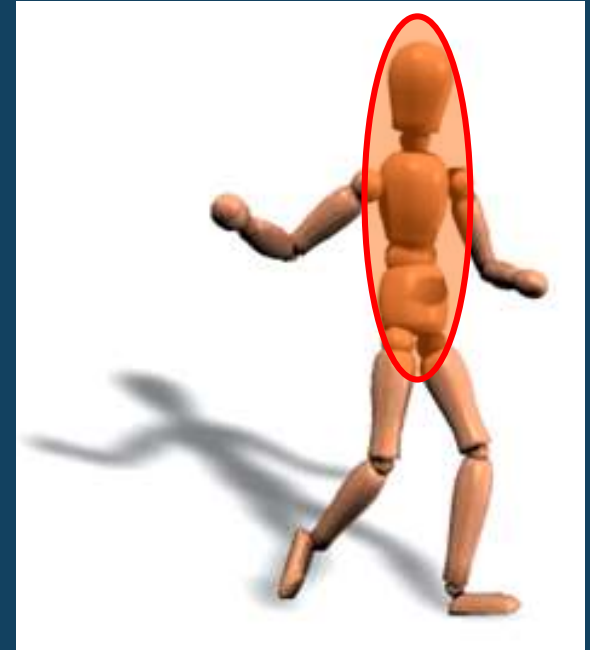
Expression pratique de la dose

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**

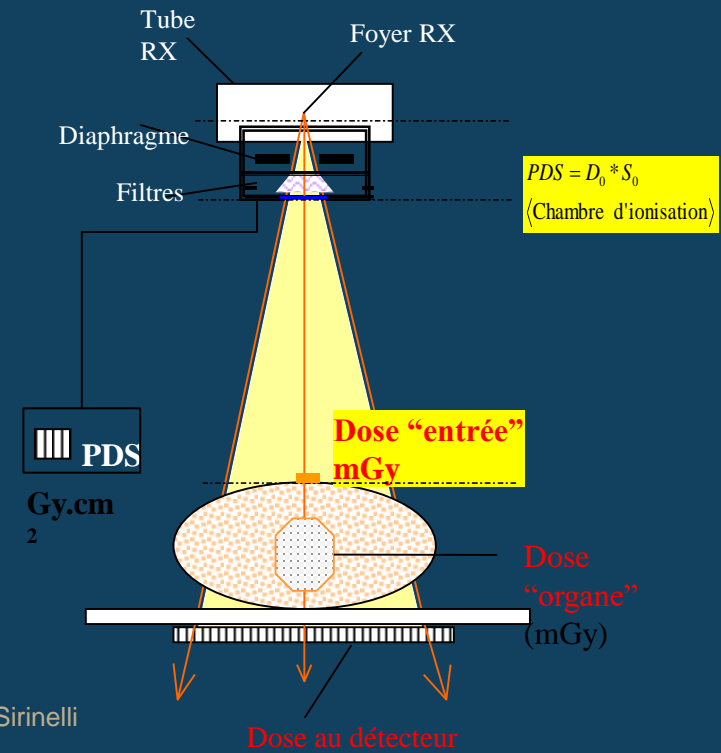
Obligation de faire figurer la dose dans le compte rendu

- 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



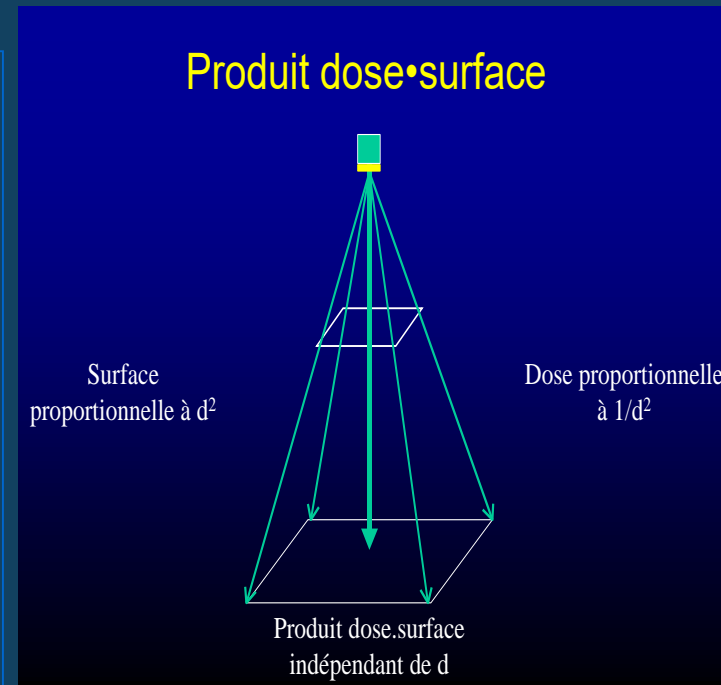
I : Indices de dose en Radiologie conventionnelle

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



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** (Gy.cm^2), mais attention aux unités:

Unité affichée

dGy.cm^2

cGy.cm^2

mGy.cm^2

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

Pour convertir en 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 cm^2	100 cm^2	400 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 PDS

- 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*)

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*
3. Le PDS permet d'obtenir une **valeur approchée de la dose efficace E (mSv)**
→ *indicateur de risque, communication avec le patient*

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'

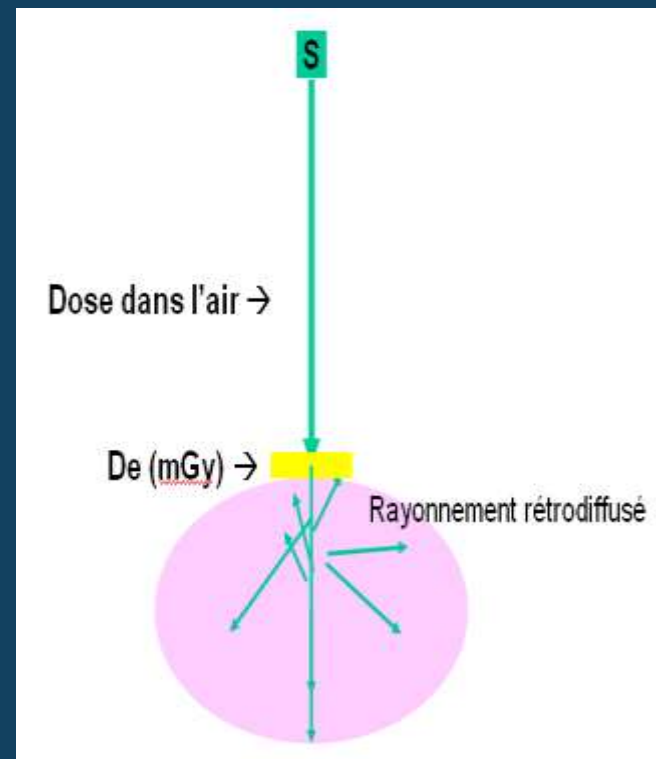
• Intègre le rayonnement diffusé

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

Difficile à mesurer en routine

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

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

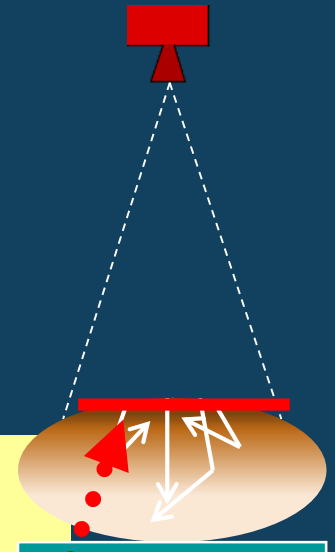
▮ $PDS = D_{\text{air}} \times S_{\text{exposée}}$

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

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

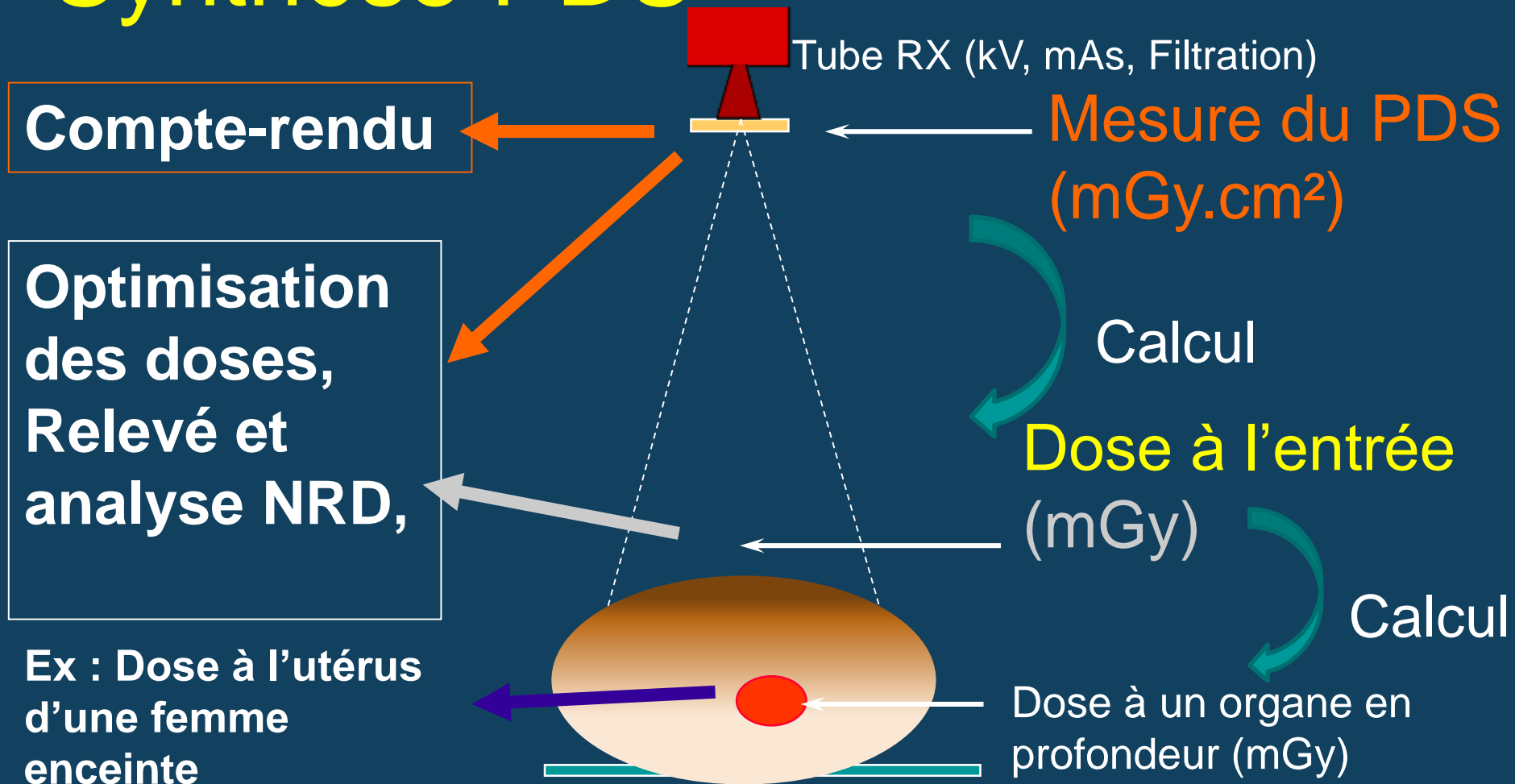
$$D_e = \frac{PDS}{S_{\text{exposée}}} \times 1,35 \quad \text{dans le cas général (50 - 90 kV)}$$

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



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

Synthèse PDS



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

EXAMEN	DE EN mGy pour une incidence unique	PDS EN cGy.cm ² pour une incidence 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.cm²) : tables spécifiques (NRPB)

Coefficients de conversion k

PDS → E dose efficace

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

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 des NRD

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

Radio-pédiatrie :

valeurs comparées de DE, PDS et dose efficace

Examen	De (mGy)	PDS (Gy.cm ²)	D _{eff} (mSv)
Thorax de face (6 mois)	0,05	0,01	/3 = 0,003
Abdomen sans préparation (5 ans)	0,3	0,2	/5 = 0,04
Cystographie (5 ans)	3	2,4	/5 = 0,5

Dose d'irradiation	Équivalent irradiation naturelle
0,003 mSv	1 jour
0,04 mSv	2 semaines
0,5 mSv	3 mois

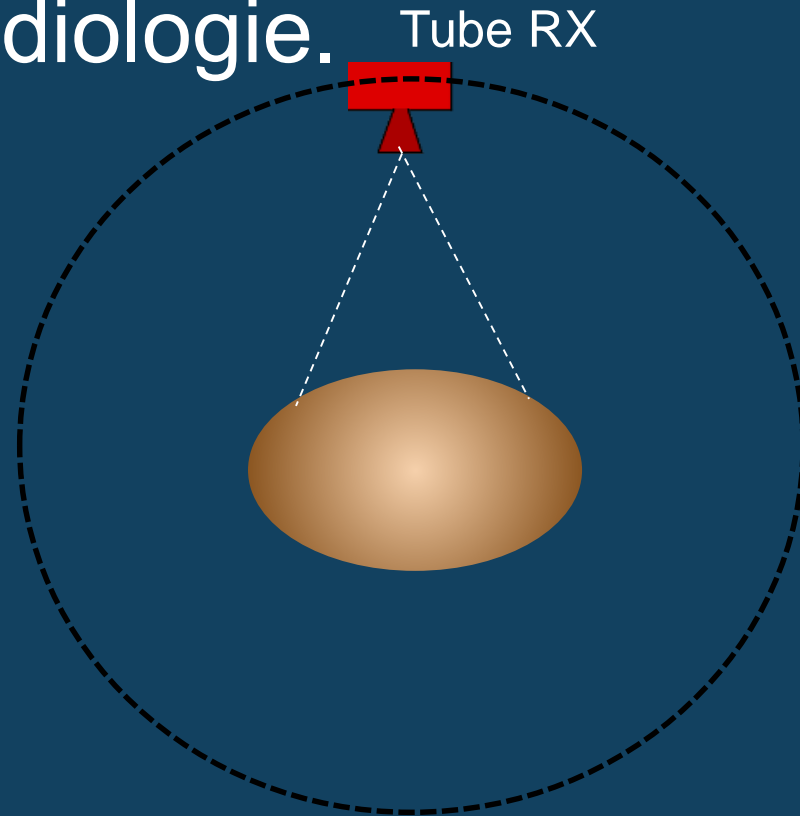
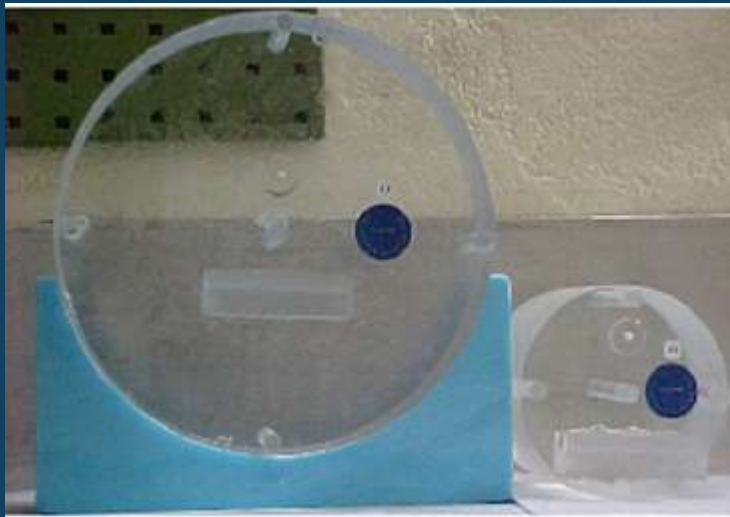
Valeurs des irradiations « comparées »

- Irradiation naturelle en France : 2 mSv/an

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

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



Le **CTDIvol** (en mGy)

ou Indice de Dose Scanographique en Volume (IDVS).

Indicateur de la dose moyenne absorbée dans le volume exploré.

Le **PDL** – ou **DLP** (en mGy x cm)

Produit Dose x Longueur d'exploration:

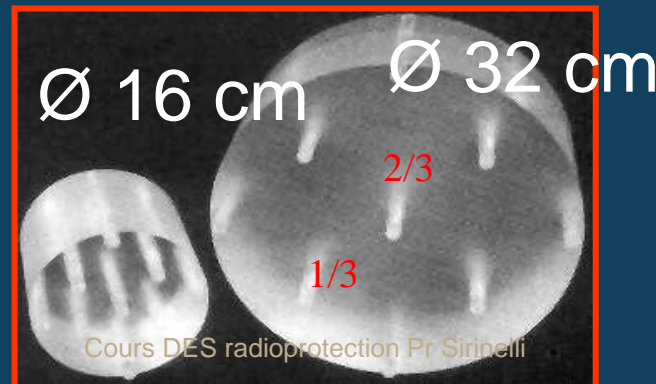
Rend compte de la dose délivrée dans tout le volume exploré

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_{vol}) 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_{vol}
 - longueur d'acquisition
- Le PDL est à noter dans le compte-rendu.

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_{eff}

	$CTDI_w$ (mGy)	DLP (mGy.cm)	X	f_{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

Scanner et irradiation chez l'enfant

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

E_{DLP}^1 (mSv.mGy ⁻¹ .cm ⁻¹)				
	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

Conversion PDL → dose efficace : E_{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
TDM Crâne : 2 mSv	1 an
Thorax abdomen : 10 mSv	5 ans

Expositions naturelles et artificielles

IRSN 2015

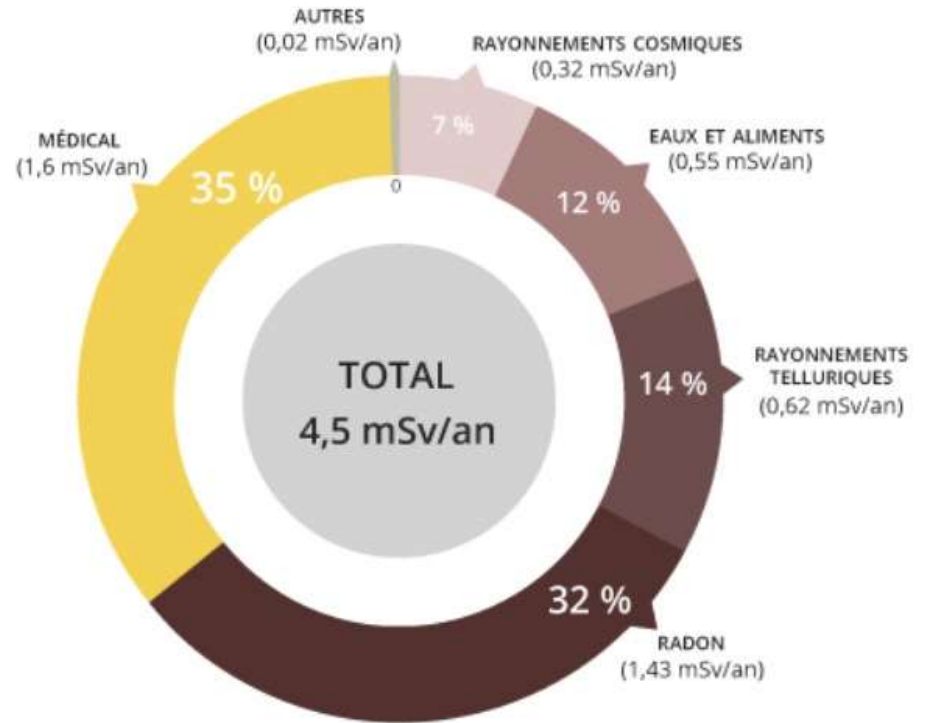
Total : 4,5 mSv/an

Environnement : 2,3 mSv

Ingestion : 0,6 mSv

Médical : 1,6 mSv

Exposition moyenne de la population aux rayonnements ionisants
Bilan IRSN 2015



IRSN
INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

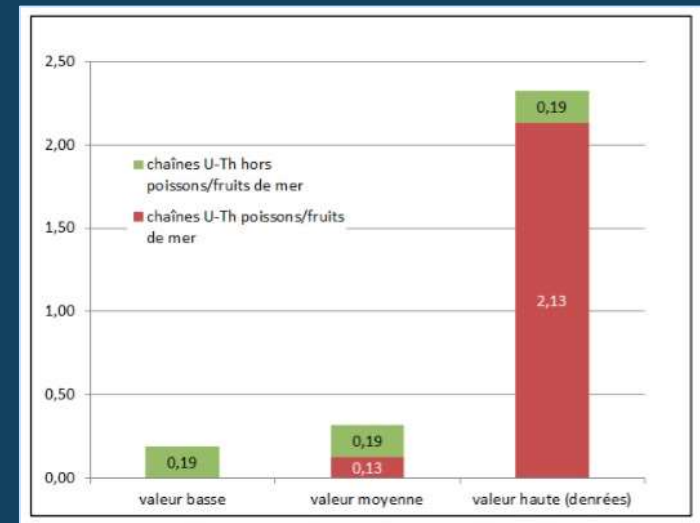
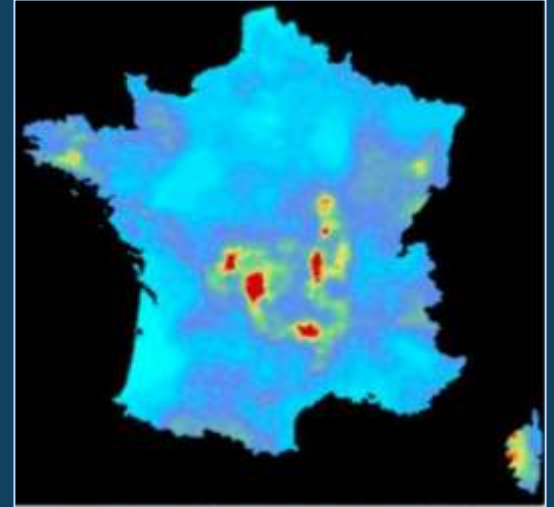
**Exposition de la population
française aux rayonnements
ionisants**

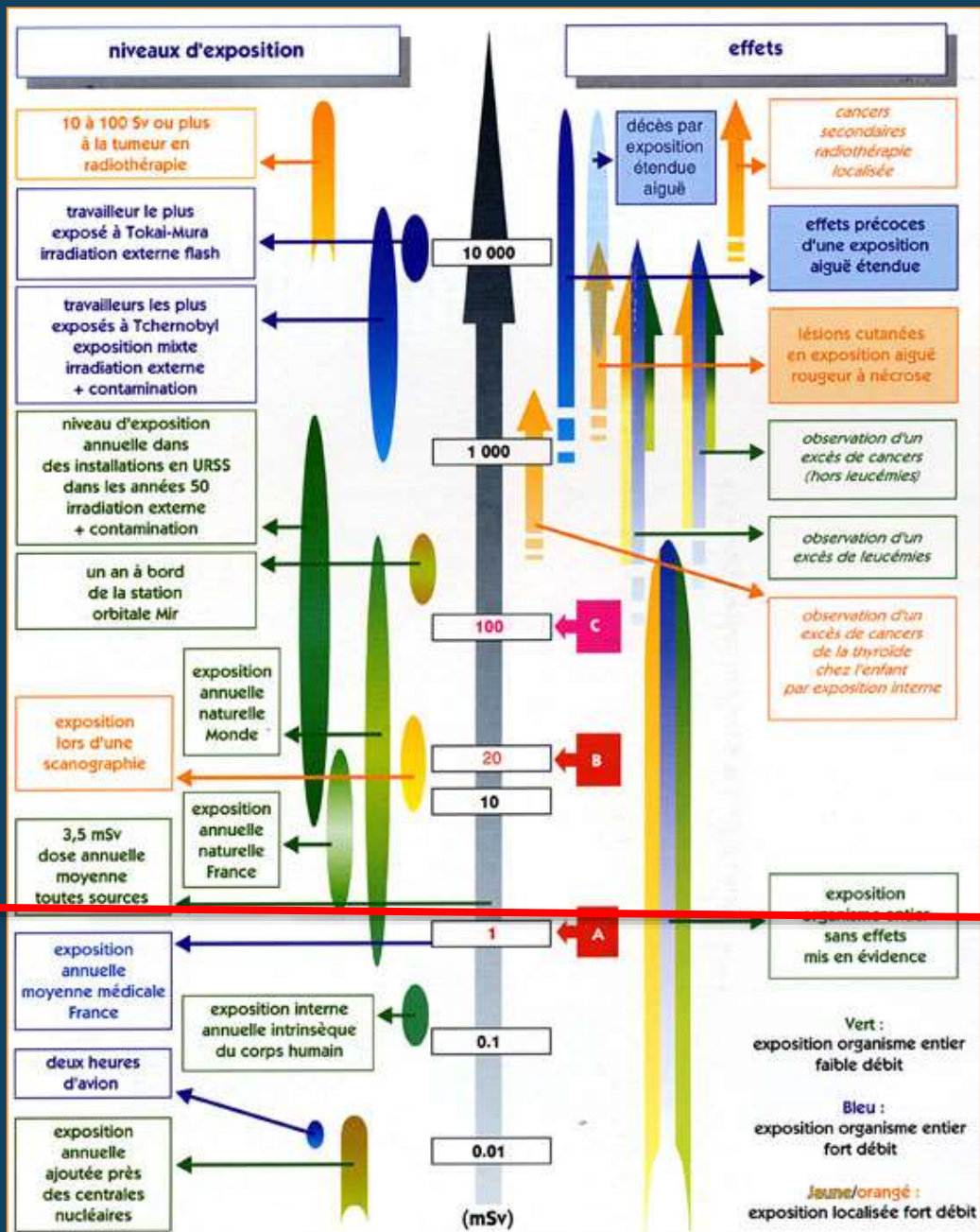
Rapport IRSN/2015-00001

Exposition naturelle de la population française

- Radon 32 %
 - gaz radioactif d'origine naturelle (désintégration uranium et radium)
- Rayonnement tellurique 14 %
- Rayonnement cosmique 7 %

- Eau et aliments 12 %
 - Potassium, désintégration uranium et thorium

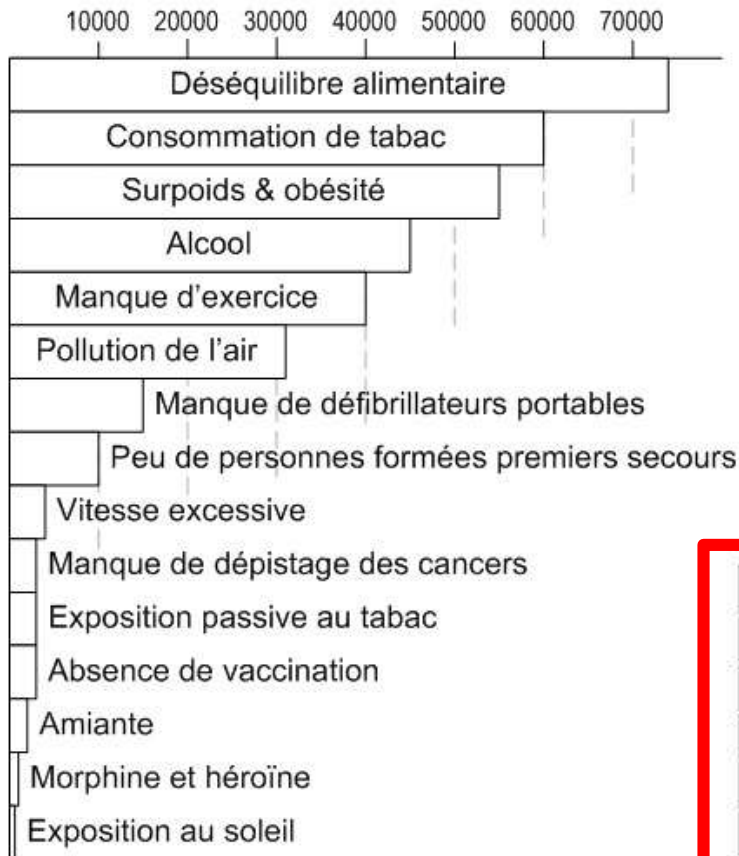




De quel risque parle-t-on ?

Espérance de vie et risques comparés

Décès évitables

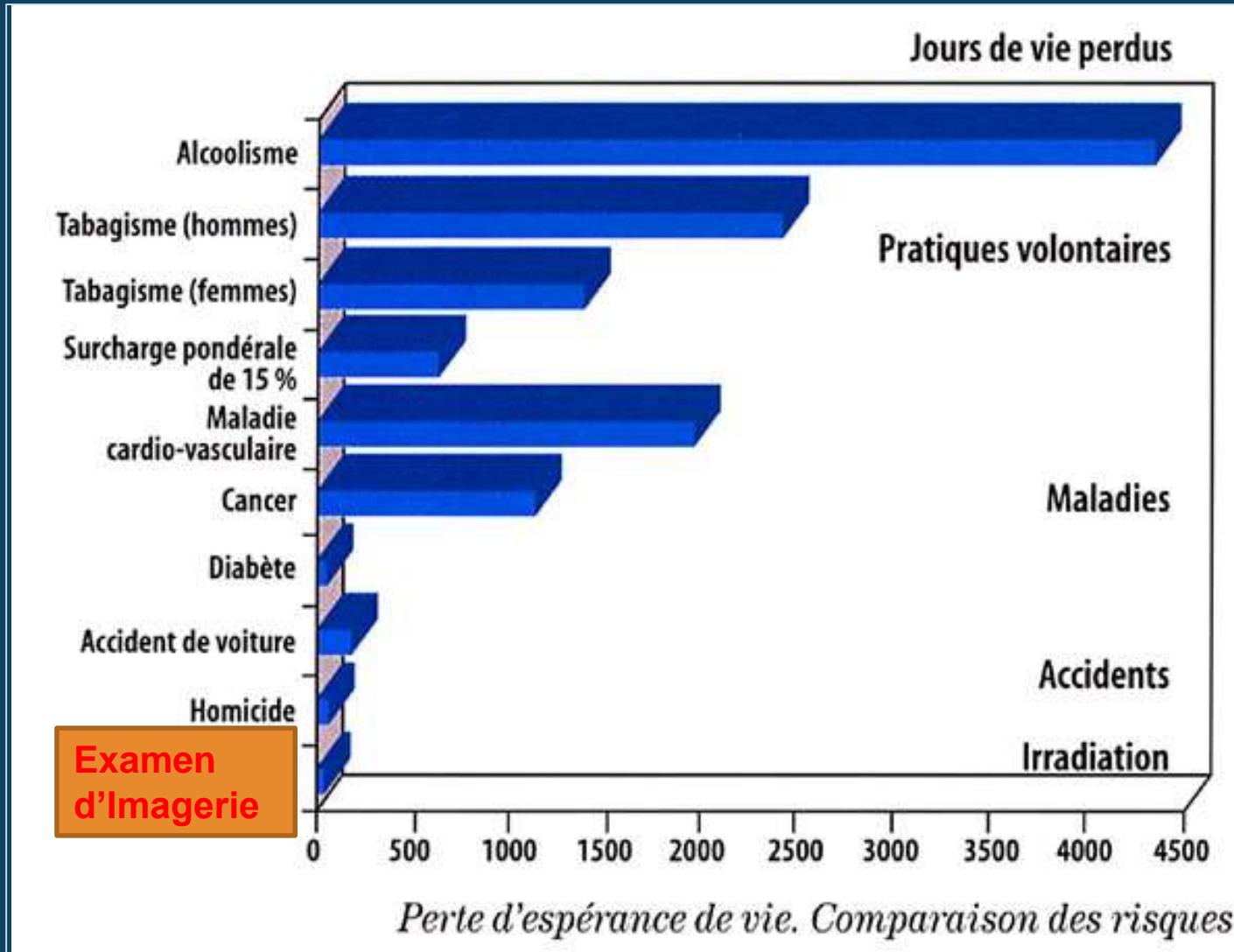


Causes principales de décès évitables

Perte d'espérance de vie

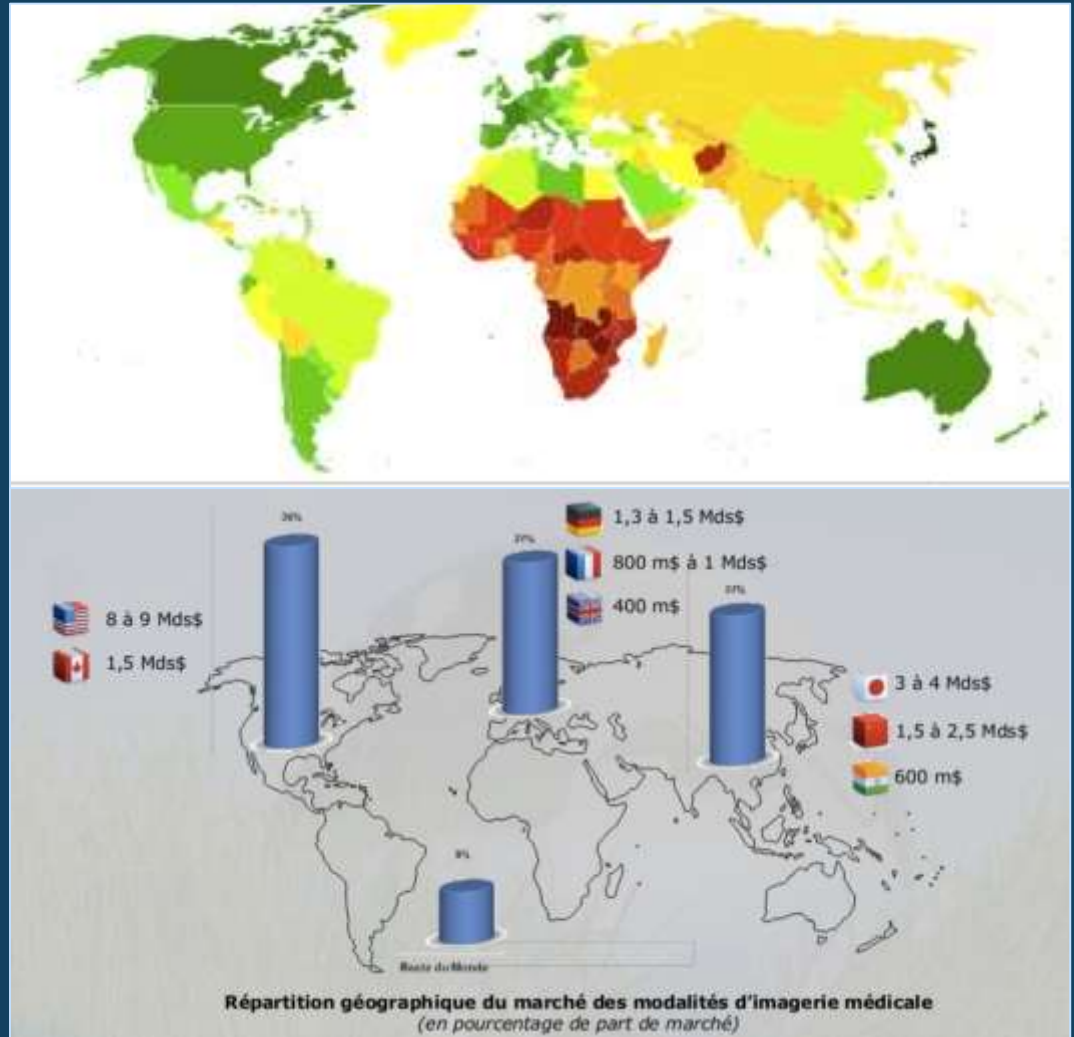
Comportement habituel (ou état résultant)	Perte d'espérance de vie
Grand fumeur (30 cigarettes par jour ou plus)	- 8 ans
Obésité (IMC supérieur à 30)	- 6 ans
Fumeur (moyenne : 15 cigarettes par jour)	- 4 ans
Fort stress *	- 2,8 ans
Petit fumeur (moyenne : 7 cigarettes par jour)	- 2 ans
Surpoids (IMC 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.

Accidents médicaux en radiologie

- Rapport du « sou médical » 2013
Radiologues : 88 déclarations de sinistre
 - Défauts de prise en charge
 - Erreurs d'interprétation
 - Complications
 - Dommages corporels

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

Comment sont recensés 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

Mise à jour 2014 (2012)

- **82 millions d'actes** (1,2 actes/hab)
- **1,6 mSv par an par hab**
- **Evolution :**
 - Augmentation du scanner et 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
Total	81 755 500	100	102 198 500	100

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

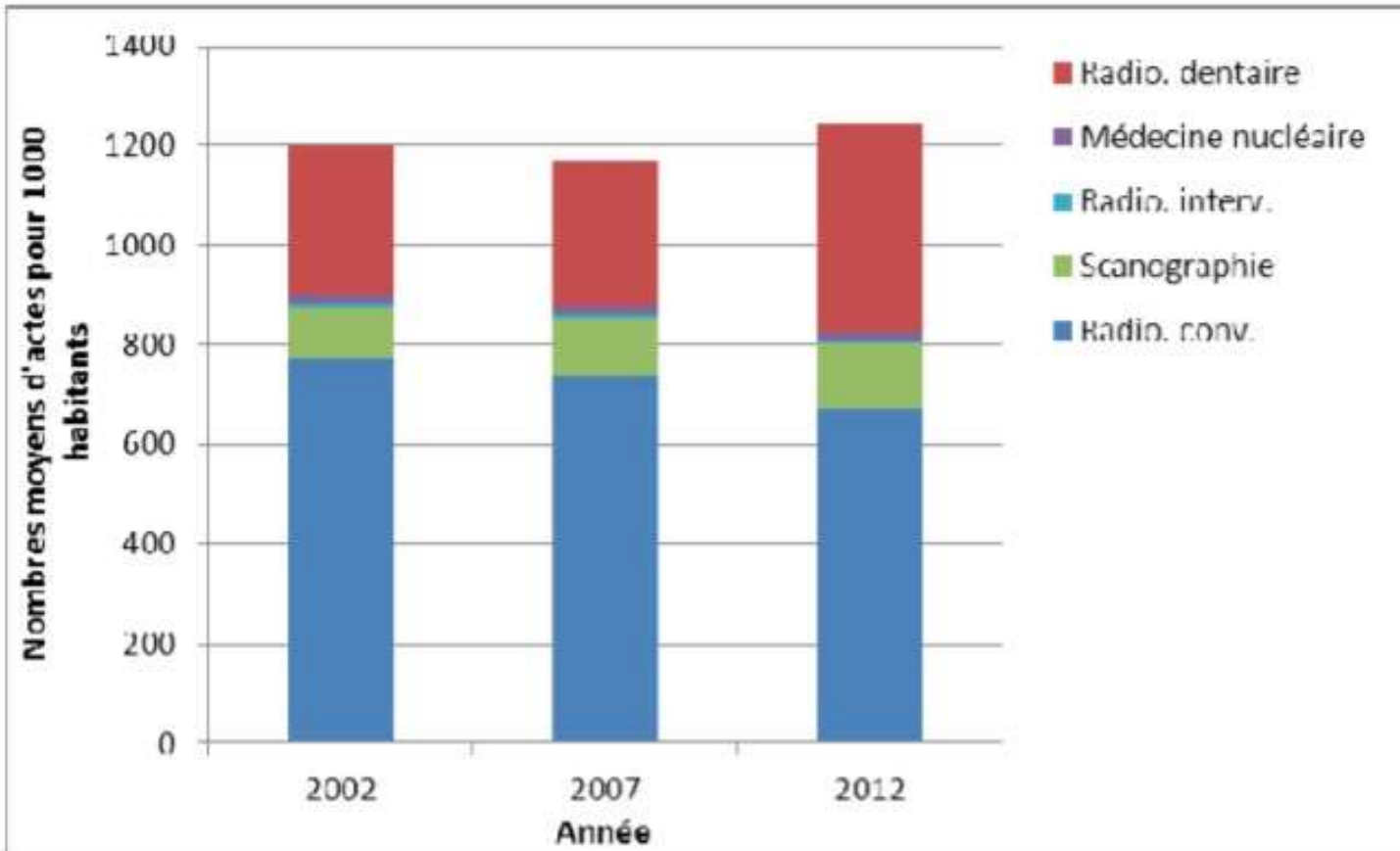


Figure 18 - Evolution de la répartition des actes selon la modalité d'imagerie entre 2002 et 2012 [4,5].

Fréquence des actes diagnostiques et dose efficace collective

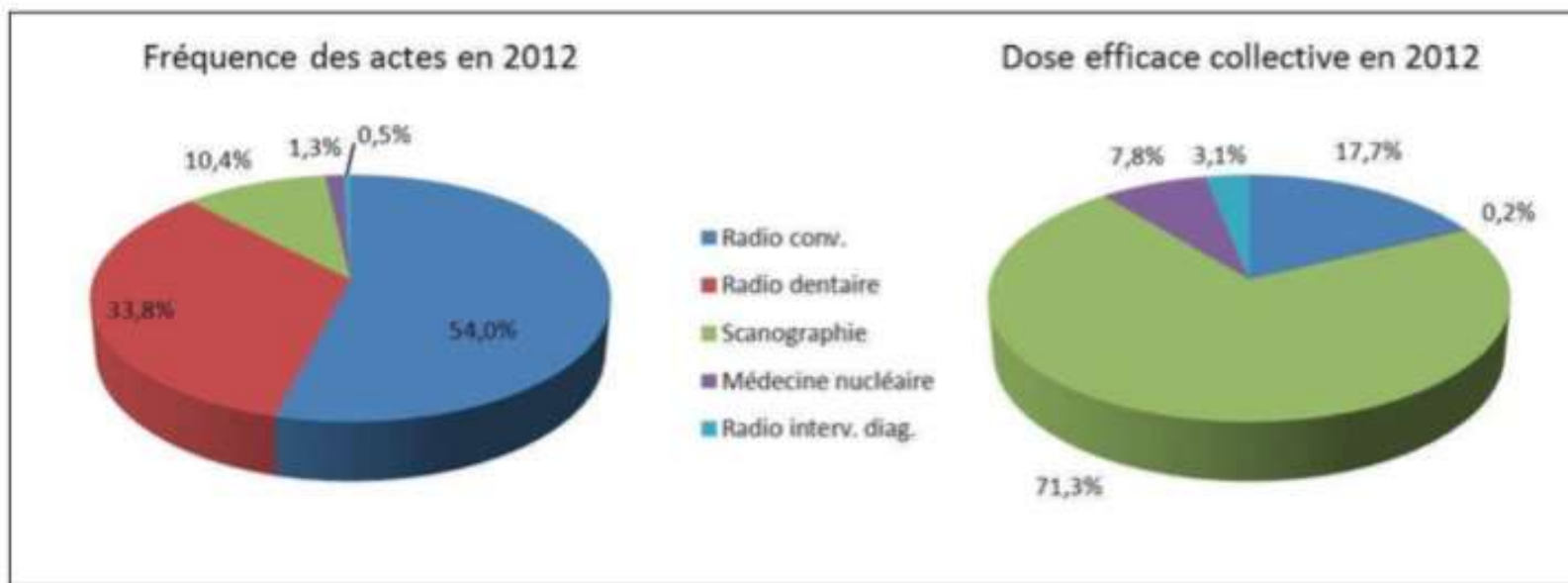
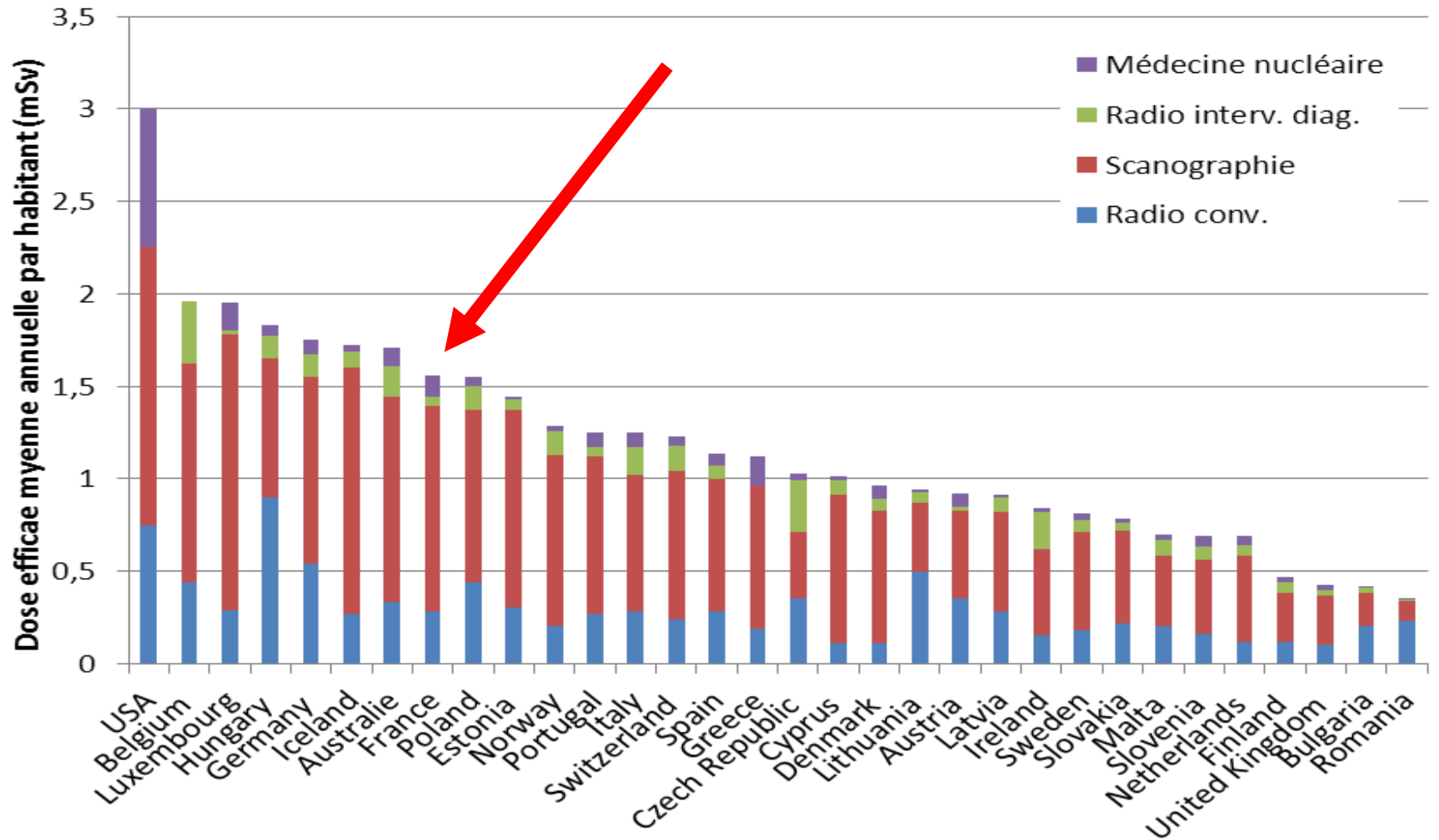


Figure 2 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par type d'exploration diagnostique, France entière, 2012.

Évolution de la dose efficace moyenne 2002 à 2012

- La Dose efficace moyenne par an et par habitant a **doublé** entre 2002 (0,83 mSv) et 2012 (1,6 mSv)
- Explications avancées :
 - Meilleure connaissance des actes réalisés et des doses
 - Augmentation significative du nombre d'actes de
 - scanographie + 26%
 - 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



44% des assurés sociaux ont un examen/an

- Radiologie non dentaire : 32 % des assurés
 - 2/3 en libéral
 - 1/3 en secteur public

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*

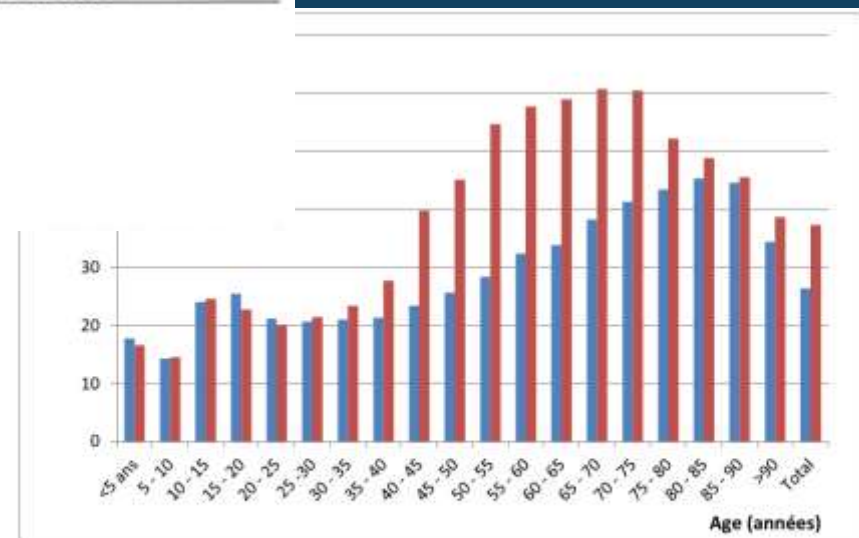
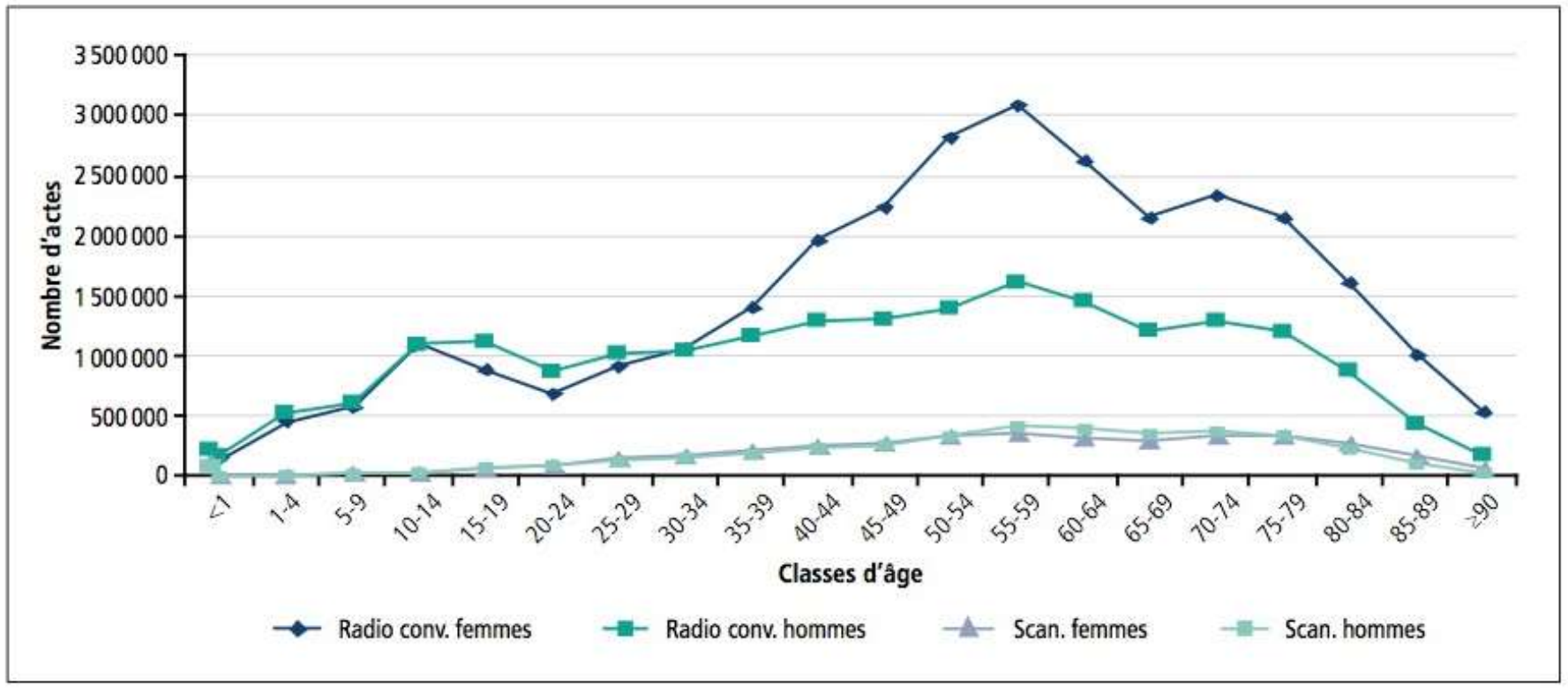


Figure 14 - Proportion de bénéficiaires ayant bénéficié d'au moins un acte diagnostique (hors radiologie dentaire) en 2012, selon le sexe et l'âge (RG hors SLM, régimes agricoles et des indépendants).

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



Dose efficace cumulée chez les exposés

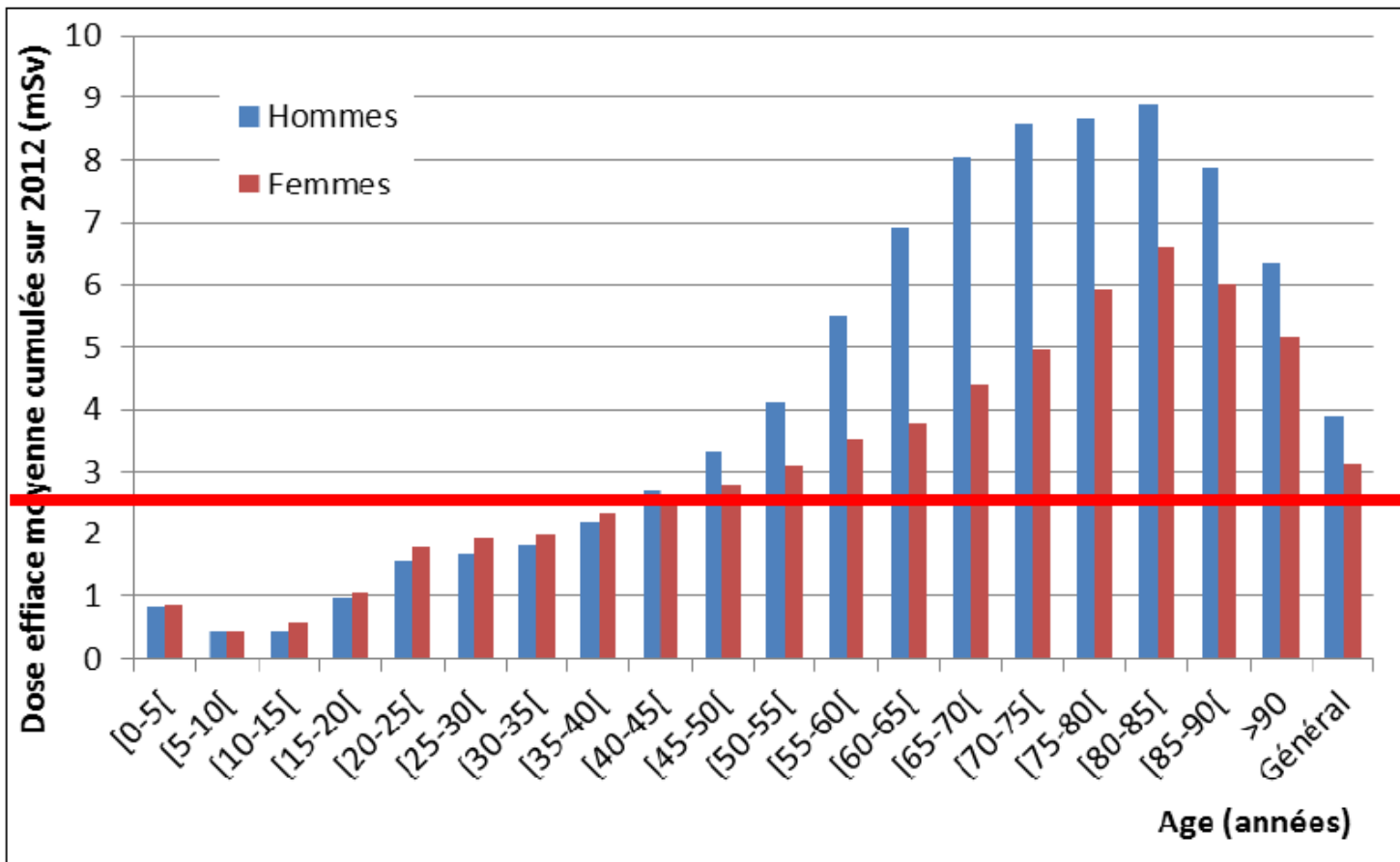


Figure 17 - Dose efficace moyenne annuelle chez les 44 % de bénéficiaires ayant eu au moins un acte diagnostique (dentaire inclus) en 2012, selon le sexe et l'âge.

Répartition par sexe : les femmes

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

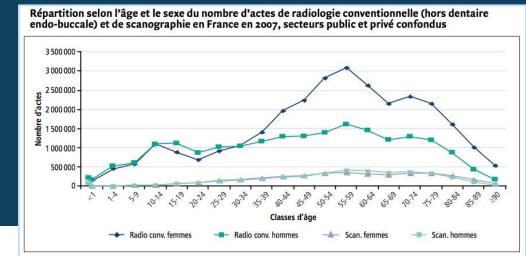
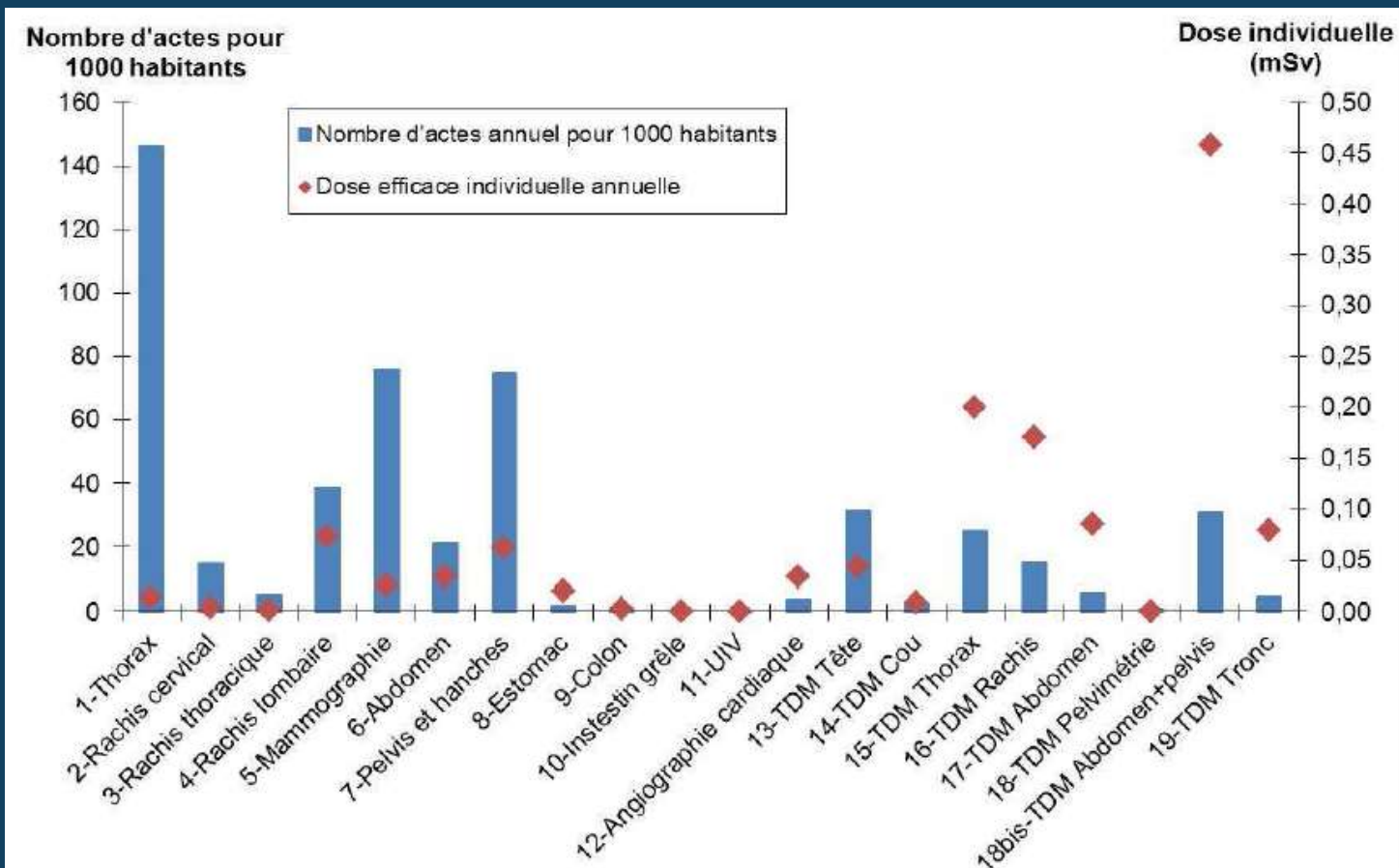


Tableau III - Répartition du nombre d'actes réalisés en 2012, selon le sexe et la modalité d'imagerie (valeurs arrondies).

	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
Total	35 168 500	100	46 587 000	100

Top 20 des actes (membres exclus)

- En nombre : Thorax, bassin, mammographies
- En dose : TDM abdomen



Radiologie conventionnelle

54% des actes, 18 % de la dose

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

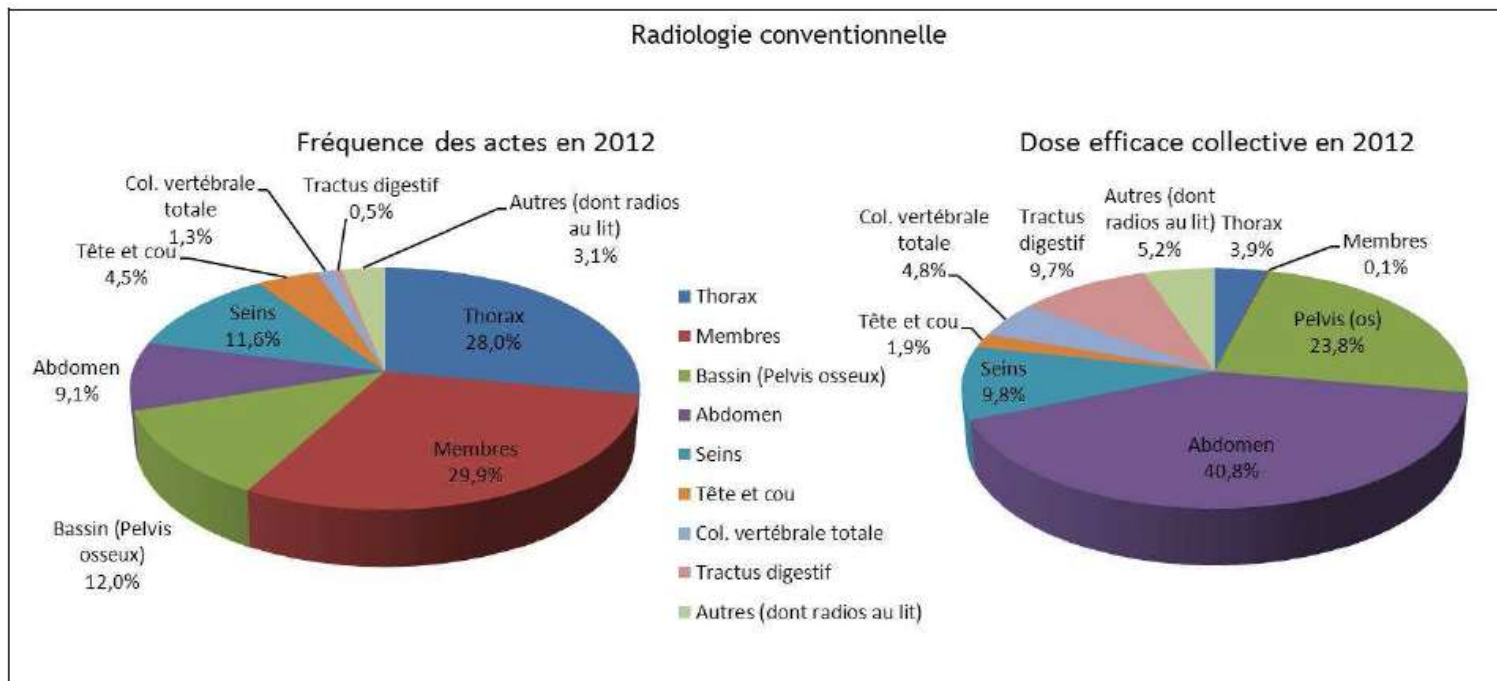


Figure 3 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en radiologie conventionnelle (hors dentaire), France entière, 2012.

Valeurs des irradiations « comparées »

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

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

Radiopédiatrie : valeurs comparées de DE, PDS et dose efficace

Examen	De (mGy)	PDS (Gy.cm ²)	D _{eff} (mSv)
Thorax de face (6 mois)	0,05	0,01	/3 = 0,003
Abdomen sans préparation (5 ans)	0,3	0,2	/5 = 0,04
Cystographie (5 ans)	3	2,4	/5 = 0,5

Dose d'irradiation	Équivalent irradiation naturelle
0,003 mSv	1 jour
0,04 mSv	2 semaines
0,5 mSv	3 mois

Scanner 2012

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

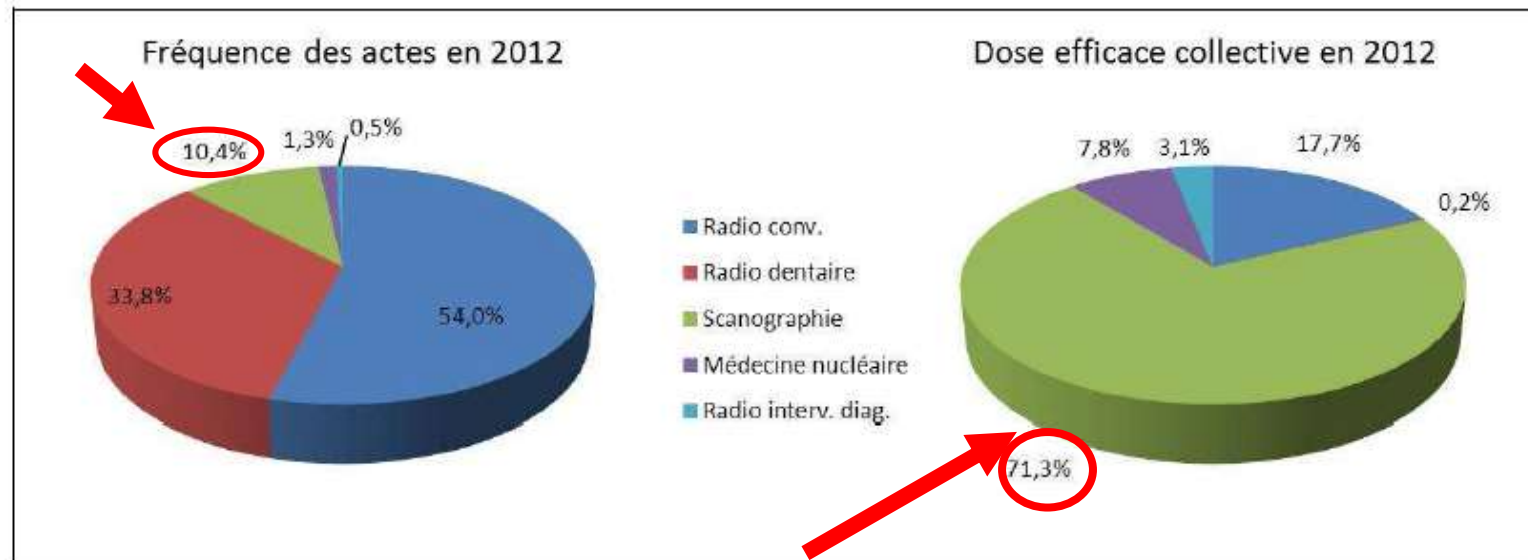


Figure 2 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par type d'exploration diagnostique, France entière, 2012.

scanner

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

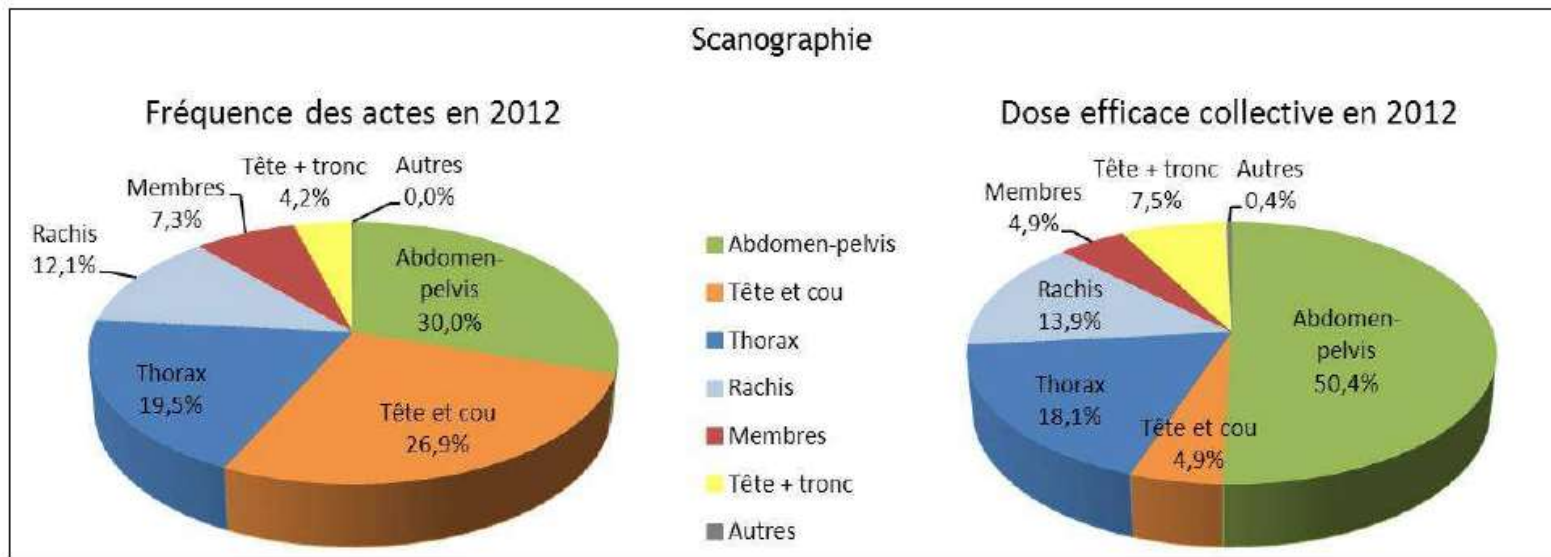


Figure 4 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en scanographie, France entière, 2012.

Valeurs des irradiations TDM « 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

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

Facteur de 1 (crâne) à 8 (cœur)

Radiologie interventionnelle



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

Radiologie vasculaire

0,5 % des actes, 3% de la dose

- Diagnostique : majoritairement cardiaque
 - Part croissante de l'interventionnel
 - Données de la littérature et « NRD »
- Peu d'informations sur les activités en blocs opératoires

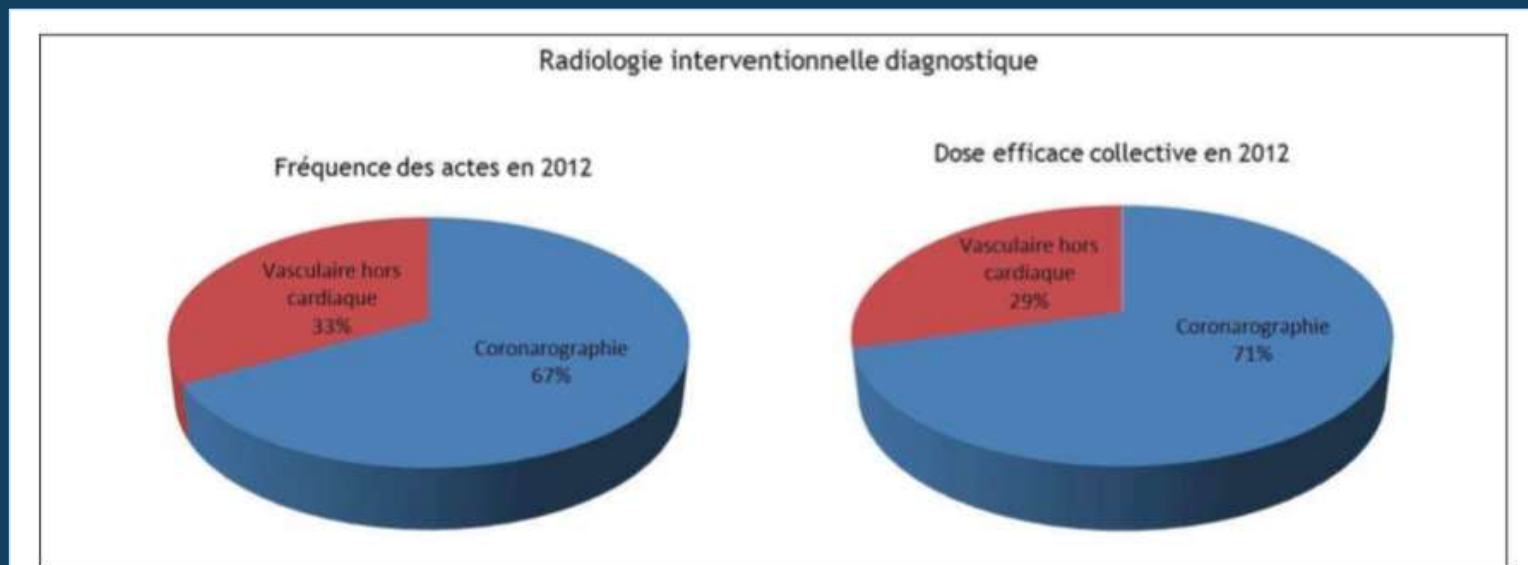


Figure 5 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en radiologie interventionnelle diagnostique, France entière, 2012.

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
 - Dose peau
- **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.cm²**
- **Dose peau :**
 - **1 à 15 Gy**
- **Dose efficace :**
 - **3 à... 30 mSV !!!!**

Niveaux de doses observées en radiologie interventionnelle

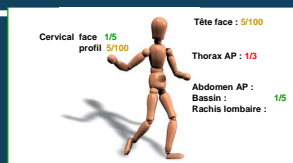
Examination	Average Effective Dose (mSv)*	Values Reported in Literature (mSv)
Head and/or neck angiography	5	0.8–19.6
Coronary angiography (diagnostic)	7	2.0–15.8
Coronary percutaneous transluminal angioplasty, stent placement, or radiofrequency ablation	15	6.9–57
Thoracic angiography of pulmonary artery 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

Très grande variabilité en fonction du type d'examen !
Apparition de NRD

Proposition de niveaux de référence en radiologie vasculaire

- **Etude F Magnier JFR 2009**

- 7 types de procédures (2 943 examens, 5 établissements)
- Le NR : 75^{ième} centile des distributions des valeurs



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

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

Même les chirurgiens vasculaires se mobilisent !



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

Exposition en rapport avec la médecine nucléaire

- 1,3% des actes
- 8% de la dose délivrée

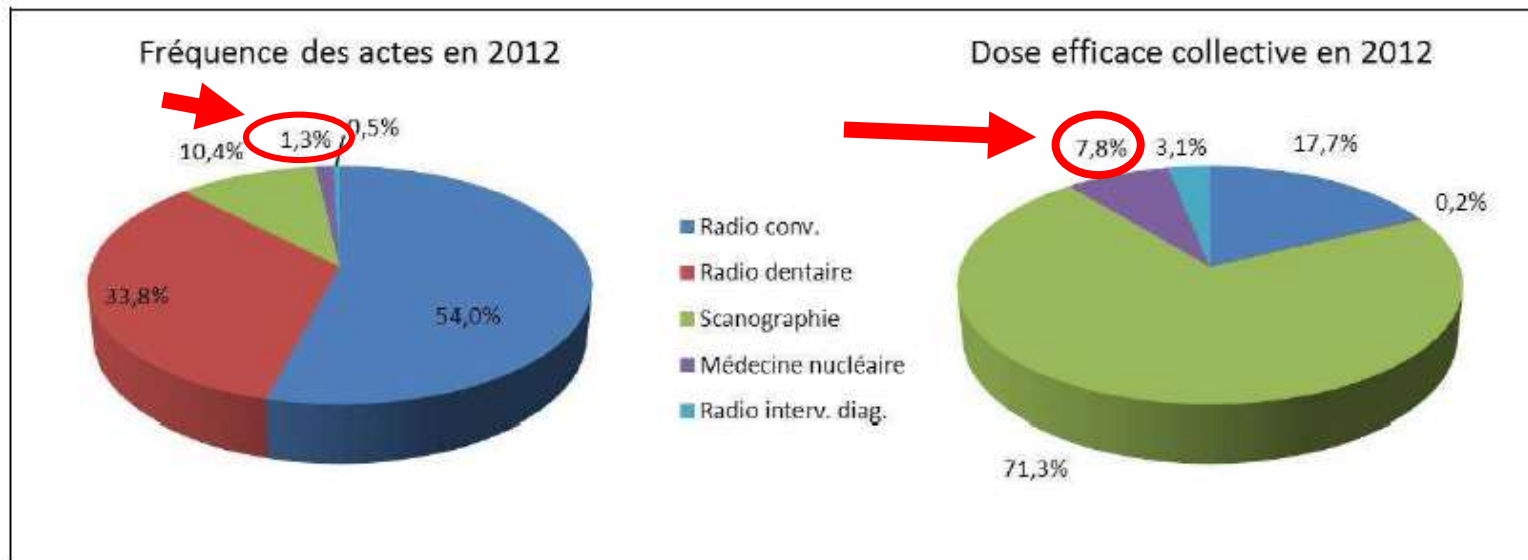


Figure 2 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par type d'exploration diagnostique, France entière, 2012.

Exposition en rapport avec la médecine nucléaire

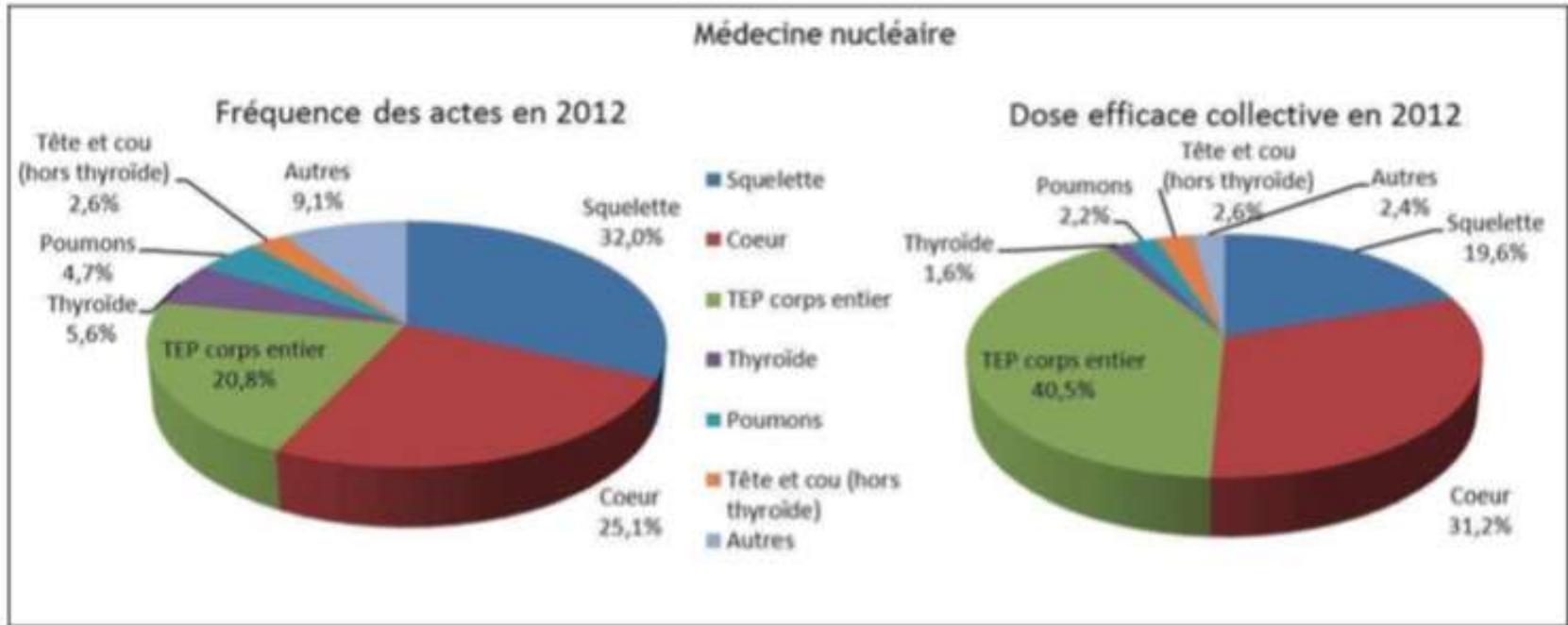


Figure 6 - Répartition de la fréquence des actes et de la dose efficace collective par zone anatomique explorée, en médecine nucléaire, France entière, 2012.

Valeurs des doses efficaces en scintigraphie

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

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.

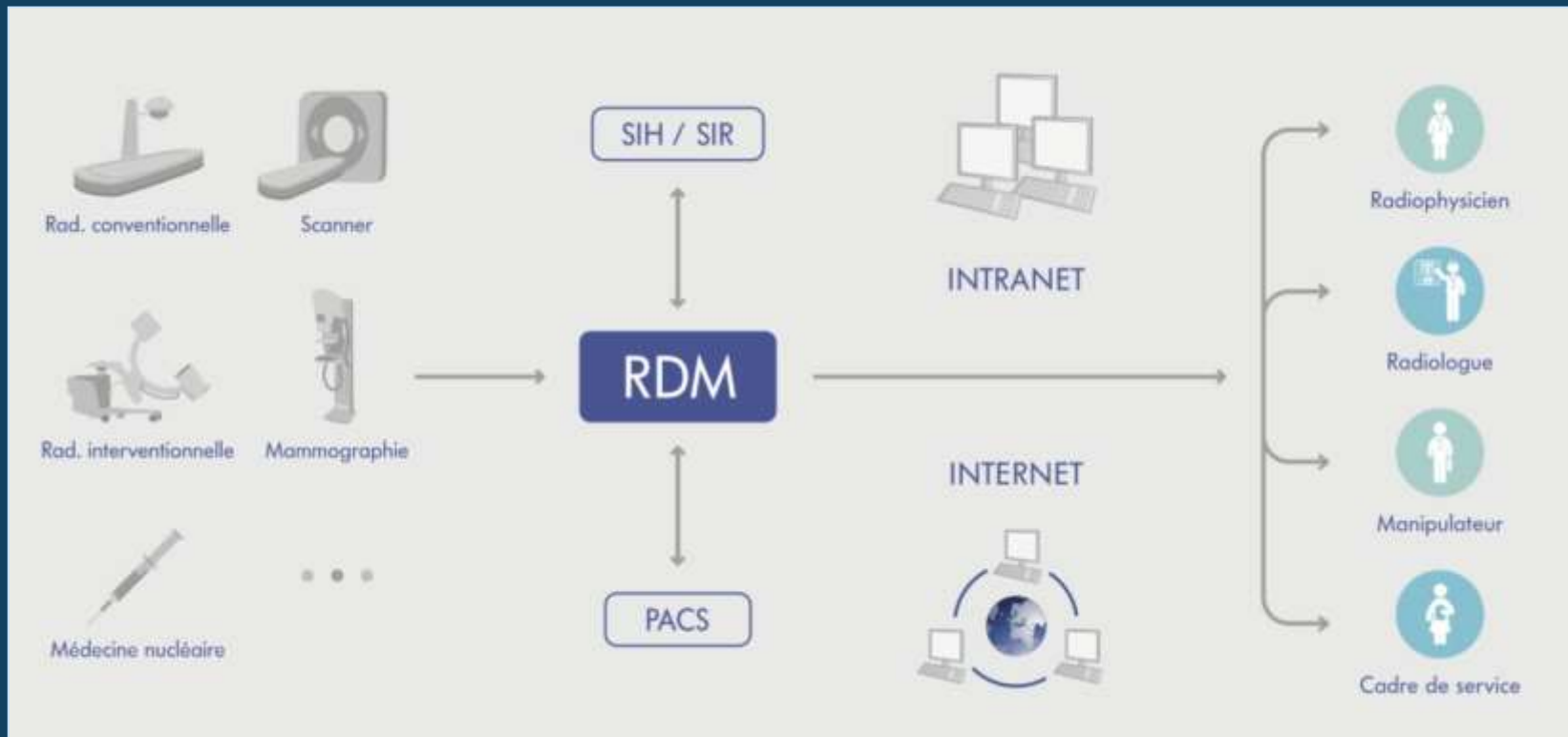
Entre 2001 et 2006, près de 450 patients de l'établissement traités pour des cancers de la prostate ont été victimes de surdoses de radiation causées par deux dysfonctionnements distincts du service de radiothérapie de l'hôpital d'Epinal. Douze en sont morts. Plusieurs centaines d'autres, soignées au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

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

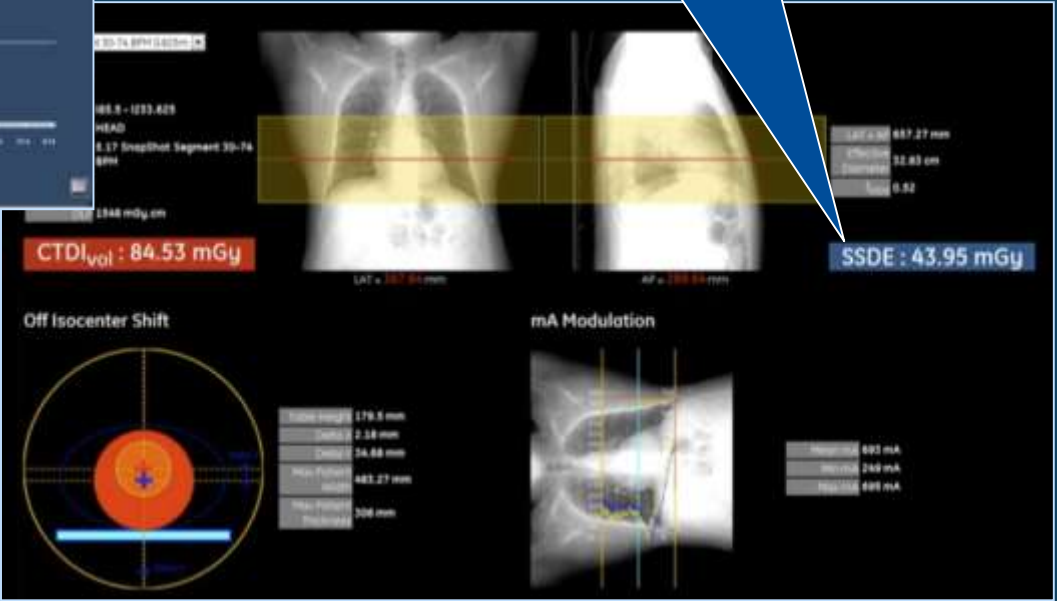
- Intérêt des logiciels de suivi de dose : **DACS** (Dose Archiving and Communication System)
 - DAPcare®, DoseWatch®, Radimetrics®, Radiation Dose Monitor®...



Place des DACS



Size Specific Dose Estimate



Information des patients.....

et des cliniciens sur la dose

- Obligation légale
- Quand
 - Avant l'examen ?
 - Interventionnel
 - Après l'examen ++++
- Preuve de professionnalisme
 - Vous savez ce que vous faites
 - Vous êtes garants de la qualité et la sécurité
- 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 d'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

Détermination de la **dose d'entrée** De

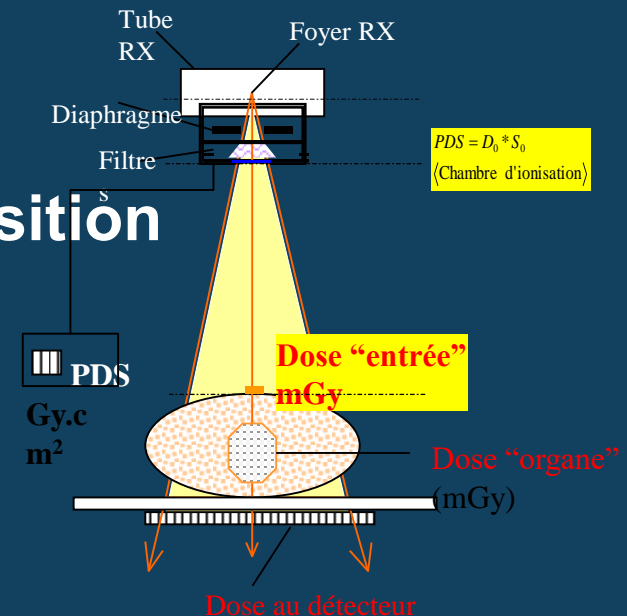
2 méthodes

- 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



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

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

Titre : Hausse des actes de scanographie en France

Radiologie¹

- 1 % d'actes

47,5 millions en 2002
47 millions en 2007

0,5 mSv²

Dose moyenne
reçue par acte
en radiologie

¹ Conventiionnelle hors dentaire

² Millisievert

Rapports Expri 2002 et 2007

Scanographie

+ 26 % d'actes

6 millions en 2002
7,5 millions en 2007

6 mSv

Dose moyenne
reçue par acte
en scanographie

Hervé Bouilly/IRSN - Source IRSN

Variation avec âge

- Mammographie, traumatologie
- cancérologie

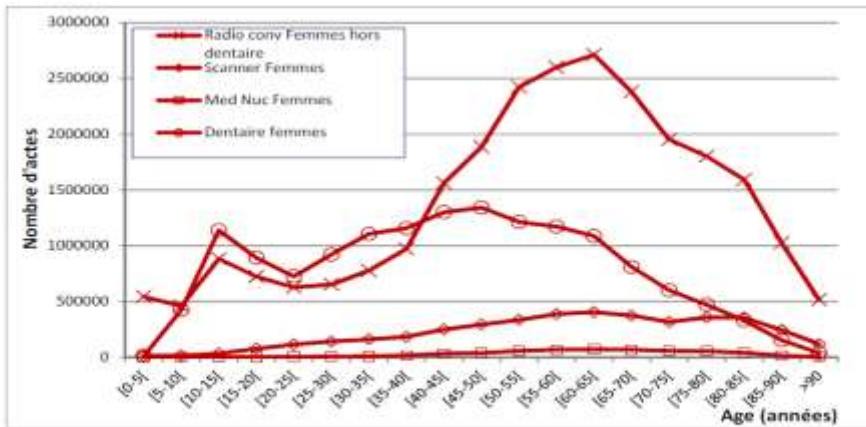


Figure 7 - Répartition selon l'âge et les modalités d'imagerie du nombre d'actes diagnostiques réalisés chez les femmes, en France en 2012.

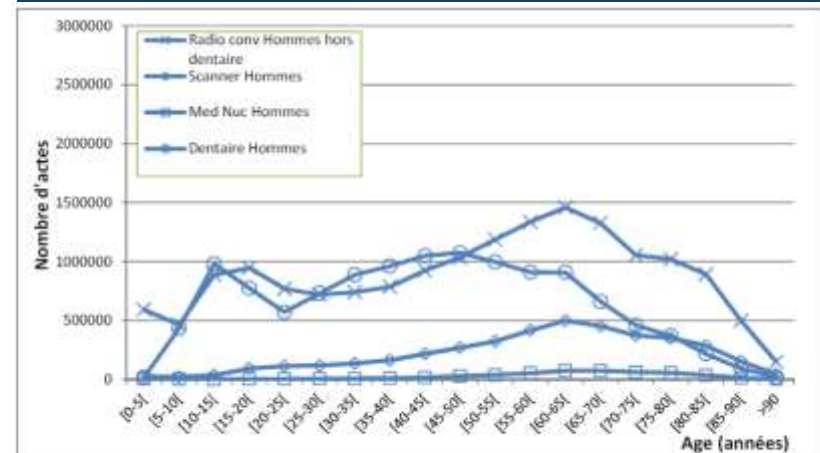


Figure 8 - Répartition selon l'âge et les modalités d'imagerie du nombre d'actes diagnostiques réalisés chez les hommes, en France en 2012.

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	...