

*17 octobre 2009
Colloque GE Santé*

Dosimétrie en TDM :

On passe à l'action !

Robert Ouellet, Ing. M.Sc.

Plan de la présentation

Notions de base

Pourquoi y a-t-il un problème dosimétrique en CT?

Les niveaux de référence

Étude Québécoise 2008

Le Plan d'action Ministériel de réduction de l'exposition aux radiations

Computed Tomography Dose Index: CTDI_v (mGray)

- ◆ **Mesure**: énergie moyenne dans un plan de coupe : mGy
- ◆ Basée sur des mesures dans des fantômes standardisés
 - ◆ Tête = 16 cm
 - ◆ Body = 32 cm (patient 70 kg)



CTDI_v

- kVp
- mA
- S
- Pitch

CTDI_v (mGray)

Patient Name:
Accession Number: RA200600368901
Patient ID: 372510
Exam Description: SCAN CEREBRAL C-

Exam no: 681
2006 Jan 17
LightSpeed VCT

Dose Report

Series	Type	Scan Range (mm)	CTDI _{vol} (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Axial	S1.250-S49.273	72.94	368.71	Head 16
2	Axial	S48.750-S137.213	47.94	436.17	Head 16
Total Exam DLP:				804.88	
1/1					

Produit Dose x Longueur : DLP (mGy-cm)

- ◆ Calcul indiquant la dose intégrée sur toute la longueur du scan

$$\text{DLP} = \text{CTDI}_{\text{vol}} \text{ (mGy)} \times \text{Longueur du scan (cm)}$$

DLP : mGy x cm
Affiché sur la console de l'opérateur

Notions de base en dosimétrie CT : DLP (mGy-cm)

Patient Name:
Accession Number: RA200600368901
Patient ID: 372510
Exam Description: SCAN CEREBRAL C-

Exam no: 681
2006 Jan 17
LightSpeed VCT

Dose Report					
Series	Type	Scan Range (mm)	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy-cm)	Phantom cm
1	Scout	-	-	-	-
2	Axial	S1.250-S49.273	72.94	368.71	Head 16
2	Axial	S48.750-S137.213	47.94	436.17	Head 16
Total Exam DLP:				804.88	
1/1					

Notions de base en dosimétrie CT : DLP (mGy-cm)

DLP – L'unité de choix pour des fins de comparaison :

- ◆ Inter patients
- ◆ Inter protocoles
- ◆ Inter appareils
- ◆ Inter centres

Fonction de :

- ◆ Technique radiologique kVp, mA, Pitch...
- ◆ Couverture anatomique :
 - Prescription radiologique
 - Travail du technologue

Évolution de la performance du CT

- ◆ Multi barrettes
 - ◆ 2, 4, 16, 32, 64, 128, 320...
- ◆ Générateur de 100 kWatt
- ◆ Rotation en 1/3 sec



Ce n'est pas parce que les examens se font 3 fois plus vite qu'il y a moins de dose!!

Portrait global : Usage croissant du CT

Brenner

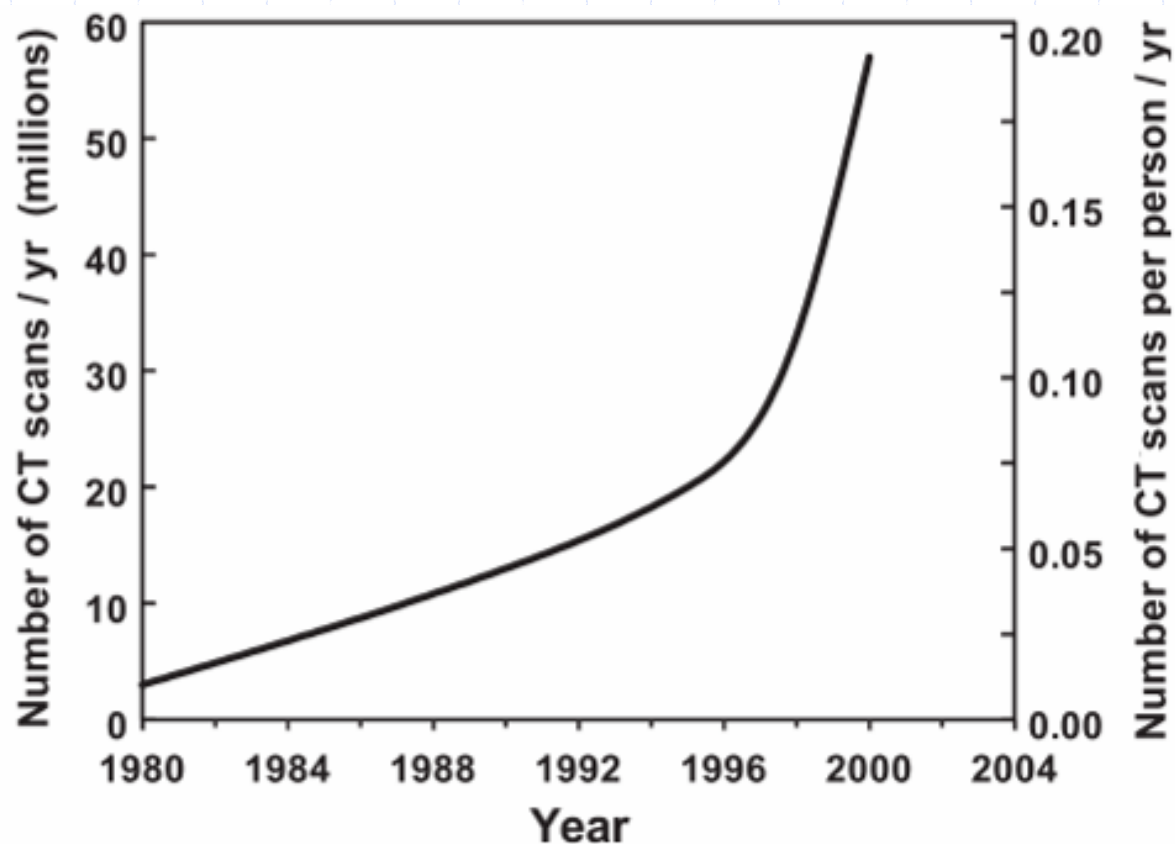


Figure 1. Graph shows the increase in the estimated number of CT scans performed in the United States between 1980 and 2000

- + Applications
- + Couverture anatomique

Portrait global : Dosimétrie et Imagerie

Radiographie

Réduction de la dose -30 % en 20 ans

- ◆ Mammographie
- ◆ Radiofluoroscopie
- ◆ RX dentaire

CT = 40 % à 60 % de la dose radiologique/2008

La Question des années 1999-2007:

Est-ce que les tomodensitomètres multi barrettes donnent plus de dose aux patients?

Oui

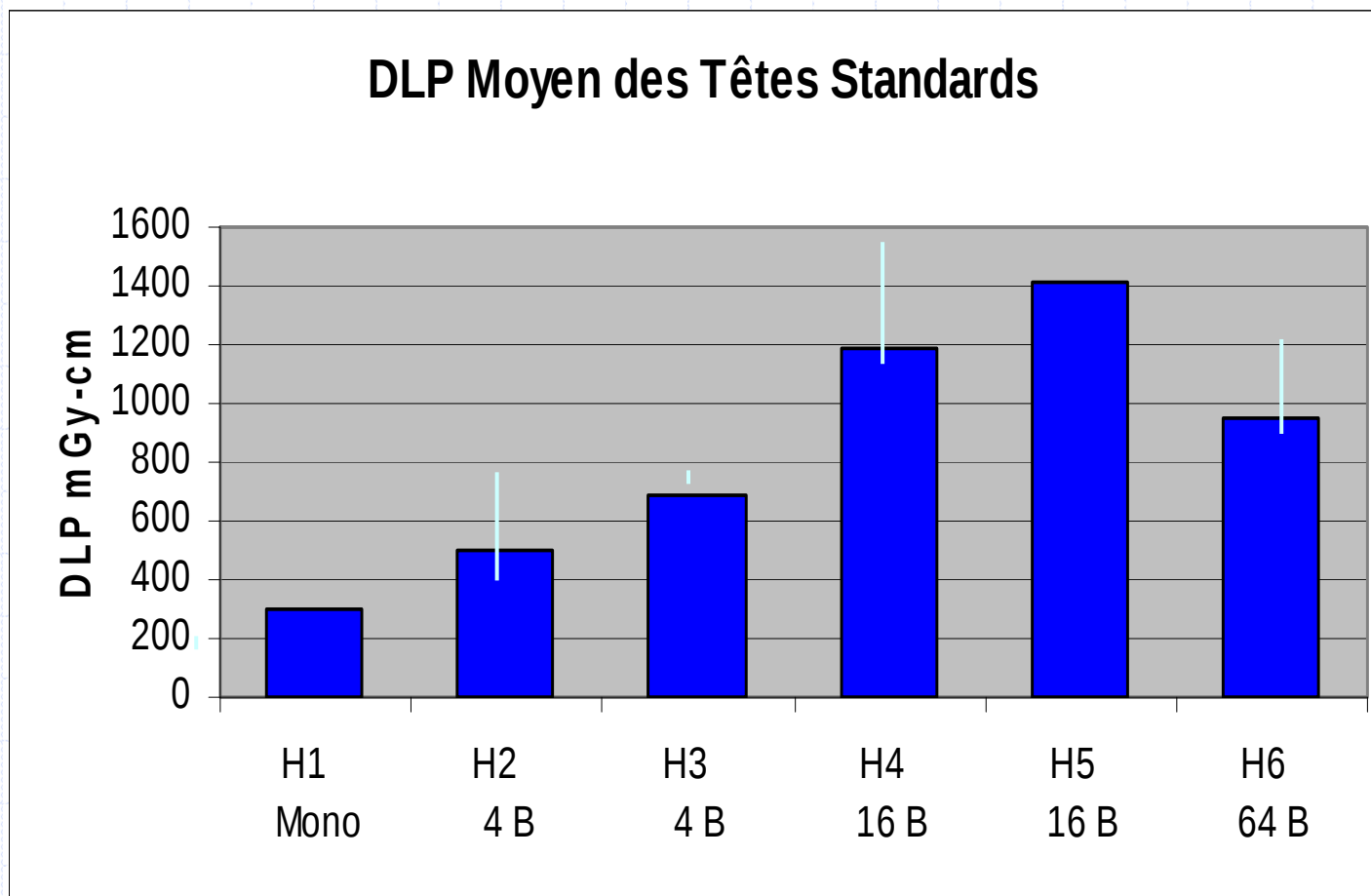
Non

Portrait global : Dose en CT

CT Multi barrettes = Plus de doses au patient

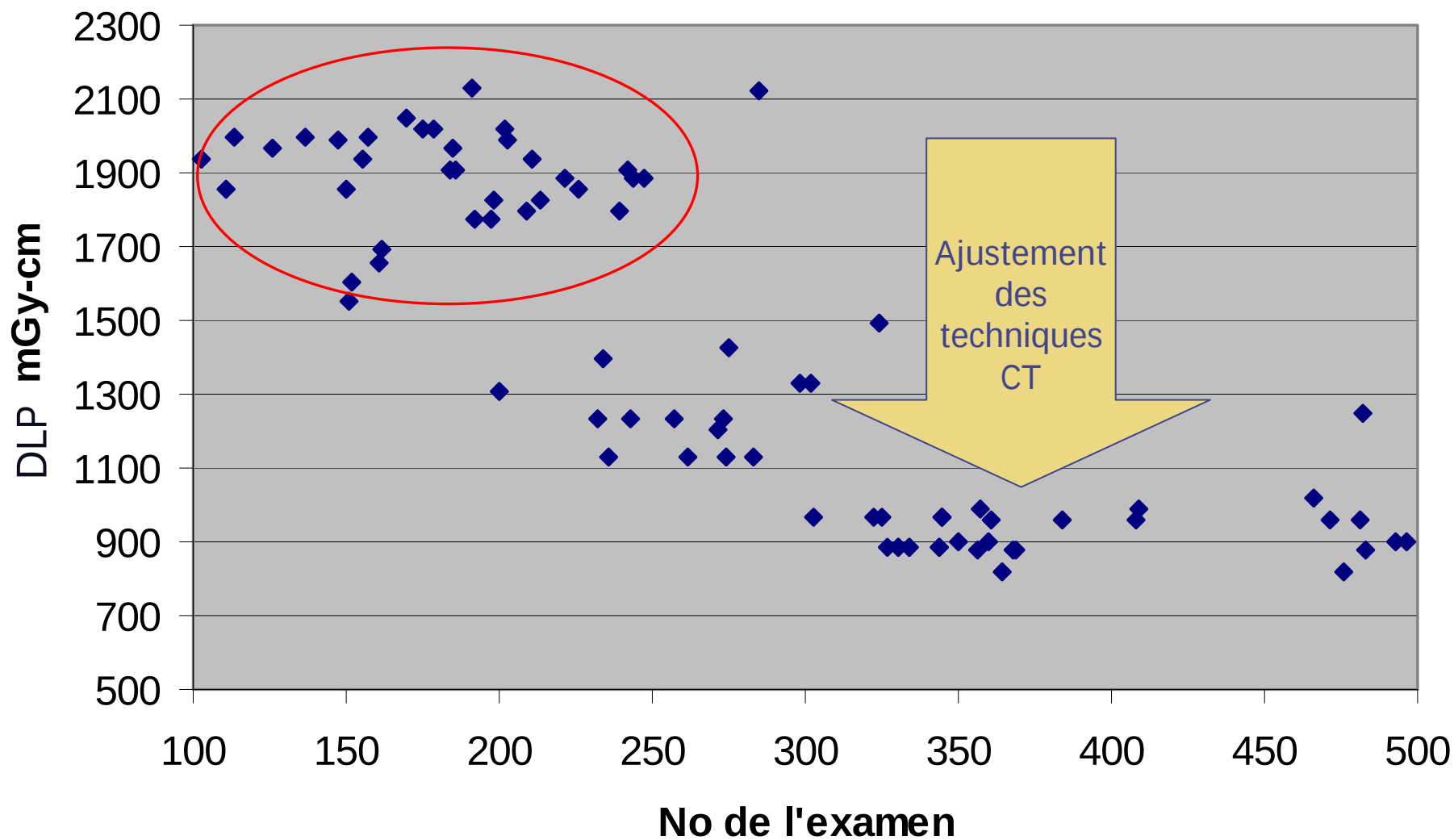
- ◆ Efficacité géométrique de détection entre 50 % et 98 % de celle des monobarrettes
 - ◆ Dépend des épaisseurs de coupe et de la collimation
- ◆ Mode spiral = +10 % à +30 % de dose (ICRP 87)
 - ◆ Coupes additionnelles aux deux extrémités du volume d'intérêt clinique
- ◆ Usage clinique

Portrait global : Dose en CT

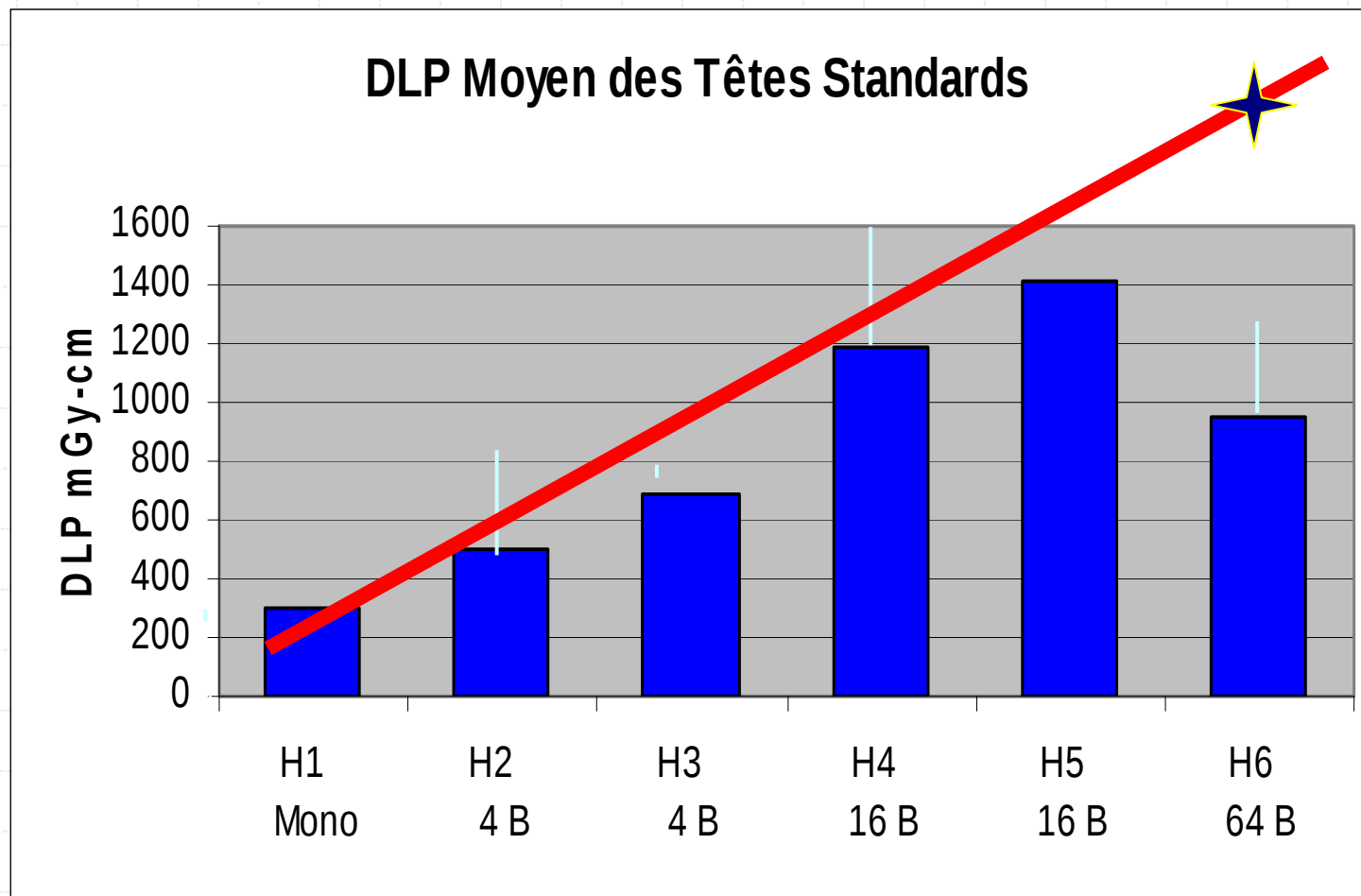


SCFR/CAR 2006/APIBQ Un exercice Québécois
de comparaison intercentres

Évolution du DLP Scan Cérébral C-



Portrait global : Performance dosimétrique du CT



SCFR/CAR 2006/APIBQ Un exercice Québécois
de comparaison inter centres

Le concept de « Haute Dose » en CT

T. Robin Goodman, MD, and James A. Brink, MD

Adult CT: Controlling Dose and Image Quality¹

Manufacturers' technique for reducing dose, such as automatic control system, are welcomed in that these techniques demonstrate that the industry is beginning to acknowledge CT **as the high-dose examination** it is and is making effort to address the issue

2006 Syllabus

Categorical Course in Diagnostic Radiology Physics:
**From Invisible to Visible—
The Science and Practice of X-ray
Imaging and Radiation Dose
Optimization**

EDITORS

Donald P. Frush, MD
DURHAM, NORTH CAROLINA
Walter Huda, PhD
SYRACUSE, NEW YORK

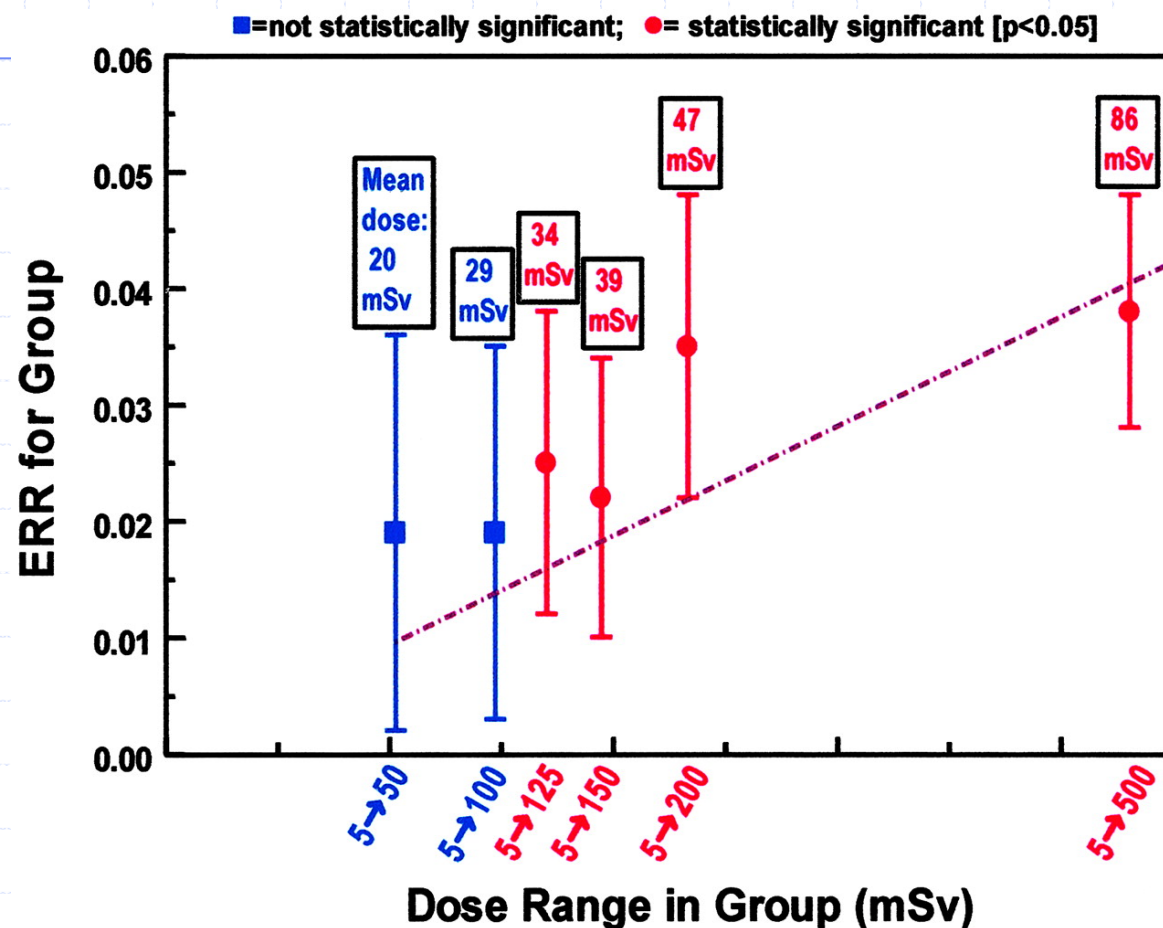
Question 2:

Qu'est ce qu'un examen radiologique à haute dose ?

Plus de:

1. 10 mSv (Dose efficace)
2. 50 mSv
3. 100 mSv
4. 500 mSv

Excess Relative Risk

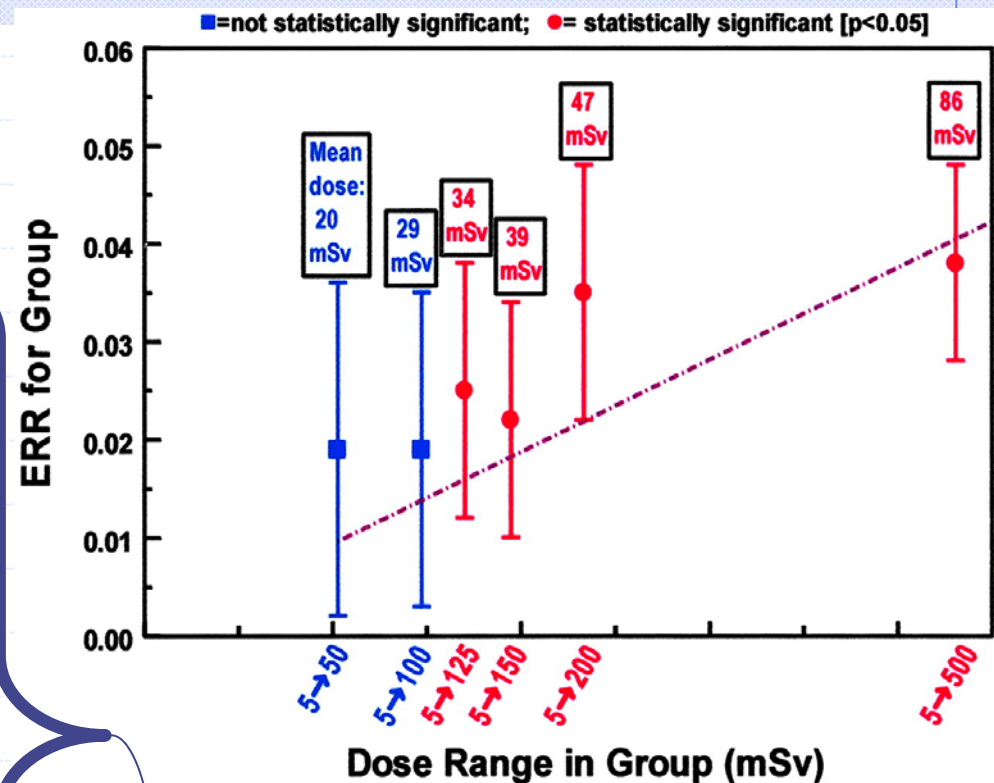


Brenner, David J. et al. (2003) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 100, 13761-13766

Évidences épidémiologiques d'augmentation du risque de cancer pour les adultes exposés à plus de 50 mSv.

Évidences épidémiologiques

Head CT		1 - 2 mSv
Chest CT		5 - 7 mSv
Abdomen CT		5 - 7 mSv
Pelvis CT		3 - 4 mSv
Abdomen and pelvis CT		8 - 11 mSv
Coronary artery calcium CT		1 - 3 mSv
Coronary CT angiography		5 - 12 mSv
Hand radiograph		< 0.1 mSv
Dental bitewing		< 0.1 mSv
Chest radiograph		0.1 - 0.2 mSv
Mammogram		0.3 - 0.6 mSv
Lumbar spine radiograph		0.5 - 1.5 mSv
Barium enema exam		3 - 6 mSv
DiagnosticCoronary		5 - 10 mSv
Sestamibi perfusion	myocardial	13 - 16 mSv
Thallium perfusion	myocardial	35 - 40 mSv



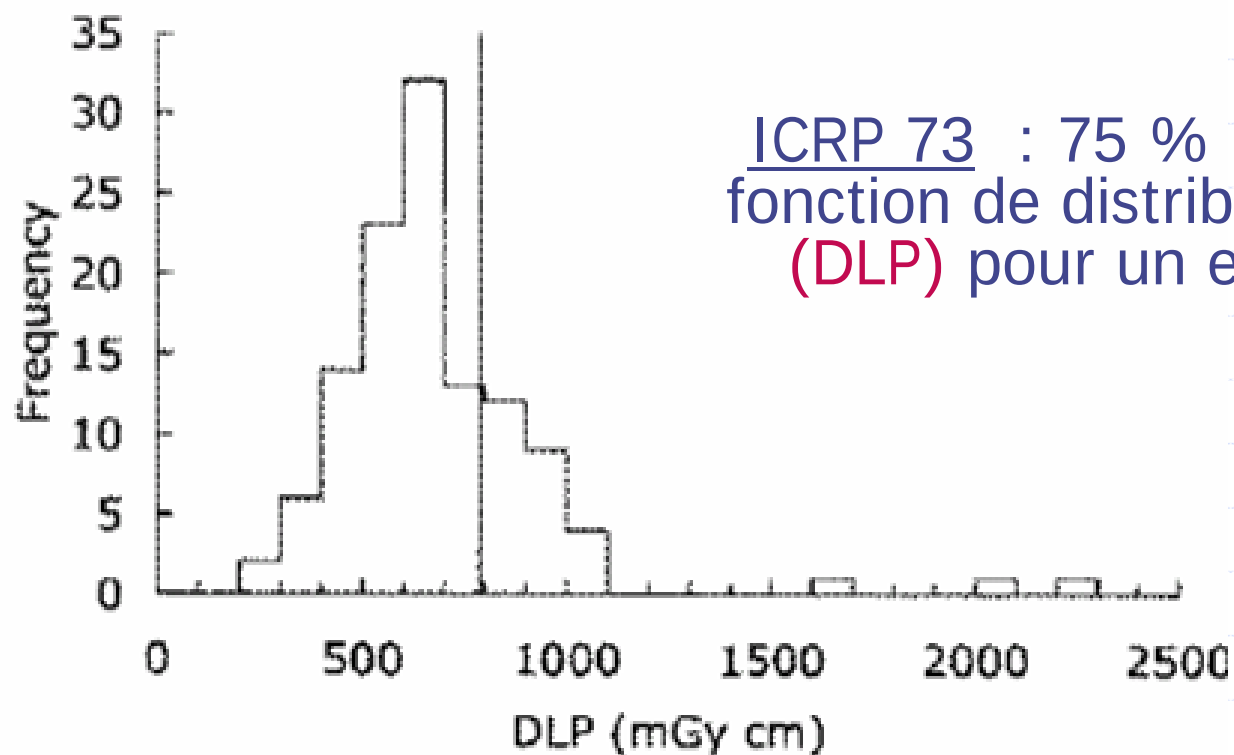
It is the overlap between diagnostic imaging radiation and the RERF (Radiation Effect Research Foundation) cohort radiation levels that **compels** us to dose reduction in CT

Comment comparer la pratique clinique en CT?

- ◆ ICRP 73 : 1996
- ◆ Diagnostic Reference Levels (DRL)
- ◆ Processus d'optimisation continue
- ◆ Dépend des conditions régionales de pratique
- ◆ Indicateur adapté à une population type

Diagnostic Reference Levels (DRL)

**Routine Head:
118 protocols**



ICRP 73 : 75 % percentile de la
fonction de distribution de la dose
(DLP) pour un examen donné

Diagnostic Reference Levels (DRL)

Le DLP (mGy-cm) est l'indicateur de dose le plus couramment utilisé dans la littérature.

DOSES FROM COMPUTED TOMOGRAPHY (CT) EXAMINATIONS IN THE UK – 2003 REVIEW

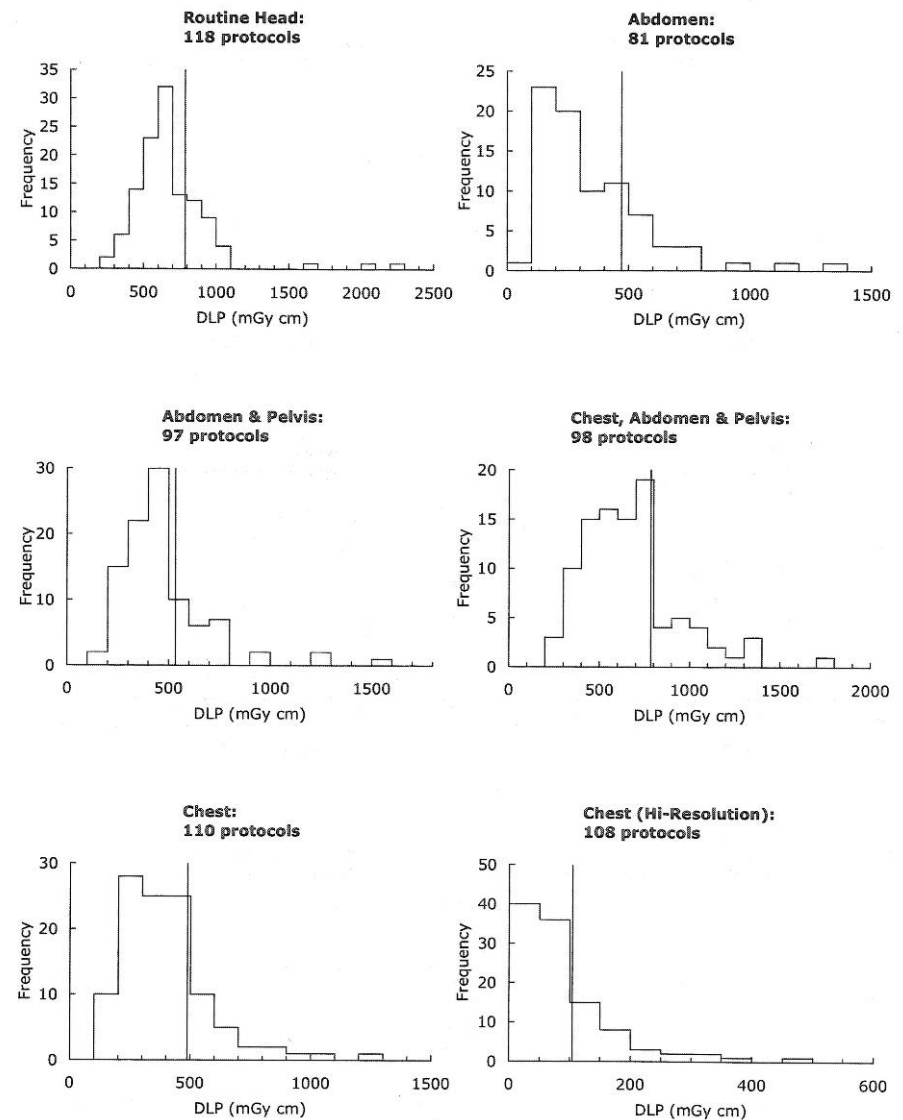
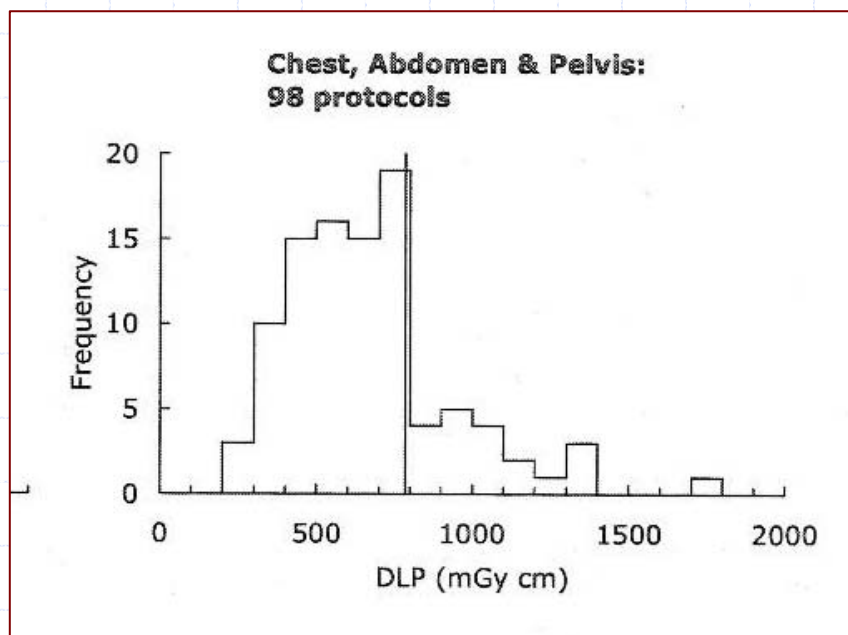


FIGURE D3 Distributions over all scanners of DLP for standard examination protocols for adult patients (including only *Routine* sequences); vertical lines mark third quartile values.

Variabilité du DLP (mGy-cm)



Une variabilité du DLP par un facteur 3 à 5 est tout à fait normale et ne doit pas être interprétée comme un signe de mauvaise pratique

Étude multicentrique
multi-technologie
multi-manufacturiers

Dose from CT Examinations in the UK –2003
NRPB-W67:
• 126 scanners 2000 patients 12 protocoles

Comment calculer la dose efficace? Directement à partir du DLP

◆ Tête	0.0023 mSv / mGy-cm
◆ Thorax	0.0170 mSv / mGy-cm
◆ Abdomen	0.0150 mSv / mGy-cm
◆ Pelvis	0.0190 mSv / mGy-cm

Méthode simple* et précise** pour estimer
la dose efficace **pour un groupe de patients
standards**

* AAPM/RSNA Physics Tutorial for residents : Topics in CT Radiation dose RSNA 2002

** Patient Dose in Cardiac CT, C. McCollough. Herz 28,2003

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator

Version 0.99w 16/05/05

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		
1	Zoom In	Start:	+1	▲	▲	+10	End:	+1	▲	▲	+10	107	199
2	Zoom Out	43	-1	▼	▼	-10	56,5	-1	▼	▼	-10	27	40,5
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													

Diagram of a mathematical adult phantom. The central vertical axis is labeled with values: 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20, 10, 0, -10. The phantom is shown in a cross-section view, highlighting internal organs and structures. A blue horizontal bar is positioned across the middle of the phantom, likely indicating the CT scan slice location.

Fantôme mathématique adulte
Poids moyen 70 kg
Hermaphrodite

Table MonteCarlo

Comment calculer la dose efficace?

ImPACT CT Patient Dosimetry Calculator
Version 0.99w 16/05/05

Scanner Model:

Manufacturer: GE

Scanner: GE LightSpeed Pro 16

kV: 120

Scan Region: Body

Data Set: MCSET19 Update Data Set

Current Data: MCSET19

Scan range

Start Position: 41,5 cm Get From Phantom

End Position: 59,5 cm Diagram

Patient Sex: f

Acquisition Parameters:

Tube current: 454 mA

Rotation time: 0,35 s

mAs / Rotation: 158,9 mAs

Collimation: 20 mm

Slice Width: mm

Pitch: 0,22

Rel. CTDI: Look up 0,86 at selected collimation

CTDI (air): Look up 22,8 mGy/100mAs

CTDI (soft tissue): 24,4 mGy/100mAs

CTDI_w: Look up 8,5 mGy/100mAs

Organ	w _T	H _T	w _T ·H _T
Gonads	0,2	0,13	0,026
Bone Marrow (red)	0,12	16	1,9
Colon	0,12	0,16	0,019
Lung	0,12	72	8,7
Stomach	0,12	12	1,5
Bladder	0,05	0,046	0,0023
Breast	0,05	73	3,7
Liver	0,05	20	1
Oesophagus (Thymus)	0,05	80	4
Thyroid	0,05	2,6	0,13
Skin	0,01	11	0,11
Bone Surface	0,01	31	0,31
Thymus	0,025	80	2
Remainder 2	0,025	10	0,26
Total Effective Dose (mSv)			24

Remainder Organs	H _T
Adrenals	24
Brain	0,11
Upper Large Intestine	0,87
Small Intestine	0,66
Kidney	4,3
Pancreas	15
Spleen	14
Thymus	80
Uterus	0,16
Muscle	11

CTDI _w (mGy)	13,5
CDTI _{air} (mGy)	61,6
DLP (mGy·cm)	1108

Scan Description /

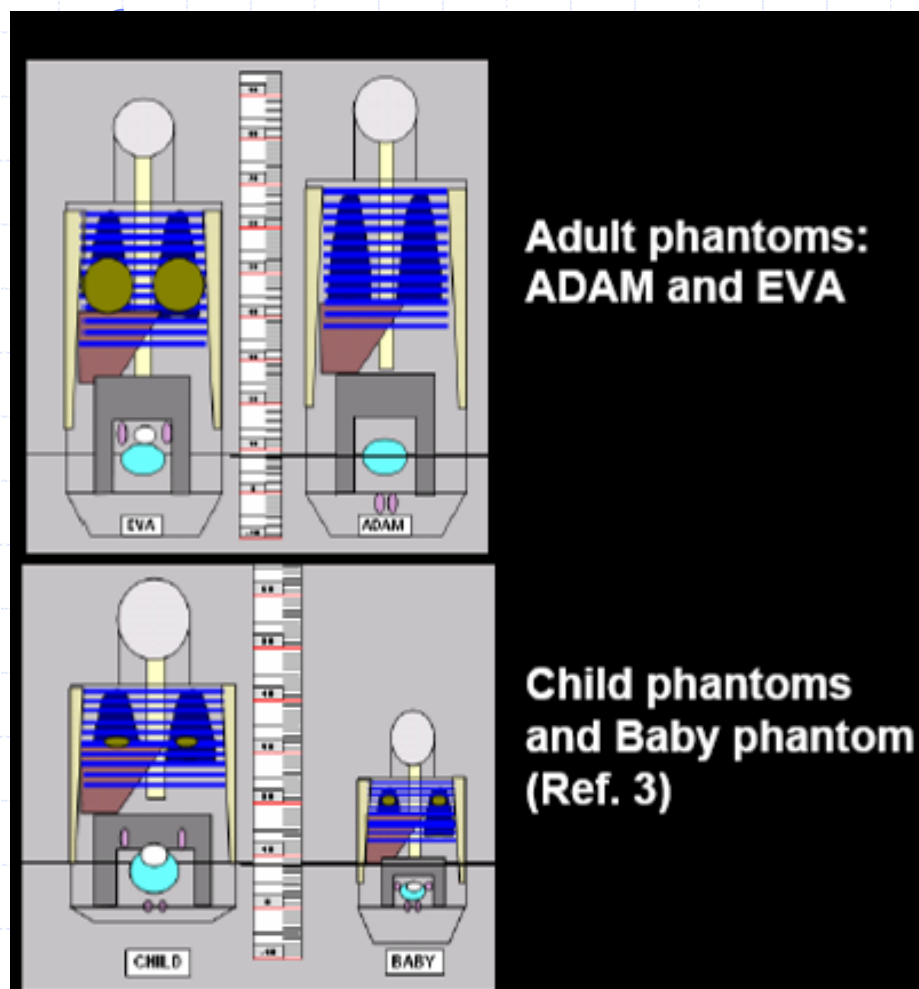
Comments

Patient 685

Run Helical Segment

DLP affiché au VCT : 1087

Comment calculer la dose efficace?



◆ Fantôme

- ◆ Homme
- ◆ Femme
- ◆ Enfant

◆ Meilleur pour calculer la dose (mSv) à un patient spécifique

CT Expo

Dose efficace : Évolution de la radiosensibilité

Table 3. Recommended tissue weighting factors.

Tissue	w_T	$\sum w_T$
Bone-marrow (red), Colon, Lung, Stomach, Breast, Remainder Tissues*	0.12	0.72
Gonads	0.08	0.08
Bladder, Oesophagus, Liver, Thyroid	0.04	0.16
Bone surface, Brain, Salivary glands, Skin	0.01	0.04

ICRP-60 Révision 2007 **Sein : Passe de 0,05 (ICRP60,1990b) à 0,12**

Comment calculer la dose efficace ?

- ◆ Plusieurs méthodologies mathématiques
- ◆ Évolution des facteurs de radiosensibilité

Donc ...

- ◆ **Ne laissez pas les manufacturiers vous parler de leur CT en Sievert!!!**



Association
des physiciens et ingénieurs
biomédicaux du Québec

2008 Québec

Étude des doses en tomodensitométrie

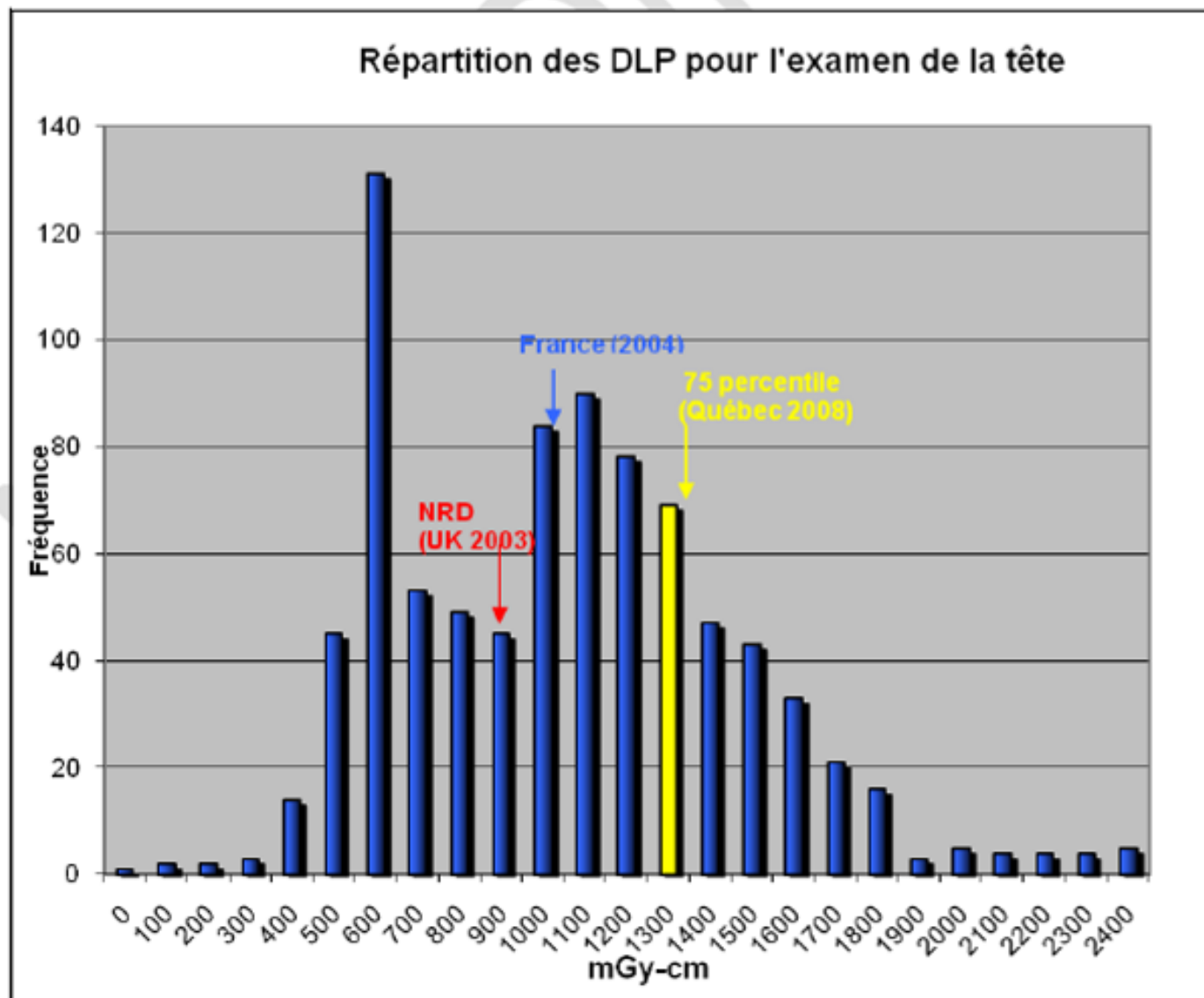


Rapport d'étude, première partie

Comité de radioprotection

- ◆ 75 CH
- ◆ 88 CT
- ◆ 9394 examens CT

- ◆ APIBQ + OTRQ
+ARQ



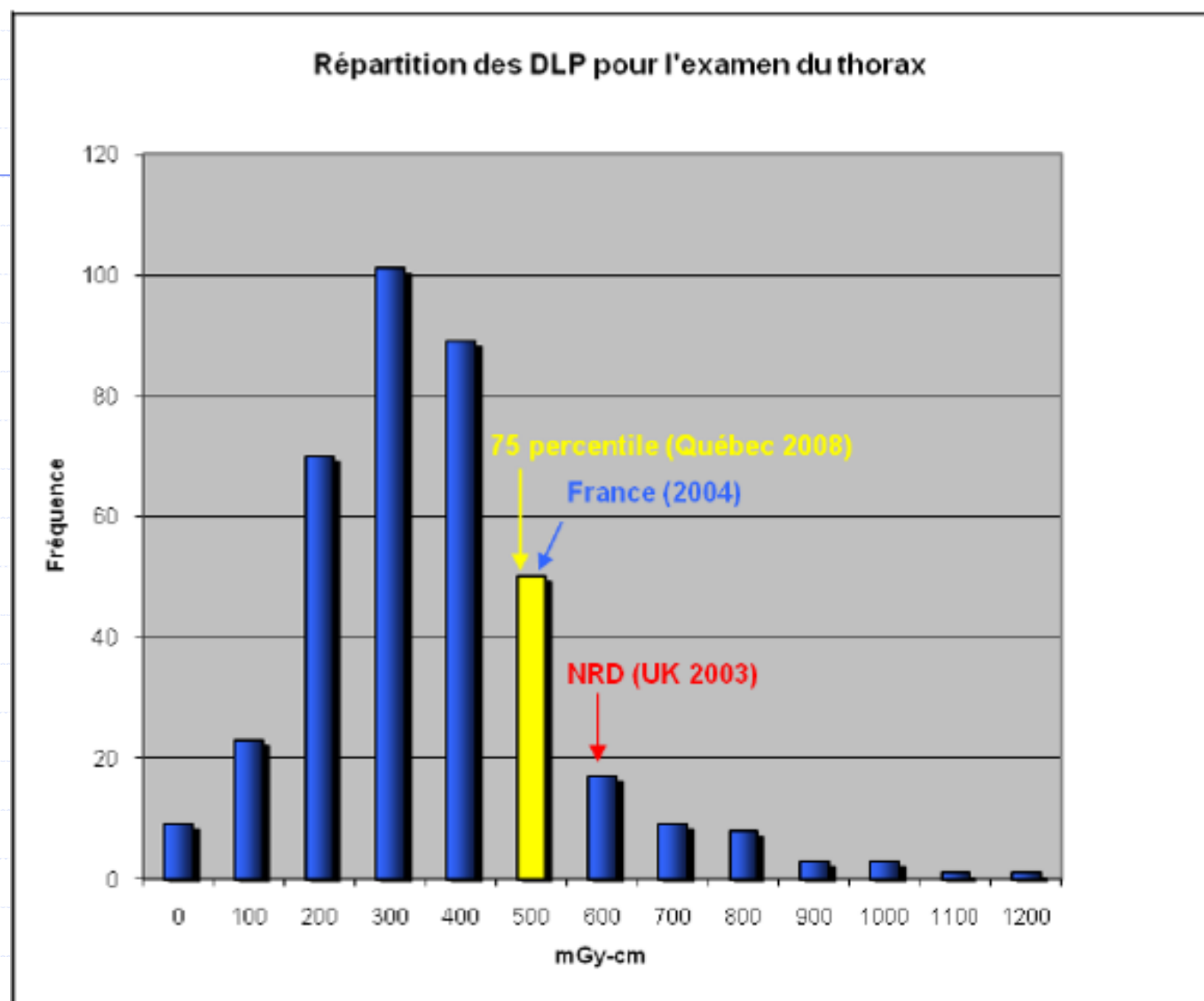


Figure 8 : Comparaison des références de doses

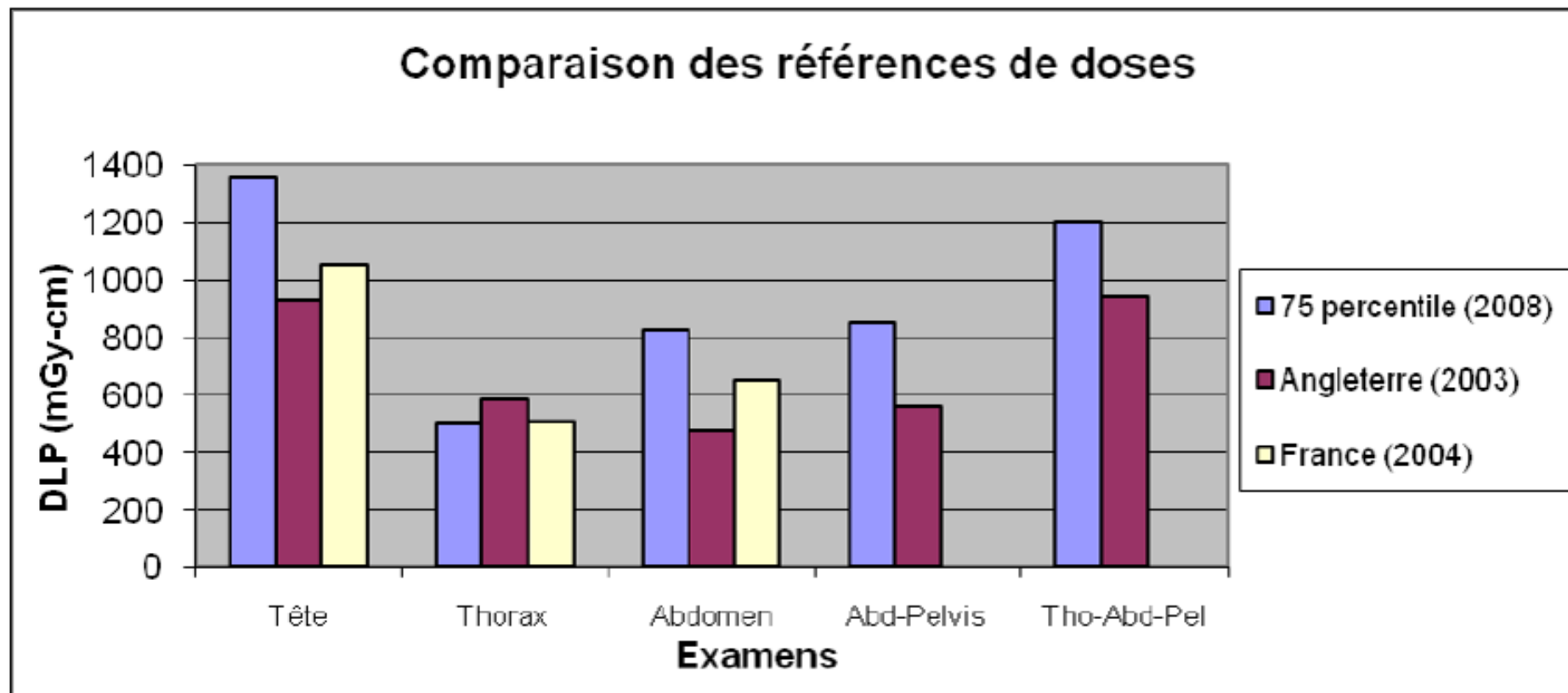


Tableau 14 : DLP au 75^e percentile selon la technologie pour chaque examen standard

RÉGION ANATOMIQUE	DLP AU 75 ^e PERCENTILE (mGy • cm)	
	MONOBARRETTE	MULTIBARRETTES
Tête	780	1 395
Thorax	410	502
Abdomen	372	809
Pelvis	332	599
Thorax-abdomen	484	721
Abdomen-pelvis	642	902
Thorax-abdomen-pelvis	627	1 207

Étude des doses en tomodensitométrie

Tableau 21 : Comparaison des doses efficaces individuelles moyennes par procédure entre les études

ÉTUDE	DOSE EFFICACE (mSv) INDIVIDUELLE MOYENNE PAR PROCÉDURE						
	Tête/cou	Thorax	Abdomen	Pelvis	Thorax-abdomen	Abdomen-pelvis	Thorax-abdomen-pelvis
NEXT 2000 (États-Unis)	2,1	9,3	9,1	6,2	Inconnu	13,7	17,9
NRPB-W67 2003 (Angleterre)	1,5	5,8	5,3	Inconnu	Inconnu	7,1	9,9
Colombie Britannique 2004	2,8	9,0	10,2	9,1	Inconnu	16,5	Inconnu
Québec 2008	2,6	7,6	12,3	7,8	14,0	12,7	20,3

*17 octobre 2009
Colloque GE Santé*

Dosimétrie en TDM :

On passe à l'action !

Robert Ouellet, Ing. M.Sc.



**PLAN D'ACTION MINISTÉRIEL
RÉDUCTION DE L'EXPOSITION AUX RADIATIONS**

15 juillet 2009



NEUF ACTIONS POUR RÉDUIRE L'EXPOSITION AUX RADIATIONS :

MISE À NIVEAU DES LABORATOIRES DE RADIOLOGIE AUX NOUVELLES NORMES

1. Secteur public : Émission d'une circulaire portant sur la radioprotection au Québec. Cette circulaire informera les établissements des nouvelles dispositions à mettre en place pour assurer la radioprotection :
 - Adoption de la norme de radioprotection de Santé Canada publiée en 2008 (Document intitulé : *Radioprotection en radiologie – Grands établissements – Procédures de sécurité pour l'installation, l'utilisation et le contrôle des appareils à rayons X dans les grands établissements radiologiques médicaux* Code de sécurité 35) et obligation pour les établissements ayant un service de radiologie comportant un ou plusieurs tomodensitomètres, de s'y conformer au plus tard le 1^{er} avril 2010.

Code de sécurité 35



Santé
Canada Health
Canada

*Votre santé et votre
sécurité... notre priorité.*

*Your health and
safety... our priority.*

Radioprotection en radiologie— Grands établissements

**Procédures de sécurité pour l'installation,
l'utilisation et le contrôle des appareils à
rayons X dans les grands établissements
radiologiques médicaux**

Code de sécurité 35

Code de sécurité 35 et le CT

3.3.5 Exigences et recommandations sur les procédures de tomодensitométrie

1. Le nombre de coupes produites et le chevauchement entre les balayages adjacents devraient être réduits au minimum nécessaire à la réalisation des objectifs de l'examen.

Code de sécurité 35 et le CT

**Tableau 4 : NRD représentatifs pour des procédures de CT
(IPEM 2004),(Aldridge 2006), (Shrimpton 2004)**

Examen	CTDI _w (mGy)	Produit dose-longueur (mGy•cm)
Tête	60	930 - 1300
Visage et sinus	35	360
Poitrine	30	580 - 650
Abdomen - Bassin	35	560 - 1100
Foie et rate	35	470 - 920

NRD : Range de DLP plutôt qu'une valeur de 75% percentile

CALIBRAGE SYSTÉMATIQUE DES APPAREILS DE RADIOLOGIE

4. Exiger des établissements une opération de recalibrage de leur appareil pour s'assurer que les paramètres d'utilisation des équipements de radiologie sont optimaux. Cette opération, appareil par appareil, devra commencer par les appareils et examens les plus fréquents qui constituent 80 % du risque en matière de radioprotection. Un groupe d'experts en calibration supportera les établissements dans l'atteinte de cet objectif.

80% du risque = CT

Head CT	1 - 2 mSv
Chest CT	5 - 7 mSv
Abdomen CT	5 - 7 mSv
Pelvis CT	3 - 4 mSv
Abdomen and pelvis CT	8 - 11 mSv
Coronary artery calcium CT	1 - 3 mSv
Coronary CT angiography	5 - 12 mSv
Hand radiograph	< 0.1 mSv
Dental bitewing	< 0.1 mSv
Chest radiograph	0.1 - 0.2 mSv
Mammogram	0.3 - 0.6 mSv
Lumbar spine radiograph	0.5 - 1.5 mSv
Barium enema exam	3 - 6 mSv
Diagnostic Coronary angiogram	5 - 10 mSv

DÉSIGNATION D'UNE CENTRE D'EXCELLENCE CLINIQUE EN RADIOPROTECTION (CECR)

À titre indicatif, le CECR aura pour mandat :

- a) Coordonner une tournée provinciale des établissements avec un groupe formé d'experts en radioprotection de l'APIBQ, OTRQ / ARQ / AMSMNQ visant la calibration des appareils de radiologie sur un échéancier de 18 mois. *Soulignons que cette action apporte le gain le plus important dans la réduction de la dose populationnelle de radiation.*
- b) Établir le mécanisme de suivi des doses pour s'assurer du maintien de la qualité en radioprotection.
- c) Contribuer à la justesse des protocoles d'examens de radiologie par l'application d'un guide destiné aux utilisateurs. Cela se fera avec l'APIBQ, l'AMSMNQ, l'ARQ et l'OTRQ afin de réduire les doses des examens.
- d) Effectuer les études appropriées, de concert avec l'INSPQ et les partenaires, et faire les recommandations appropriées au MSSS.

PERTINENCE DU TYPE D'EXAMEN

6. Mettre en application un guide sur la pertinence des examens de radiologie en collaboration avec l'Association des radiologistes du Québec, en considération du guide de l'Association canadienne des radiologistes. Établir un rapport « risque/bénéfice » selon le contexte clinique de chaque patient.
7. Soutenir les radiologistes dans l'acte d'évaluation de la pertinence des examens de radiologie prescrits, incluant l'autorisation de modifier la demande du type d'examen (exemple : écho ou IRM *versus* tomodensitométrie) :
 - en implantant le guide sur la pertinence du type d'examen;
 - en renforçant le rôle clinique du radiologiste;
 - en communiquant les indications aux prescripteurs.

EXAMEN DE SUBSTITUTION

8. Accroître l'accès à l'échographie en contrepartie au TDM lorsque la substitution est possible.

Remplacement des tomodensitomètres

**Santé
et Services sociaux**

Québec



Direction générale des services de santé et médecine universitaire
Direction de l'organisation des services médicaux et technologiques
Service du développement et de l'évaluation des technologies

ORIENTATIONS MINISTÉRIELLES POUR LE REMPLACEMENT DES TOMODENSITOMÈTRES

Mai 2009

- 1) Les établissements du Québec devant remplacer un tomodensitomètre devraient acquérir un appareil utilisant 64 barrettes. C'est le standard.
 - 2) Les établissements du Québec offrant des services suprarégionaux devraient examiner la possibilité d'acquérir des appareils de capacité supérieure, soit plus de 64 barrettes. Ils devront justifier ce choix auprès de leur agence.
-

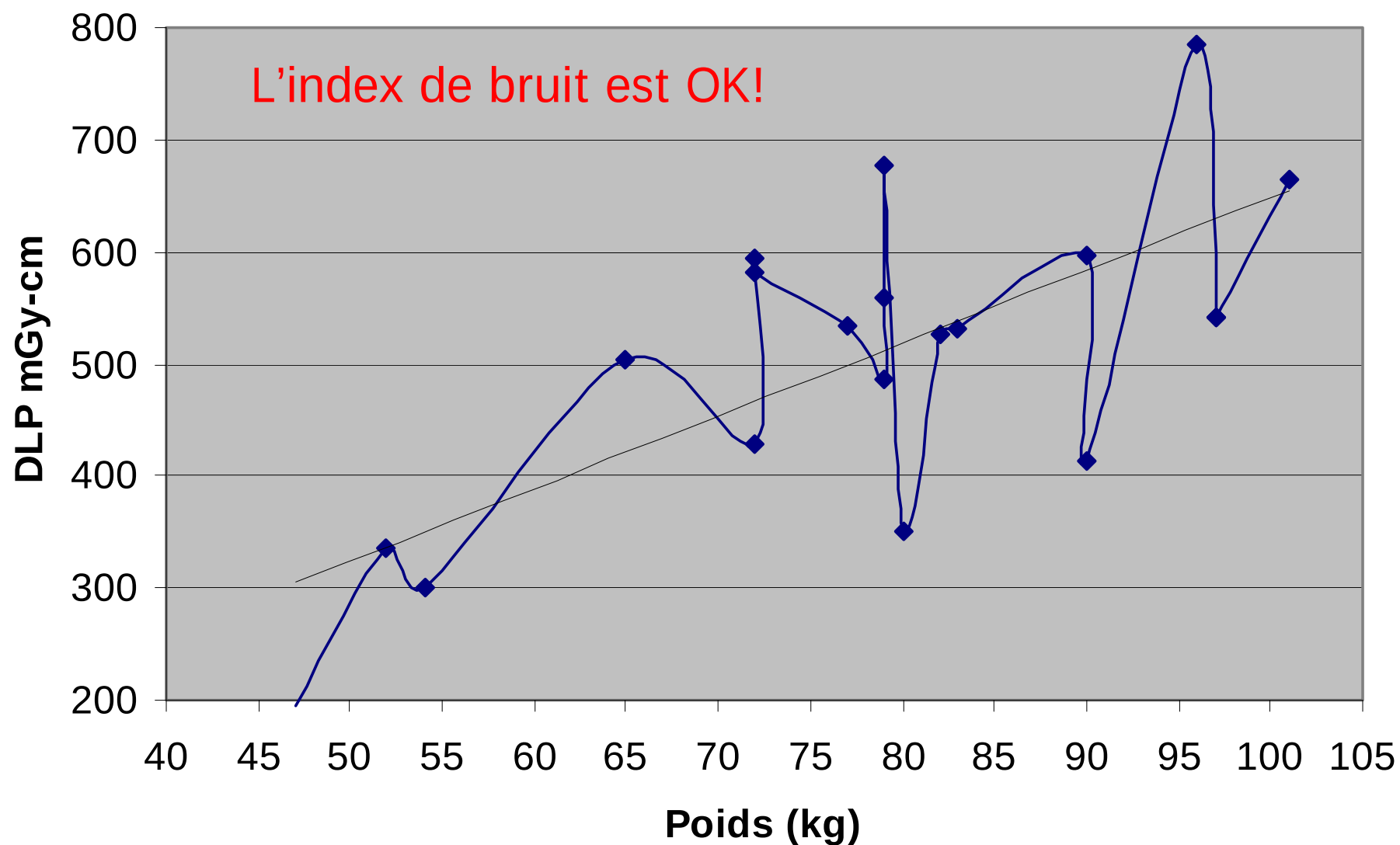
Conclusion : Défi des utilisateurs

- ◆ Appliquer premièrement les méthodes de base
 - Protocoles adaptés au poids du patient
 - Cache au bismuth
 - Modulation du courant (bien vérifier)
- ◆ Établir ses propres niveaux de référence
- ◆ Formation continue des utilisateurs
- ◆ Compréhension de la technologie

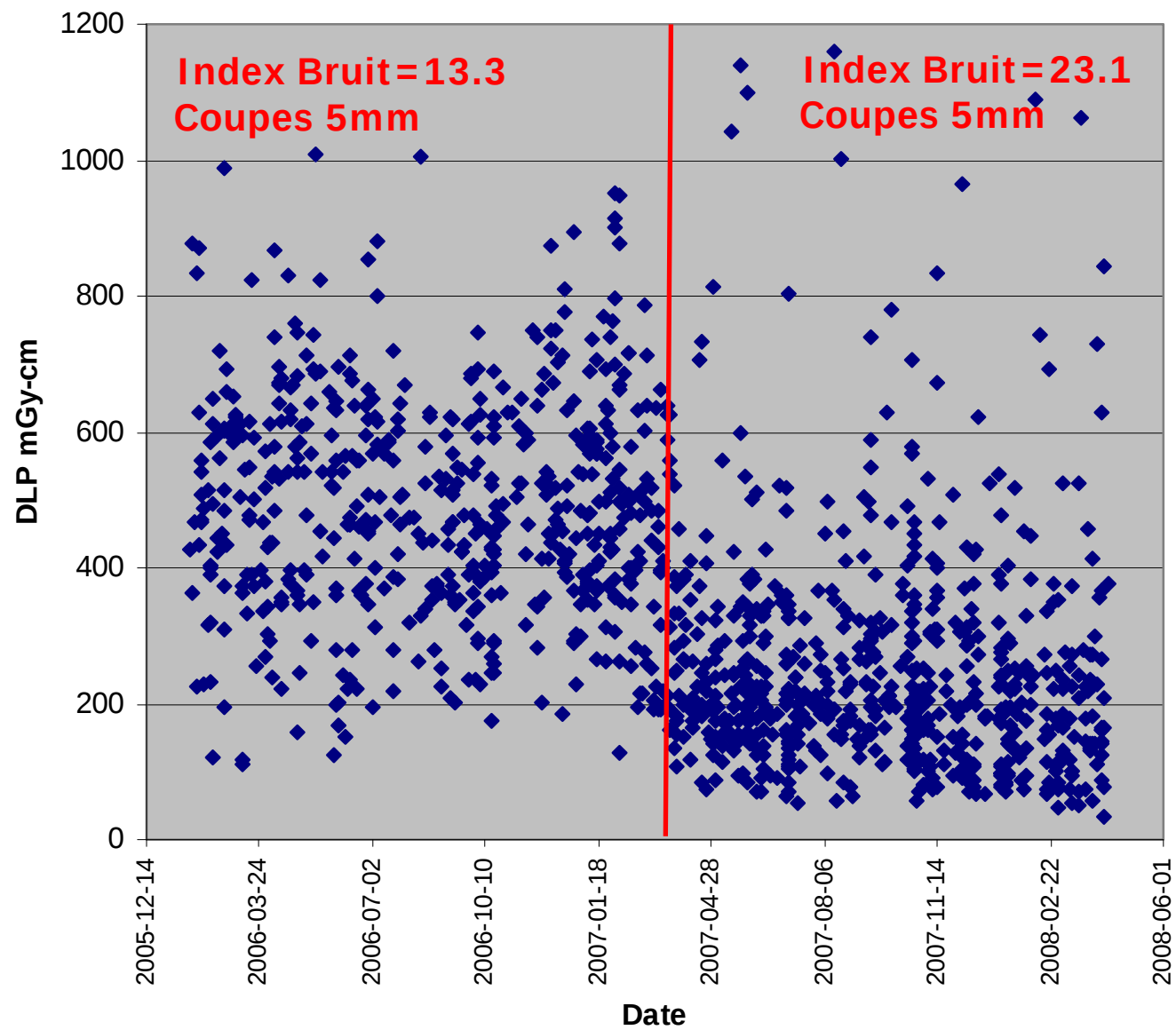
Conclusion : Défi des manufacturiers

- ◆ Base de donnée dosimétrique intégrée
 - ◆ Suivi dosimétrique simplifié
 - ◆ Intégration RIS/PACS (sexe, âge, poids)
- ◆ Améliorations de la technologie
 - Mode prospectif
 - ◆ Large couverture et mode prospectif cardiaque
 - Pitch variable
 - Modulation du courant
 - Reconstruction itérative

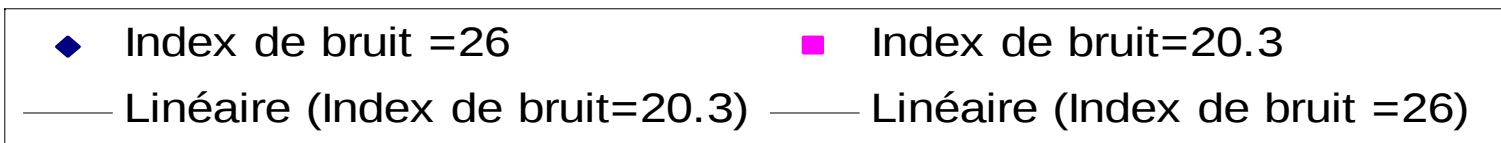
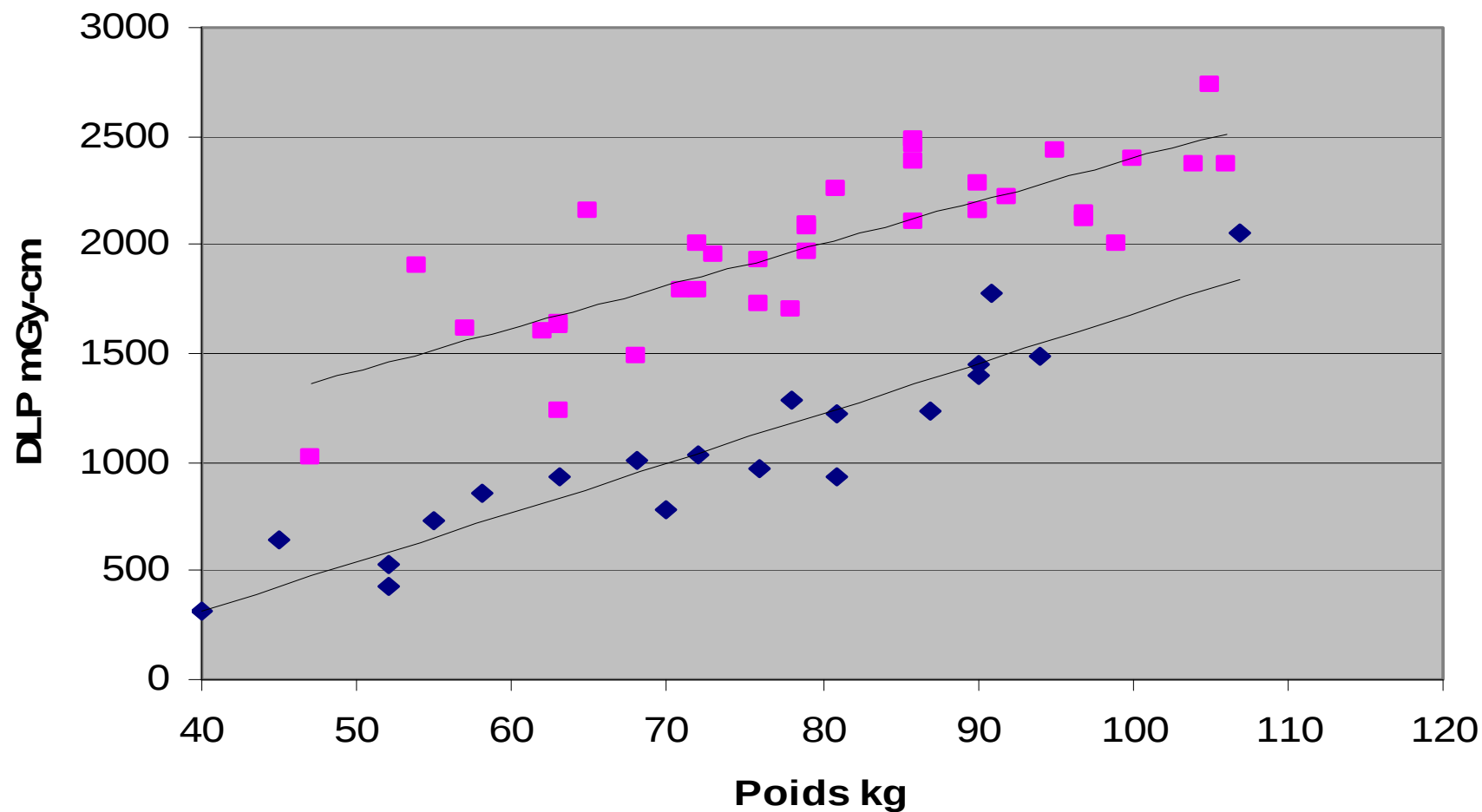
Corrélation entre le DLP et le poids des patients: Thorax C- avec AutomA et SmartmA



Examen Thorax C- : 1200 examens CT



DLP en fonction du poids pour deux groupes d'index de bruit



*17 octobre 2009
Colloque GE Santé*

Dosimétrie en TDM : On passe à l'action !

Questions ?

Robert Ouellet, Ing. M.Sc.