

CECR

**CENTRE
D'EXPERTISE
CLINIQUE EN
RADIOPROTECTION**

Les niveaux de référence diagnostiques (NRD)

Au service du Réseau

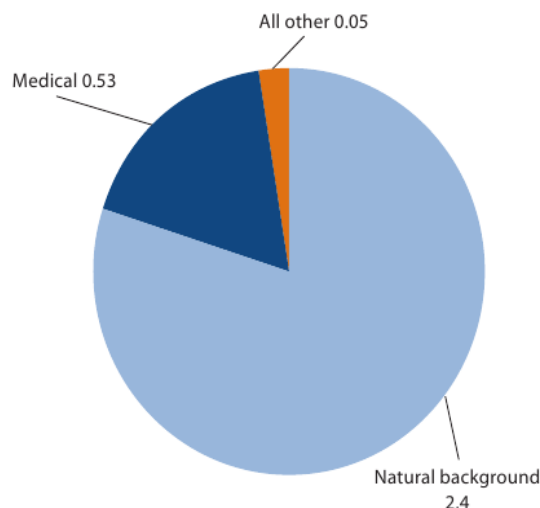
Moulay Ali Nassiri, Ph. D., physicien médical
CECR, CIUSSS de l'Estrie – CHUS

Congrès annuel de l'APIBQ
28 et 29 septembre 2017
CHU Sainte-Justine, Montréal

Imagerie médicale : importante source d'exposition

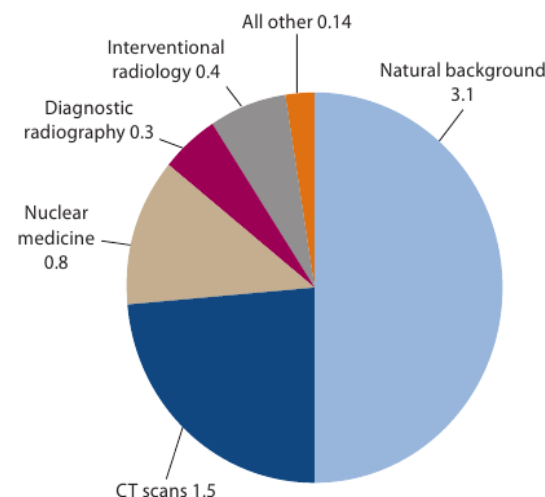
UNSCEAR2008

Figure XII. Annual per caput effective dose (mSv) for the United States population in 1980 [M37]



Exposition médicale (1980):
18 % de la dose totale

Figure XIII. Annual per caput effective dose (mSv) for the United States population in 2006 [N26]



Exposition médicale (2006):
48 % de la dose totale

2006 : TDM compte pour 17 % des examens réalisés, mais 50 % de l'exposition aux rayonnements ionisants d'origine médicale.

Imagerie médicale : importante source d'exposition

Usage of Medical Imaging Units In Canada					
Number of Units					
	CT	MRI	SPECT	PET/CT or PET	SPECT/CT
Number of imaging units out of the national 2015 total	538	340	264	47	214
Number of imaging units out of the national 2012 total ^a	510	308	578 ^b	43	142
Units per million population	15.01	9.48	7.36	1.31	5.97
Mobile equipment	0	6	2	2	1
PACS access	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Number of units planned for installation in the next two years	61	35	11	10	29
Decommissioned units since January 2012	46	19	28	3	2
Total Exams					
Number of exams per year out of the national imputed total for 2015	5,278,341	1,952,060	761,279	76,824	724,017
Average number of exams per unit	9,399	5,401	2,097	1,857	2,152
Average number of exams per 1,000 people	147.0	54.0	21.0	2.0	20.0

Source : Agence canadienne des médicaments et des technologies de la santé (ACMTS)

Imagerie médicale et risque

BMJ

BMJ 2013;346:f2360 doi: 10.1136/bmj.f2360 (Published 21 May 2013)

Page 1 of 18

RESEARCH

Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians

 OPEN ACCESS

British Journal of Cancer (2015) 112, 185–193 | doi: 10.1038/bjc.2014.526

Are the studies on cancer risk from CT scans biased by indication? Elements of answer from a large-scale cohort study in France

N Jourmy¹, J-L Rehel², H Ducou Le Pointe³, C Lee⁴, H Brisse⁵, J-F Chateil⁶, S Caer-Lorho¹, D Laurier¹ and M-O Bernier^{*,1}

Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours: a retrospective cohort study

Mark S Pearce, Jane A Salotti, Mark P Little, Kieran McHugh, Choonsik Lee, Kwang Pyo Kim, Nicola L Howe, Cecile M Ronckers, Preetha Rajaraman, Sir Alan W Craft, Louise Parker, Amy Berrington de González

Interpretation Use of CT scans in children to deliver cumulative doses of about 50 mGy might almost triple the risk of leukaemia and doses of about 60 mGy might triple the risk of brain cancer. Because these cancers are relatively rare,

Lancet 2012; 380: 499–505

Réduction du risque de la radiation ionisante

✓ Justification

- Éliminer les examens **non justifiés**
- Avoir l'examen **approprié**
- Responsabilité **des prescripteurs et des radiologistes ?**

✓ Optimisation et bonnes pratiques

- Plus d'attention aux groupes vulnérables : **bébés, patients jeunes et femmes enceintes**
- Responsabilité partagée **des intervenants**

Principe d'optimisation

- ✓ Répondre aux besoins diagnostiques tout en minimisant la dose

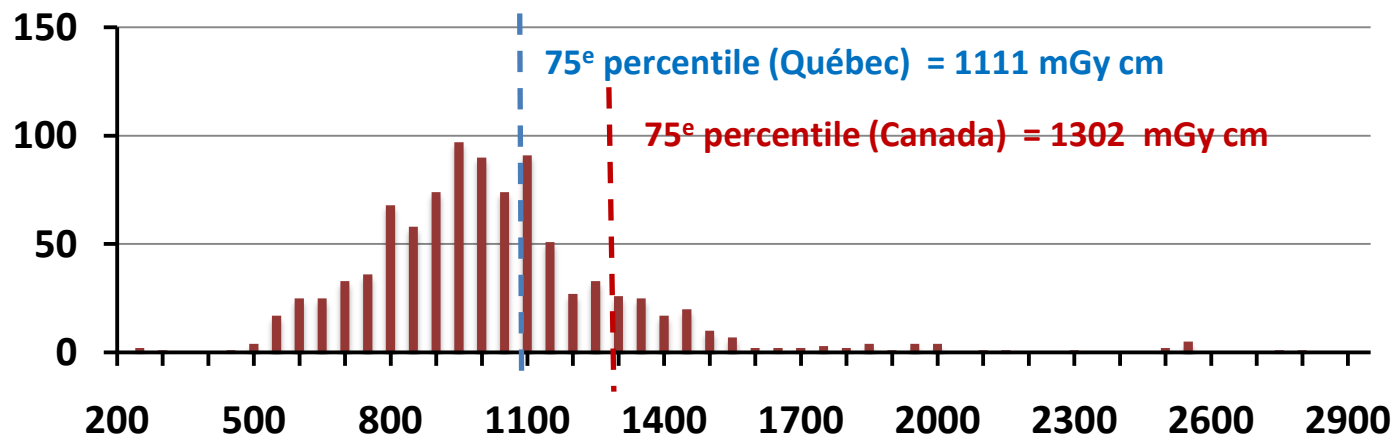
Effets de la radiation



Qualité de l'image diagnostique

- ✓ Variation importante de la dose entre les installations

Variation importante de la dose entre les installations



Produit dose longueur (PDL : mGy cm)		
	Québec	Canada
Moyenne	1005	1137
25 ^e centile	828	853
Mediane	972	1044
75 ^e centile	1111	1302
Maximum	2776	5102
Minimum	205	78
Maximum/Minimum	13,6	65

Variation importante de la dose entre les installations

Table 2.6. DRLs for fluoroscopy given in terms of DAP, Gy cm².

Examination or Anatomical region	Most common value	Range	Max/min	Countries with the most common DRL	Countries with higher DRL	Countries with lower DRL
Barium meal	18	13-25	1,9	BG, LT	CY, CZ	UK
Small intestine	44	44-65	1,5	DE, LU	AT, UK	
Barium enema	40	30-60	1,9	BG, NO	CY, CZ, SE	DE, DK, LT, UK
Colon	37	23-50	2,2	LU	FI	IE
ERCP	30	30-45	1,5	CH	AT	
IVU	20	15-40	3,3	DK, FI, SE	CY, CZ	NO, UK
Phlebography	5	5-5,5	1,1	DE, LU	AT	-
Coronary angiography (CA)	60	23-80	3,5	AT, FI	SE, CH	BG, DE, IE, LU, NO, UK
Lower limb arteriography (LLA)	45	45-64	1,4	BG	LU	-

DDM2 Project
Report Part 2 :
Diagnostic
Reference Levels
(DRLs) in Europe

Niveaux de référence diagnostiques (NRD)

- ✓ Comment porter un jugement sur nos pratiques?
- ✓ Existe-t-il des outils permettant de savoir si les patients reçoivent plus de dose que nécessaire?
- ✓ En 1996, l'ICRP a introduit dans la publication 73 le concept des niveaux de référence diagnostiques (NRD) pour :
 - ✓ Évaluer nos pratiques par comparaison;
 - ✓ Guider le processus d'optimisation.

Éléments du processus de l'optimisation ?

- ✓ Pour performer, il faut
mesurer, se comparer et s'améliorer

- ✓ Optimisation :
 - Mesurer le niveau de dose
 - Se comparer aux NRD
 - Changer pour s'améliorer



Source : Outremers 360

Niveaux de référence diagnostiques

- ✓ Indices de dose publiés indiquant le niveau des doses reçues par des groupes de patients semblables (différents groupes d'âge) dans une région géographique (local, provincial ou national).

	75 ^e centile [médiane] des distributions des indices de dose			
	axCTDIvol (mGy)	heCTDIvol (mGy)	PDLseq (mGy·cm)	PDLexam (mGy·cm)
EXAMENS ADULTE				
TÊTE	83,4 [63,4]	79,1 [71,7]	1098 [709]	1302 [1044]
THORAX	13,7 [3,6]*	14,1 [9,5]	483 [334]	521 [362]
ABD+PELVIS	23,0 [16,4]	18,1 [12,8]	806 [562]	874 [609]
THORAX+ABD+PELVIS	19,4 [16,4]	16,6 [12,2]	723 [502]	1269 [931]

Niveaux de référence diagnostiques

- ✓ Valeurs déterminées à partir des **données de dose** collectées durant des **sondages** locaux, provinciaux ou nationaux.
- ✓ Reflètent **le niveau de dose**.
- ✓ **Valeurs de référence** pour permettre aux établissements d'évaluer objectivement :
 - les pratiques;
 - le potentiel d'optimisation (quantité du travail à effectuer pour améliorer les pratiques).

Niveaux de référence diagnostiques

- ✓ Ne sont pas des doses **limites**
- ✓ Ne devraient pas être considérés comme **des seuils réglementaires** à respecter

Indices de doses

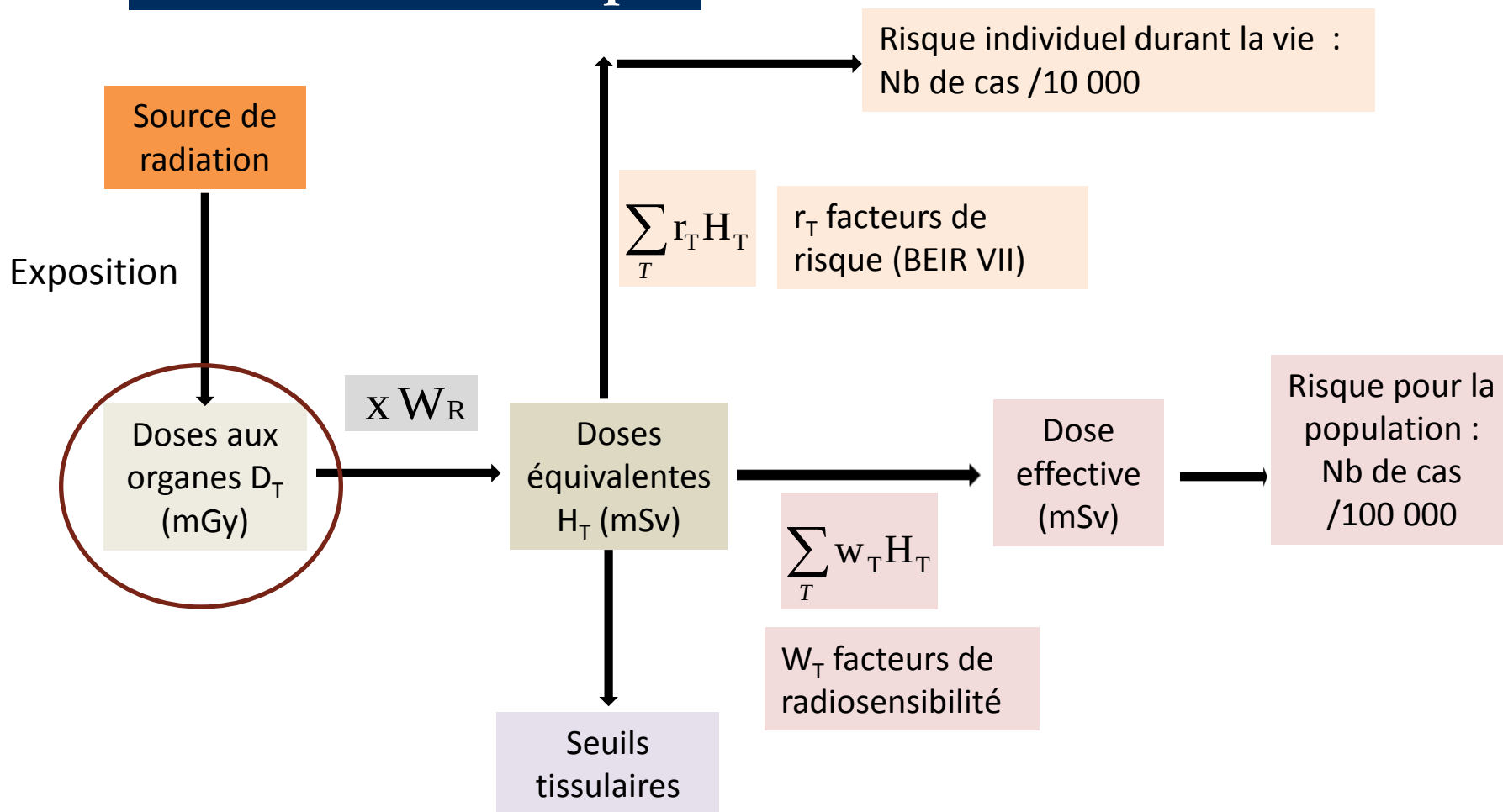
- ✓ Mesurables et calculables facilement
- ✓ Affichés, généralement, par les nouveaux systèmes d'imagerie médicale
- ✓ Accessibles sur le PACS au niveau de l'entête DICOM et des rapport des doses

- ✓ Indicateurs sur le niveau de dose reçue par les patients :
 - Indépendants, généralement, du patient
- ✓ Ne mesurent pas la dose au patient et n'estiment pas le risque individuel

Indices de doses

- ✓ **TDM :**
 - $CTDI_{vol}$ (*Volume Computed Tomography Dose Index*)
 - PDL (Produit dose-longueur) (*DLP : Dose-Length Product*)
- ✓ **Radiographie et fluoroscopie :**
 - PDS (produit dose-surface) (*DAP : Dose-Area Product*)
 - De (dose d'entrée à la peau) (*ESD : Entrance Surface Dose*)
- ✓ **Mammographie :**
 - Kerma d'entrée (*ESAK : Entrance Skin Air Kerma*)
 - DMG (dose moyenne à la glande) (*MGD : Mean Glandular Dose*)
- ✓ **Médecine nucléaire :** quantité du traceur injectée (MBq)

Estimation du risque



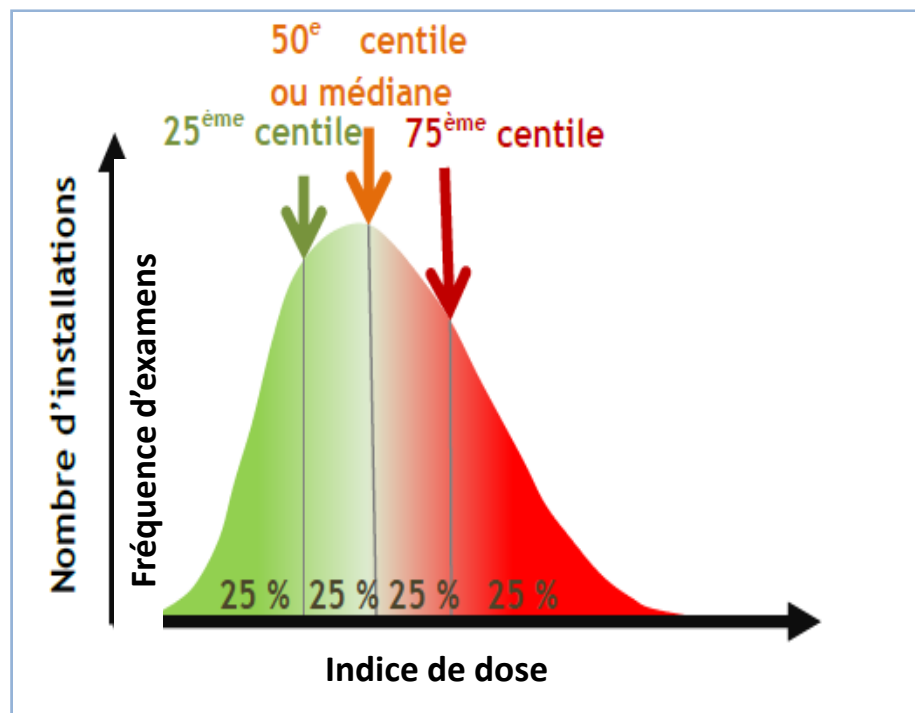
Comment sont déterminés les NRD?

- ✓ Réalisation de sondages de collectes des données des indices de dose pour les examens réalisés sur une période récente pour des patients :
 - Adultes standards (50 à 90 Kg)
 - Enfants de différents groupes d'âges

PROTOCOLES TÊTE - Patients ADULTES :				Info / Tag	HND CRANE SPIRAL	1	2
Sexe (Féminin (F) / Masculin (M)) :				0010-0040		F	M
Âge :				0010-1010		88	47
Numéro d'accréditation de la requête :						RA201303424501	RA201303455001
Numéro de dossier du patient (si requis) :				0010-0020			
Nom du patient (si requis) :				0010-0010			
Contraste (Oui (O) / Non (N)) :				0010-0342		N	N
Image de localisation :	Face (O/N)				N	N	N
	Profil (O/N)				O	O	O
ACQUISITION	Charge	Mode Séquentiel ou Hélicoïdal (S/H) :		0010-0022	H	H	H
		Dimension du foyer :		0010-1190		1,2	1,2
		Tension (kVp) :		0010-0060	140	140	140
		Temps de rotation (s) :		0010-0305	1	1	1
		SFOV :		0010-0090		500	500
		Sans modulation	mAs fixe (réel) :	0010-0330	220	220	220
			mAs/réel ou mAs effectif :		mAs eff = (mAs x TRT) / Pitch acquisition	400	400
		Avec modulation	GE:				
			Noise Index NI :	0027-1014			
			mAs(min) :				
			mAs(max) :				
			TOSHIBA:				
			SD :				
			mAs(min) :				
			mAs(max) :				
			Siemens:				
			mAs de référence:	Dans rapport de dose			
			mAs (effectif) :				
			Philips:				
			valeur ACS:				
			Z-Dom ou D-Dom utilisé :	0010-0323			

Comment sont déterminés les NRD?

- ✓ La valeur du NRD correspond au 75^e percentile (50^e percentile)



Comment sont déterminés les NRD?

Publication par les
autorités compétentes
les NRD élaborés



Sondage canadien en tomographie par ordinateur

pondérées selon la pratique, en utilisant la fréquence à laquelle les séquences, pour un type d'examen donné, sont identifiées comme acquisitions axiales ou hélicoïdales. Les valeurs NRD ainsi obtenues sont résumées au tableau 10, ainsi que la valeur médiane de l'âge, du poids et des mesures AP et LAT — ce qui fournit un contexte essentiel relatif aux patients. Il est à noter que pour une séquence donnée, le mode d'acquisition pourrait être déclaré mais la valeur de CTDIvol correspondante peut être ou ne pas être donnée. Cela nous donne une différence entre le nombre de séquences axiales ou hélicoïdales et le nombre de valeurs CTDIvol correspondantes. Donc, un calcul émissaire a été réalisé en utilisant la fréquence des valeurs CTDI axiales et hélicoïdales rapportées (voir annexe C). On a obtenu presque exactement les mêmes résultats en utilisant cette approche. Dans tous les cas sauf un (examen de la tête chez l'enfant, 3 à 7 ans), les NRD de CTDI pondérés selon la pratique étaient identiques à une décimale près (pour l'examen de la tête chez les enfants de 3 à 7 ans, la valeur CTDI différerait de 0,1).

Tableau 10: Résumé des NRD – CTDI (pondéré selon les fréquences dans les tableaux 8 et 9) et PDI. Les valeurs de CTDIvol sont par séquence et les valeurs de PDI sont pour un examen complet. Les valeurs médianes des indices de dose, ou « doses réalisables », sont indiquées entre crochets. Tous les NRD pour les examens de la tête (chez les adultes et les enfants) sont par rapport au fantôme de référence de 16 cm. Tous les NRD pour les examens de corps sont par rapport au fantôme de référence de 32 cm. Les valeurs médianes de l'âge, du poids, et des variables antérieures-postérieures (AP) et latérales (LAT) pour les groupes d'examen sont également présentées à titre de comparaison. L'annexe C contient plus de détails sur les indices de dose et les caractéristiques des patients, pour tous les groupes et les sous-groupes.

	CTDIvol par séquence (mGy)	PDI par exam (mGy-cm)	Âge [années] (médiane)	Poids [kg] (médiane)	AP [cm] (médiane)	LAT [cm] (médiane)
EXAMEN ADULTE						
TÊTE	82 [66]	1302 [1044]	63,0	70,3	18,6	15,2
THORAX	14 [9,5]	521 [362]	66,0	70,3	25,9	34,0
ABD+PELVIS	18 [13]	874 [609]	61,0	71,0	25,9	33,6
THORAX+ABD+PELVIS	17 [12]	1209 [901]	65,0	72,0	25,7	33,9
EXAMEN PEDIATRIQUE						
TÊTE (0 – 3 ans)	37 [29]	579 [440]	1,5	10,0	15,6	13,2
TÊTE (3 – 7 ans)	49 [39]	843 [601]	6,0	20,0	17,1	14,0
TÊTE (7 – 13 ans)	57 [44]	888 [665]	10,0	32,0	17,6	14,5
THORAX (0 – 3 ans)	2,8 [1,5]	62 [40]	1,7	11,1	12,8	17,0
THORAX (3 – 7 ans)	3,8 [2,8]	87 [72]	5,0	18,0	14,9	21,3
THORAX (7 – 13 ans)	4,8 [3,4]	136 [105]	9,5	31,0	17,7	26,0
ABDOMEN (0 – 3 ans)	3,8 [3,0]	120 [103]	2,0	13,0	13,7	17,9
ABDOMEN (3 – 7 ans)	4,9 [4,0]	186 [139]	6,0	22,0	15,0	20,7
ABDOMEN (7 – 13 ans)	6,1 [4,9]	263 [194]	10,0	34,0	17,8	24,6

Comment doit-on utiliser les NRD?

1. Calculer la **moyenne** des indices de dose sur minimalement un échantillon de 30 patients.
2. **Comparer** la valeur moyenne calculée aux NRD publiés pour la procédure pour le même groupe de patients.

Examens TDM têtes standards adultes

PDL moyen = 1300 mGy.cm



NRD (75^e percentile) = 1111 mGy.cm



(NRD Québec, sondage 2013-2014)



L'établissement doit se **questionner** sur cette différence, **réviser** les pratiques et **optimiser** les protocoles.

Comment doit-on utiliser les NRD?

- ✓ Les NRD ne doivent pas être considérés comme des doses optimales :
 - Estimés à partir de **sondages antérieurs** pour différentes technologies
 - Périodes de mise à jour **très longues** (généralement plus de 6 ans)

Examens TDM têtes standards adultes

NRD (75^e percentile) = 1111 mGy.cm - - - - - →

PDL moyen = 1000 mGy.cm - - - - - →

NRD (médiane) = 973 mGy.cm - - - - - →



- ✓ L'établissement ne doit pas considérer que son protocole est optimal.
- ✓ L'optimisation doit se faire en fonction **des performances des TDM** et **des besoins cliniques**.

Comment doit-on utiliser les NRD?

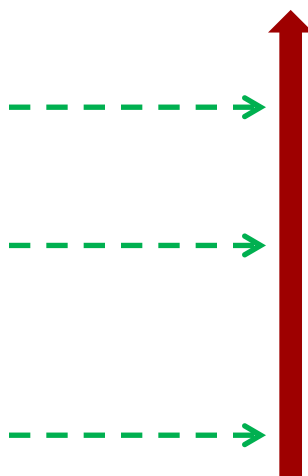
- ✓ Les NRD ne doivent pas être :
 - appliqués à **un seul patient**.
 - considérés comme des **seuils limites de dose**.

Examens TDM têtes standards adultes

Seuil d'alerte = 1650 mGy.cm

PDL pour un patient = 1200 mGy.cm

NRD = 1111 mGy.cm

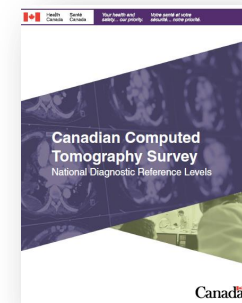


Le technologue doit éviter de dépasser le seuil d'intervention sans justification.

NRD TDM : Sondage canadien en TDM

✓ Période de la collecte des données :

- Reste du Canada : de la fin 2012 au début 2013
- Québec (réalisée par le CECR) : du 7 octobre 2013 à la fin de février 2014



✓ Dates de publication des NRD :

- Nationaux (Canada) : juin 2016
- Québec : Le CECR a publié dans son Bulletin de janvier 2016, les valeurs de 75^e et 50^e percentile, **mais ils n'ont pas pour le moment la force des NRD**

Les NRD TDM sont les seuls publiés par le Canada

Niveaux de référence diagnostiques (NRD)

Comparaison des 75^e percentile québécois du sondage TDM 2014 aux NRD des autres pays :
Protocoles adultes

	Groupe d'échantillonnage (kg)	Tête		Thorax		Abdomen-pelvis	
		CTDI _{vol} (mGy)	PDL (mGy.cm)	CTDI _{vol} (mGy)	PDL (mGy.cm)	CTDI _{vol} (mGy)	PDL (mGy.cm)
Québec	[60, 80]	65.5	1111	11	414	16.1	800
Québec	[50, 90]	65.5	1111	11.5	426	16.2	813
Canada	[50, 90]	81	1302	14	521	20.5	870
Australie	--	60.8	992	14.3	458	17	697
France	[60, 80]	65	1050	15	475	17	800
Angleterre	--	60	970	12	610	15	745
Suisse	--	65	1000	10	400	15	650

- ✓ Est-ce que les NRD Canadiens représentent les niveaux des doses au Québec?
- ✓ Doit-on publier le 75^e percentile des données du Québec comme des NRD québécois?

Niveaux de référence diagnostiques (NRD)

- Indicateurs qui sondent le niveau des doses délivrées aux patients pour les procédures radiologiques.
- Aident à l'optimisation et contribuent à améliorer les pratiques.
- Ne présentent pas une ligne de démarcation entre une bonne et une mauvaise pratique.

NRD : utilisation

- ✓ Bonnes pratiques consistent à :
 - Calculer régulièrement la moyenne des indices de dose sur un échantillon de patients;
 - Comparer la valeur moyenne calculée aux NRD publiés;
 - Optimiser pour que la valeur moyenne soit inférieure au 75^e percentile tout en ciblant la médiane en tenant compte des performances des équipements.

Limites du concept des NRD

- Se basent sur des données provenant des sondages antérieures.
- Mise à jour n'est pas fait régulièrement pour tenir compte des nouvelles technologies.
- L'optimisation ne tient pas compte des performances des nouveaux équipements.
- Considérés comme des seuils réglementaires à respecter.
- Élaborés seulement pour les patients standards.
- Ne sont pas applicables aux patients individuellement.

Concept de qualité acceptable de dose

COMMENTARY

Limitations of diagnostic reference level (DRL) and introduction of acceptable quality dose (AQD)

M M REHANI, PhD

Harvard Medical School and Massachusetts General Hospital, Boston, MA, USA

Address correspondence to: Professor Madan M Rehani

E-mail: madan.rehani@gmail.com

- AQD est définie comme la moyenne des doses des examens répondant aux besoins cliniques pour des groupes de patients de poids différents:
 - ✓ Adultes : 41-50, 51-60, 61-70, 71-80 kg
 - ✓ Enfants : 0-4, 5-9, 10-14, 15-19 kg, etc.

Concept de qualité acceptable de dose

- *One can determine AQDs for local, regional (sub-national) and national situations.*
- *This AQD will serve the purpose of “**standard dose**” for that examination and can be compared with AQD of another room or hospital. Good for self comparison.*
- *AQD can be **used prospectively** in adjusting parameters of patient whose estimated DLP value is likely exceeding $AQD \pm SD$.*

Source : présentation de Madan Rihani, Sherbrooke, 8 et 9 juin 2017

Concept de qualité acceptable de dose

Benefits

- *Image quality-Primary, Dose- Secondary*
- *Can cover all weight groups*
- *Can be applicable to optimization of individual*

Source : présentation de Madan Rihani, Sherbrooke, 8 et 9 juin 2017

Approche de la tournée en TDM

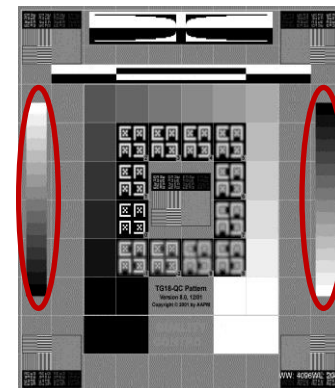
- **Optimisation** en tenant compte de :
 - ✓ **La comparaison** de dose moyenne estimée sur les cas cliniques analysés aux **NRD**
 - ✓ **Niveaux du bruit** dans les images cliniques
 - ✓ **Performances** des TDM
 - ✓ **Besoins des radiologistes** en qualité d'images

- Approche se base sur la **collaboration entre les intervenants** : radiologistes, technologues, physiciens et ingénieurs médicaux

Approche de la tournée en TDM

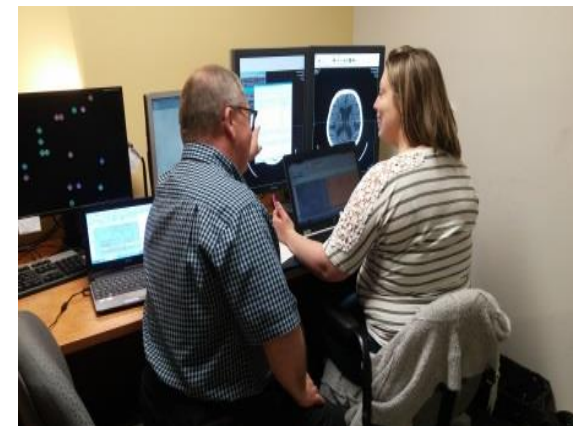
✓ Évaluation des performances de la chaîne d'acquisition TDM :

- TDM, station diagnostique



✓ Évaluation des pratiques (cas cliniques) :

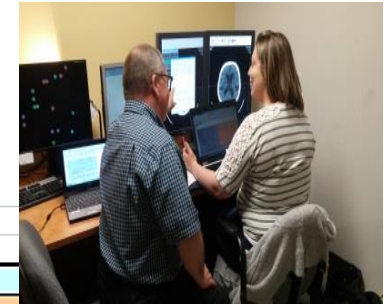
- Paramètres d'acquisition et de reconstruction
- Dose : $CTDI_{vol}$ et PDL
- Bruit et artéfacts
- Longueur d'exploration, protection des organes radiosensibles, centrage et positionnement



Approche de la tournée en TDM

Évaluation des pratiques (cas cliniques) :

2.2 Protocoles thorax									
ID infos	PROTOCOLES THORAX - Patients ADULTES :			Info / Tag	1	2	3	4	
1	Sexe (Féminin (F) / Masculin (M)) :			0010-0040					
2	Âge :			0010-1010					
3	Numéro d'accèsion de la requête :								
4	Numéro de dossier du patient (si requis):			0010-0020					
5	Nom du patient (si requis):			0010-0010					
6	Contraste (Oui (O) /Non (N)) :			0018-9342					
7	Image de localisation :	Face (O/N)							
8		Profil (O/N)							
9	ACQUISITION	Charge	Mode Séquentiel ou Hélicoïdal (S/H) :		0018-0022				
10			Dimension du foyer:		0018-1190				
11			Tension (kVp) :		0018-0060				
12			Temps de rotation (s) :		0018-9305				
13			SFOV:		0018-0090				
14			Sans modulation	mA fixe (réel) :	0018-9330				
15				mAs/slice ou	mAs eff = (mA x TRT) / Pitch acquisition				
16				mAs effectif :					
17			dulation	GE:					
18				Noise Index NI :	0027-101f				
19				mA(min) :					
20				mA(max) :					
21				TOSHIBA:					
22				SD :					
				mA(min) :					
				mA(max) :					



Approche de la tournée en TDM

2.2 Protocole « Thorax standard » - Qualification des images cliniques¹

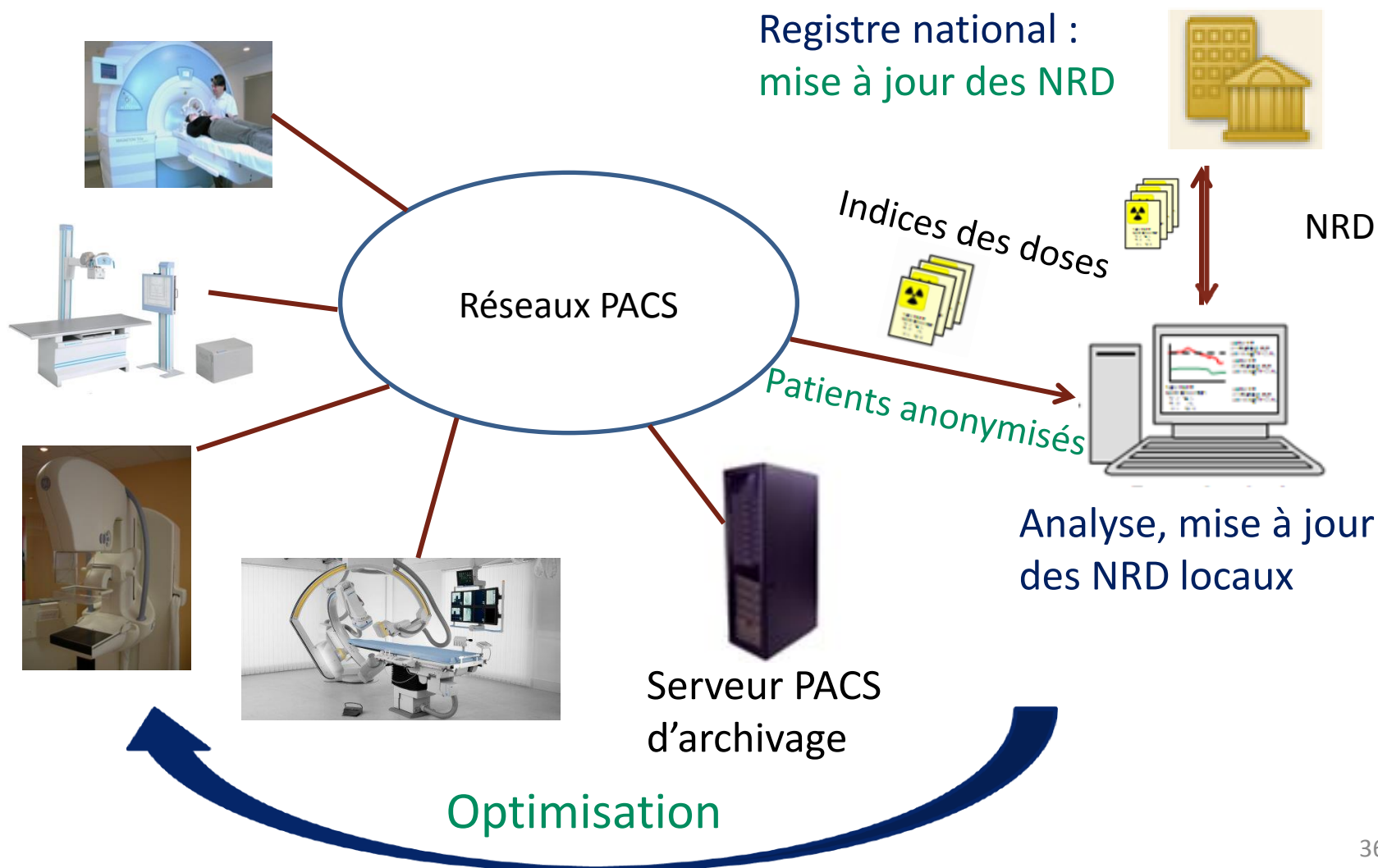
Numéro d'accèsion de la requête :

1 = Non-visible 2 = Difficilement visualisable 3 = Visible 4 = Clairement visible 5 = Très clairement visible

	Qualification des éléments				
	1	2	3	4	5
<u>Éléments généraux à visualiser</u>					
Deux champs pulmonaires (incluant les languettes pulmonaires postérobasales) :	☐	☐	☐	☐	☐
Paroi thoracique (incluant le rachis, les creux sus-claviculaires et axillaires) :	☐	☐	☐	☐	☐
<u>Détails critiques</u>					
Médiastin et vaisseaux :	☐	☐	☐	☐	☐
Glande thyroïdienne ou résidus :	☐	☐	☐	☐	☐
Thyroïde dans sa portion thoracique :	☐	☐	☐	☐	☐
Œsophage, cœur et péricarde :	☐	☐	☐	☐	☐
Trachée, carène, bronches souches et tissu péricarinal :	☐	☐	☐	☐	☐
Ganglions médiastinaux et hilaires :	☐	☐	☐	☐	☐
Diaphragme et angles costophréniques :	☐	☐	☐	☐	☐
Nodules de plus de 4 mm :	☐	☐	☐	☐	☐
Commentaires :					

- Est-il nécessaire que le Québec développe ses NRD ?
- Quelle est la meilleure stratégie pour le faire ?

Programme de suivi des doses



Priorités du CECR pour 2017-2018

- **Élaboration** des modules de contrôle de qualité et de radioprotection pour faciliter l'application du Code de sécurité 35
- **Continuer** d'assister les établissements dans l'optimisation des pratiques
- Le CECR a été désigné par l'Imagerie Sécuritaire Canada (CSI) et l'Association canadienne des radiologistes (CAR) comme **Centre de référence pour les établissements et les patients francophones** pour répondre aux questions relatives aux risques de la radiation

Priorités du CECR pour 2017-2018

- Poursuivre les travaux avec le MSSS pour mettre un programme de suivi des doses pour les patients au Québec

Pour nous rejoindre

-  Par téléphone : 819 348-3842 ou 1 877 839-1217
-  Par télécopieur : 819 822-6700
-  Par courriel : cecr.chus@ssss.gouv.qc.ca
-  Par courrier : CECR
500, rue Murray, case postale 1
Sherbrooke (Québec) J1G 2K6
- @ Page Internet : www.chus.qc.ca/cecr