

Validation d'une méthode d'estimation dosimétrique individuelle : cas du MERM en médecine nucléaire



chr
orléans

Contexte réglementaire



● Article R.4451-123 du code du travail – Le conseiller en radioprotection :

1. Donne des conseils en ce qui concerne :

- Les modalités de suivi de l'exposition individuelle des travailleurs
- Les modalités de classements des travailleurs

2. Apporte son concours en ce qui concerne :

- L'évaluation des risques prévue à l'article 4451-13
- La définition et la mise en œuvre des dispositions concernant l'évaluation individuelle du risque lié aux rayonnements ionisants (RI)
- La définition et la mise en œuvre des dispositions relatives à la surveillance de l'exposition individuelle des travailleurs, en relation avec le médecin du travail

● Arrêté du 26 juin 2019, questions-réponses de la direction générale du travail :

- L'employeur après avis du CRP et du médecin du travail décide du classement en catégorie A ou B de ses salariés en fonction des résultats de l'évaluation individuelle [...] pour chacun de ces salariés exposés aux RI



Contexte organisationnel

● Evolutions de l'activité du service entre 2020 et 2022

- **Renouvellement conséquent du personnel :**
 - retour congé maternité (2), départs et mutations (6), recrutements (5)
- **Mise à jour de des études de postes réalisées en 2016**
- **Achat de la gamma caméra starguide**
- **Mise en place des traitements au gallium 68,**
- **Transfert des examens des parathyroïdes sur les TEP**



Personnel concerné et postes étudiés

- 16 Manipulatrices en électroradiologie médicale (MERM)
- 5 postes étudiés :
 - 2 TEP (activités similaires)
 - 1 gamma caméra CZT dédiée à la cardiologie
 - 2 caméras grand champ (une CZT et une conventionnelle)

Estimation de la dose annuelle (DA) en conditions moyennes (CM) de travail

- Pour la MERM : base de 220 jours/an



Méthode utilisée

● Pour chaque poste :

- Identification des examens les plus fréquents et prise en compte des examens à forts enjeux dosimétrique
 - Extraction du nombre d'examens effectués par an
 - Extraction de l'activité injectée par examen et par patient
 - Mesure du débit de dose au contact de l'activité injectée puis rapport à 100 Mbq

● Pour chaque examen identifié :

- Décomposition en plusieurs étapes
- Mesure du débit de dose et du temps d'exposition pour chaque étape



Dose par étape puis dose par examen

● Estimation de la dose annuelle collective par poste :

- Dose efficace
- Dose équivalente aux extrémités

● Estimation de la dose annuelle individuelle par agent



Exemple de la scintigraphie

Examen	Nombre de patients par an	Activité manipulée par patient (MBq)	débit de dose au contact pour 100 MBq (μSv/h)
Os avec tomo (Tc99m)	266	694	3,00
Poumons (Kr81m+Tc99m)	308	185	40,00
Datscan (I123)	135	130	169,23
Lympho GS (Tc99m)	229	44	5,00
Contrôle qualité (Co57)	220	9,2	3,76

Examen	Élément radioactif	Etapas	Débit de dose à 5 cm du patient (μSv/h)	Débit de dose à 30 cm de la source (μSv/h)	Débit de dose à 150 cm du patient (μSv/h)	Durée de l'exposition à 5 cm (s)	Durée de l'exposition à 30 cm (s)	Durée de l'exposition à 150 cm (s)	Exposition externe mesurée en μSv (un patient)	Nb de patients par an	Exposition externe annuelle en μSv	Total par examen (μSv)
Os dynamique	Tc99m	Prise et transport seringue		0,45			50		0,006	266	1,66	740,45
		Injection et élimination seringue		28,43		90		0,711	189,03			
		Placement pour clichés précoces	27,30			90		0,683	181,55			
		Désinstallation du patient	39,80		30		0,332	88,22				
Os tardif		Placement du patient et clichés tardifs	24,34		3,84	86	167	0,760	202,05			
		Désinstallation du patient	30,14			35		0,293	77,95			

Exposition pour un examen (μSv)

2,784

Matériel nécessaire et radioéléments étudiés

● Estimations dosimétriques :

- **Dosimétrie efficace: radiamètre AT1123 (APVL)**
- **Dosimétrie équivalente aux extrémités : dosimètre opérationnel ED3 avec une sonde extrémités photons haute énergie (60 keV à 1,2 MeV) (APVL)**



● Relevés dosimétriques :

- **Dosimétrie efficace : dosimètre opérationnel MK2 (APVL)**
- **Dosimétrie équivalente aux extrémités : dosimètre passifs TLD dosibague (landauer)**





Radioéléments, utilisation et risques associés

Secteur scintigraphie

Radionucléide	Présentation	Utilisation	Fréquence d'utilisation	Risques associés
^{99m}Tc	Source non-scellée, seringue	Injection	4660/an	Exposition externe, contamination
^{201}Tl	Source non-scellée, seringue	Injection	268/an	Exposition externe, contamination
^{131}I	Source non-scellée	Ingestion	83/an	Exposition externe, contamination
^{123}I	Source non-scellée	Injection	135/an	Exposition externe, contamination
^{81m}Kr	Source non-scellée	Inhalation	308/an	Exposition externe, contamination
^{153}Sm	Source non-scellée	Injection	1/an	Exposition externe, contamination
^{57}Co	Source scellée	Contrôle qualité	248/an	Exposition externe
^{57}Co	Source scellée	Contrôle qualité	248/an	Exposition externe
^{57}Co	Source scellée	Contrôle qualité	248/an	Exposition externe



Radioéléments, utilisation et risques associés

● Secteur TEP:

Radionucléide	Présentation	Utilisation	Fréquence d'utilisation	Risques associés
¹⁸ F	Source non-scellée, seringue, chope	Injection	6027/an	Exposition externe, contamination
⁶⁸ Ga	Source non-scellée, seringue	Injection	49/an	Exposition externe, contamination
⁶⁸ Ge	Source scellée	Contrôle qualité	1/jour	Exposition externe
²² Na	Source scellée	Contrôle qualité	1/jour	Exposition externe



DOSIMÉTRIE COLLECTIVE

Estimations annuelles: compilation des études de poste



Estimations dosimétriques annuelles collectives

• Poste « manip tep »

Effectif = 16 manip

Dosimétrie collective annuelle prévisionnelle :				
Poste de travail	Examens	Corps entier (mSv)	Extrémités (mSv)	Cristallin (mSv)
Manip TEP	contrôles qualité	4,60	3,10	16,90
	choline, dopa, cerveau, tdm	5,30	80,00	
	patients hospitalisés	12,00	inclus dans les patients valides	
	parathyroïdes	0,61	4,82	
	dotatoc (gallium-68)	0,05	0,80	
	TDM	0,62		
Dose totale poste manip TEP (mSv)		23,19	88,72	16,90

● 5 MERM nécessaires pour assure le poste manip tep

- Dose efficace = 4,6 mSv
- Dose équivalente aux extrémités = 17,7 mSv
- Dose équivalente au cristallin = 3,4 mSv



Estimations dosimétriques annuelles collectives

- Poste « manip scinti »

Effectif = 16 manip

Dosimétrie annuelle collective prévisionnelle :

Poste de travail	poste	Corps entier (mSv)	Extrémités (mSv)	Cristallin (mSv)
Manip SCINTI	CZT	0,96	7,52	5,72
	DISCOVERY	1,48	4,11	
	STARGUIDE	1,75	2,45	
	TDM	0,03		
Dose totale poste manip SCINTI (mSv)		4,22	14,08	5,72

● 5 MERM nécessaires pour assurer le poste manip scinti

- Dose efficace = 0,8 mSv
- Dose équivalente aux extrémités = 2,8 mSv
- Dose équivalente au cristallin = 1,1 mSv



DOSIMÉTRIE INDIVIDUELLE

Doses prévisionnelles et optimisation



Estimation du taux d'exposition individuel

Numéro de l'agent	Durée d'exposition TEP (ETP)	Durée d'exposition SCINTI (ETP)
Manip 1	0,40	0,40
Manip 2	0,50	0,50
Manip 3	0,25	0,25
Manip 4	0,50	0,50
Manip 5	0,40	0,40
Manip 6	0,00	0,80
Manip 7	0,30	0,30
Manip 8	0,50	0,50
Manip 9	0,50	0,50
Manip 10	0,40	0,40
Manip 11	0,50	0,50
Manip 12	0,50	0,50
Manip 13	0,50	0,50
Manip 14	0,33	0,00
Manip 15	0,17	0,17
Manip 16	0,33	0,00



Prévisions individuelles

Fonction	Hp(10) MANIP TEP (5 ETP)	Hp(0,07) MANIP TEP (5 ETP)	Hp(3) MANIP TEP (5 ETP)	Hp(10) MANIP SCINTI (5 ETP)	Hp(0,07) MANIP SCINTI (5 ETP)	Hp(3) MANIP SCINTI (5 ETP)	TOTAL Hp(10) mSv	TOTAL Hp(0,07) mSv	TOTAL Hp(3) mSv	Classement recommandé
MANIP 1	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,19	8,22	1,83	catégorie B
MANIP 2	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,74	10,28	2,28	catégorie B
MANIP 3	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	1,37	5,14	1,14	catégorie B
MANIP 4	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,74	10,28	2,28	catégorie B
MANIP 5	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,19	8,22	1,83	catégorie B
MANIP 6	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	0,68	2,25	0,92	catégorie B
MANIP 7	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	1,72	6,17	1,37	catégorie B
MANIP 8	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,74	10,28	2,28	catégorie B
MANIP 9	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,74	10,28	2,28	catégorie B
MANIP 10	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,19	8,22	1,83	catégorie B
MANIP 11	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,74	10,28	2,28	catégorie B
MANIP 12	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,74	10,28	2,28	catégorie B
MANIP 13	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	2,74	10,28	2,28	catégorie B
MANIP 14	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	1,53	5,86	1,13	catégorie B
MANIP 15	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	0,90	3,39	0,75	catégorie B
MANIP 16	4,64	17,74	3,42	0,84	2,82	1,14	1,53	5,86	1,13	catégorie B

- Optimisation : mise en place alarme de dose à 2 mSv sur 12 mois glissants

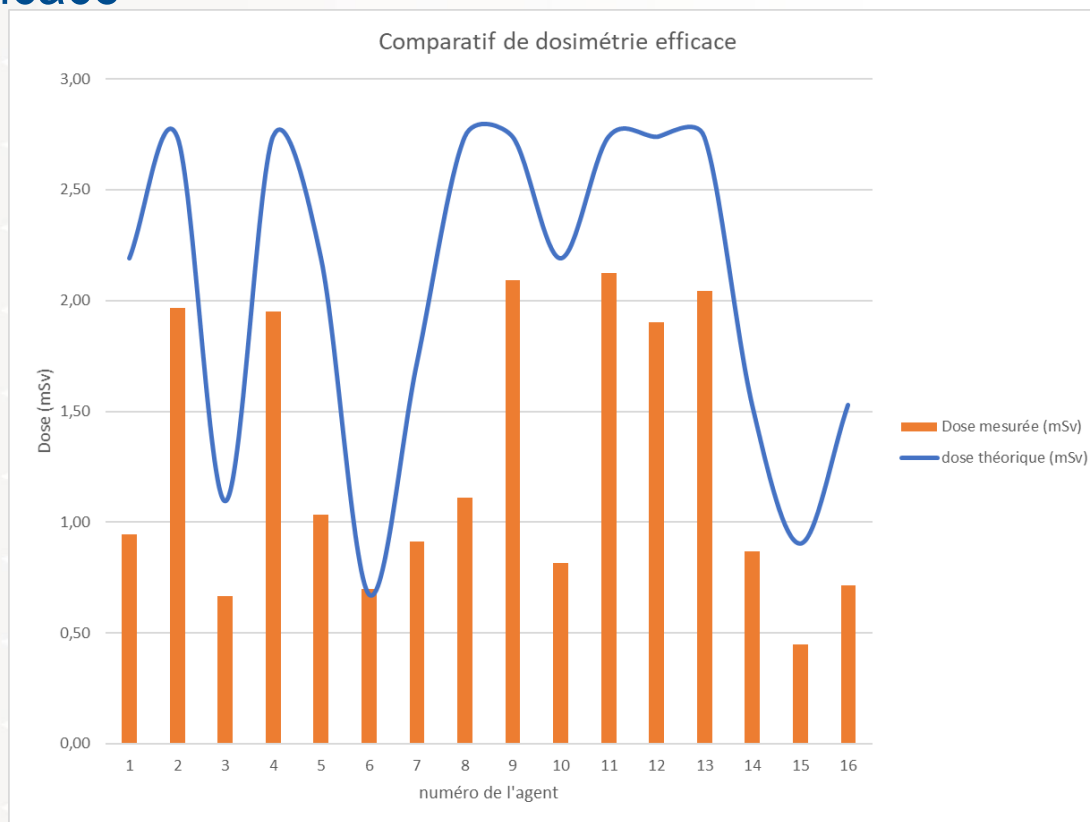


D'accord, mais qu'en est-il de la dosimétrie mesurée?



COMPARAISON DOSE THÉORIQUE DOSE MESURÉE

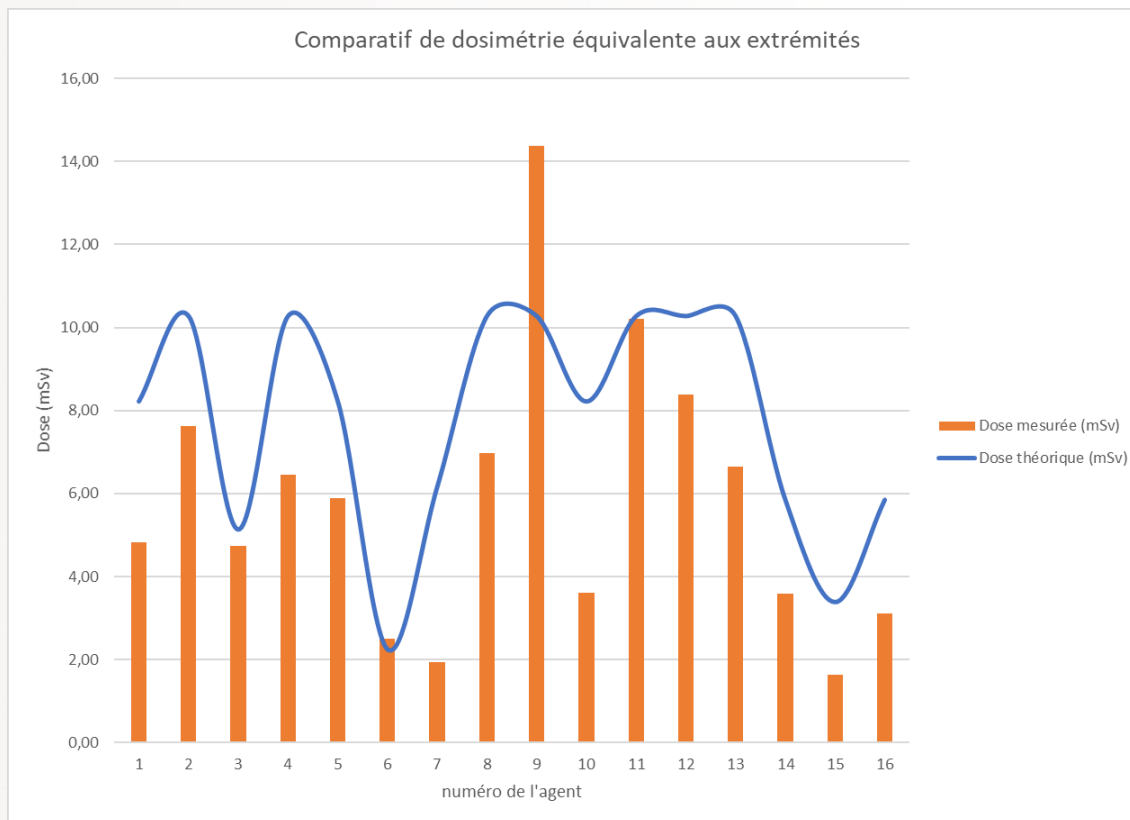
Dosimétrie efficace



	Dosimétrie théorique Hp(10) mSv	Dosimétrie mesurée Hp(10) mSv	ECART RELATIF (%)
moyenne	2,08	1,27	39%
médiane	2,19	0,99	41%
écart type	0,74	0,62	18%



Dosimétrie équivalente aux extrémités



	Dosimétrie théorique Hp(0,07) mSv	Dosimétrie mesurée Hp(0,07) mSv	ECART RELATIF (%)
moyenne	7,83	5,78	27%
médiane	8,22	5,35	34%
écart type	2,72	3,34	27%



CONCLUSIONS ET DISCUSSION



En résumé

- Estimations en moyenne 1,5 fois plus importantes que la dose réelle : méthode vérifiée
 - Limite de 2 mSv raisonnable et prudente : mesures réalisées sans protections
 - Etendue de la méthode aux autres agents et services
 - Suivi sur plusieurs années



Discussion

- Axes d'amélioration
 - Répartition hétérogène des agents aux postes de travail
 - Jours de travail effectifs hétérogènes entre les agents
 - Postes indissociables pour la dosimétrie équivalente aux extrémités (dosimétrie passive)
- Projets
 - Automatisation des tableurs
 - Assimilation du prévisionnel de chaque agent à l'interface de dosimétrie opérationnelle



Un grand merci à Sabrina, Gilles et aux agents du service de médecine nucléaire pour leur participation



Merci pour votre attention