

LISTE DES ABREVIATIONS

¹³¹ I	Iode-131
¹⁸ F	Fluor-18
^{99m} Tc	Technétium-99 métastable
Bq	Bequerel
CE	Corps Entier
CEA	Commissariat à l'Énergie Atomique
CNIL	Commission Nationale de l'Informatique des Libertés
EDF	Electricité de France
Gy	Gray
IC	Intervalle de Confiance
INWORKS	International Nuclear Workers Study
IRSN	Institut de Radioprotection et de Sureté Nationale
KeV	Kilo-électronvolt
LD	Limite de détection
LEDI	Laboratoire d'Évaluation de la Dose Interne
LMA	Laboratoire Mobile d'Anthroporadiamétrie
mSv	Milli-Sievert
PCR	Personne Compétente en Radioprotection
SD	Seuil de Décision
SISERI	Système d'Information et de Surveillance de l'Exposition aux Rayonnements Ionisants
THY	Thyroïde
γ	Gamma

PLAN

RESUME

INTRODUCTION

MÉTHODES

RÉSULTATS

1. Population étudiée

- 1.1. Professions représentées
- 1.2. Description de la population par année
- 1.3. Nombres et années de participations aux campagnes
 - 1.3.1. Préparatrices en radiopharmacie
 - 1.3.2. Manipulateurs en électroradiologie
 - 1.3.3. Autres professions

2. Examens réalisés

3. Résultats des mesures

- 3.1. Absence de contamination détectée
- 3.2. Résultats inférieurs à la Limite de Détection (< LD)
- 3.3. Examens positifs
 - 3.3.1. Contaminations par année
 - 3.3.2. Contaminations par profession
 - 3.3.2.1. Répartition par profession
 - 3.3.2.2. Préparatrices en radiopharmacie
 - 3.3.2.3. Manipulateurs en électroradiographie
 - 3.3.2.4. Infirmières
 - 3.3.2.5. Techniciens en radiopharmacie
 - 3.3.3. Contaminations par radioélément
 - 3.3.3.1. Contaminations à l'iode-131
 - 3.3.3.2. Contaminations au fluor-18
 - 3.3.3.3. Contaminations au technétium-99 métastable

DISCUSSION ET CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LEXIQUE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ANNEXES

*Le savant n'est pas l'homme qui fournit les vraies réponses ;
c'est celui qui pose les vraies questions.*

Claude Lévi-Strauss

Le cru et le cuit

ANTHROPOGAMMAMETRIES AU CHU D'ANGERS DE 2009 A 2015

ETUDE SUR LE PERSONNEL DE MEDECINE NUCLEAIRE

A. Elie¹, B. Ripault¹, Y. Roquelaure^{1,2}

¹ Centre Hospitalier Universitaire d'Angers, Service de Santé au travail, Angers, France

² Lunam Université, Université d'Angers, Laboratoire d'Ergonomie et d'Epidémiologie en Santé au Travail (LEEST), Angers, France

Mots-clés : Surveillance, Contamination interne, Anthropogammamétrie, Médecine nucléaire

Rapport-Gratuit.com

RESUME

Introduction : Le personnel hospitalier manipule des radionucléides de période radioactive très courte. La détection de la contamination interne, dépend de la méthode utilisée (analyses radiotoxicologiques urinaires ou anthropogammamétrie).

Matériels et Méthodes : Cette étude descriptive rétrospective sur dossiers a été menée à partir des examens anthropogammamétriques réalisés par l'IRSN, entre 2009 et 2015 sur 45 professionnels de médecine nucléaire du CHU d'Angers.

Résultats : Vingt contaminations ont été observées sur cette période dont 11 en 2009 et 2010. Sept contaminations concernaient des préparatrices en pharmacie et 6 des manipulateurs en électroradiographie. Cinq contaminations à l' ^{131}I ont été observées en 2009-2010 avant substitution de l'iode liquide par des gélules. Trois contaminations étaient imputables au ^{18}F sur 2 manipulateurs en électroradiographie. Les 15 dernières, concernant toutes les professions de notre population, étaient dues au $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Conclusion : La détection de contaminations, auparavant méconnues, a permis d'améliorer la propreté radiologique en se réinterrogeant, avec les agents contaminés, sur les situations ayant conduit à ces résultats et sur les pratiques professionnelles. Le développement de nouvelles méthodes « *in situ* » avec le matériel présent dans les services de médecine nucléaire (gamma caméra et sondes thyroïdiennes) devrait à l'avenir simplifier cette surveillance.

INTRODUCTION

Le code du travail impose pour les personnels exposés aux rayonnements ionisants, un suivi dosimétrique de référence assuré, en cas de risque de contamination interne, par des mesures d'anthropogammamétrie ou des analyses radiotoxicologiques urinaires (*art. R. 4451-62*). La somme des doses efficaces reçues par exposition externe et interne ne doit pas dépasser 20 mSv sur 12 mois glissants (*art. R. 4451-12*). Cette surveillance doit être réalisée à minima annuellement. Par ailleurs, toute dose dépassant 5% de cette valeur annuelle réglementaire (1 mSv) doit être enregistrée dans l'application SISERI de l'IRSN (1).

Afin de satisfaire à cette obligation réglementaire, depuis 2009, le CHU d'Angers fait intervenir l'IRSN chaque année. Le LEDI réalise les examens anthropogammamétriques en mettant à disposition, sur site, son laboratoire mobile d'anthroporadiamétrie (Annexe I) durant une semaine. Cette surveillance est organisée par les PCR du CHU. Cette méthode de mesure - *in vivo*, directe et non invasive - repose sur la détection des rayonnements X et gamma (γ), accompagnant la désintégration des radioéléments éventuellement incorporés, dans l'organisme entier ou la thyroïde, dans une plage d'énergie d'émission située entre 20 et 2000 keV. Elle permet une analyse qualitative et quantitative de la contamination interne. Le CHU d'Angers est le premier, en France, à avoir instauré une telle surveillance. Depuis d'autres CHU sollicitent également l'IRSN.

Auparavant, ce suivi, réalisé par des analyses radiotoxicologiques urinaires, ne mettait pas en évidence d'éventuelles contaminations : les radioéléments manipulés au CHU ayant des demi-vies très courtes (quelques heures à quelques jours). Le service devait organiser une permanence de collecte des urines des 24 heures des agents exposés et les envoyer rapidement au laboratoire de l'IRSN.

La littérature médicale ne fait état d'aucune publication sur la surveillance de la contamination interne en milieu hospitalier hormis les bilans annuels de l'IRSN. Dans le dernier bilan 2015 (2), concernant le domaine médical et vétérinaire, 373 anthropogammamétries ont été réalisées dont 84 examens positifs (22,5%), augmentation de 47 % par rapport à 2014 (57 positives sur 418 réalisées). Sur les seuls 1448 personnels de médecine nucléaire surveillés, 10394 examens radiotoxicologiques ont été réalisés dont 37 examens positifs (0,36 %). Ces chiffres restent stables par rapport à l'année 2014 (3). Aucune donnée spécifique à la médecine nucléaire n'est communiquée concernant les anthropogammamétries pour les années 2014 et 2015.

Ces données fournissent une vision globale concernant les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants et au risque de contamination interne. Cependant aucune analyse n'est réalisée sur les métiers ou les radio-isotopes incriminés.

Notre travail s'attachera à dresser un bilan des contaminations observées sur la population de médecine nucléaire du CHU d'Angers, en particulier selon les différents métiers rencontrés au sein de cette population.

MÉTHODES

Réalisation des mesures

Toute personne manipulant des radionucléides pendant son activité professionnelle, bénéficiait de cette surveillance anthropogammamétrique, sur son temps de travail, si elle était présente durant la semaine de réalisation des mesures. La mesure était réalisée dans la chambre anthropogammamétrique du LMA (Annexe II), constituée d'une enceinte blindée équipée de deux détecteurs (haut et bas) semi-conducteurs de type germanium de haute résolution.

Un examen systématique en « Géométrie Corps Entier » (CE) – c'est à dire avec les deux détecteurs haut et bas – était réalisé. Un examen complémentaire en « Géométrie Thyroïde » (THY), avec seulement le détecteur haut centré sur la thyroïde, pouvait être réalisé pour les personnels manipulant de l'Iode 131 (^{131}I) selon la prescription médicale préalablement établie.

Expression des résultats de mesure

Chaque mesure conduisait à la réalisation d'un spectre X / γ , analysé par un spécialiste de l'IRSN, intégré au compte-rendu de l'examen (Annexe III). En cas de contamination avérée, la nature et l'activité du radioélément étaient indiquées. L'activité était exprimée en Becquerels, associée à une incertitude donnée à un niveau de confiance de 95%.

Dans le domaine de la métrologie des rayonnements ionisants, compte-tenu du caractère aléatoire du processus de désintégration radioactive et de l'incertitude de mesure¹, dépendant de l'appareil de mesure et des conditions expérimentales, en particulier du bruit de fond¹, il a été nécessaire d'encadrer ces mesures par une norme : ISO 11929:2010 (4).

Elle a défini une procédure permettant de calculer un seuil de décision¹ (SD), une limite de détection¹ (LD) et les extrémités de l'intervalle de confiance¹ d'un mesurande¹ non négatif caractéristique d'un rayonnement ionisant.

En conformité avec cette norme, seuls les examens dont le résultat était supérieur à la limite de détection, de l'ordre de quelques dizaines de Becquerels, étaient considérés comme positifs par l'IRSN. Un compte rendu de cette analyse, pour chaque examen, était envoyé à l'agent, un autre à son médecin du travail, conservé dans son dossier médical en santé au travail.

Analyse des résultats

Cette étude descriptive rétrospective sur dossiers a été menée à partir des comptes rendus des mesures anthropogammamétriques réalisées entre 2009 et 2015 sur le personnel de médecine nucléaire du CHU d'Angers après consultation de leur dossier médical en santé au travail. Le personnel a été informé par courrier de ce travail de recherche.

Aspects réglementaires

Cette étude est enregistrée dans le registre CNIL du Conseiller Informatique et Liberté du CHU d'Angers sous le numéro 2016-023 en date du 27 mai 2016. Les analyses descriptives ont été réalisées avec le logiciel Excel. Le comité d'éthique du CHU d'Angers, réuni en séance le 6 juillet 2016, a donné son aval à cette étude, enregistrée sous le numéro 2016/84.

L'objectif principal de ce travail était d'analyser les contaminations internes mises en évidence par les anthropogammamétries annuelles pour chaque profession représentée. L'objectif secondaire était d'analyser les radionucléides impliqués dans ces contaminations.

¹ Cf. Lexique page 33

RÉSULTATS

1. Population étudiée

1.1. Professions représentées

Les examens anthropogammamétriques annuels ont intéressé 45 professionnels du service de médecine nucléaire du CHU d'Angers entre 2009 et 2015 (32 femmes - 13 hommes). Les effectifs par profession sont indiqués en Figure 1 et la répartition par sexe en Figure 2.

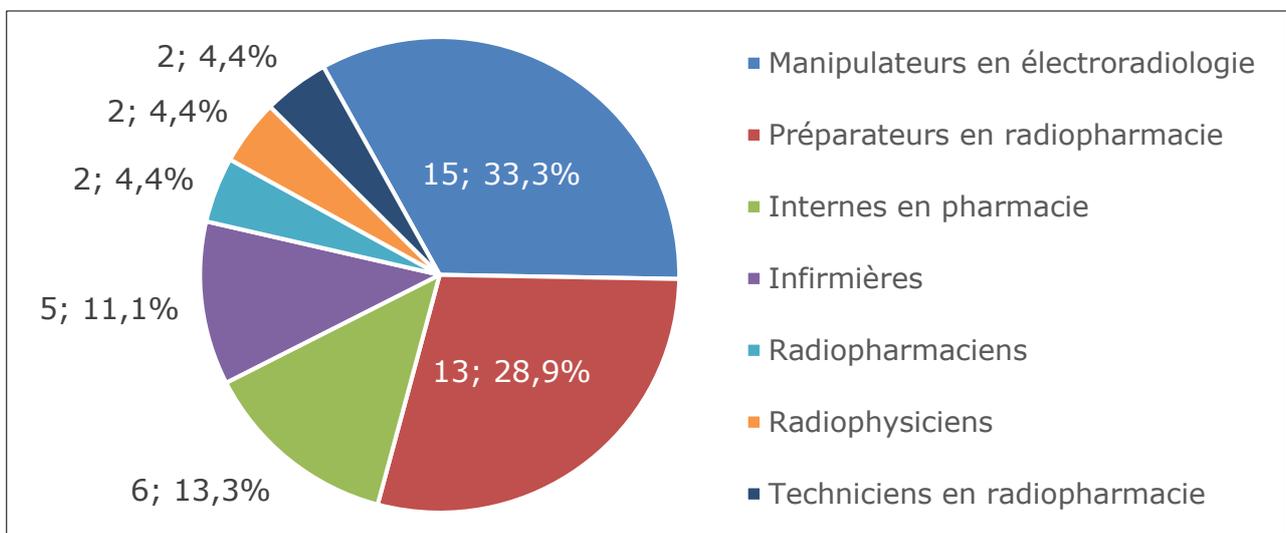


Figure 1 Répartition des effectifs de la population étudiée par profession

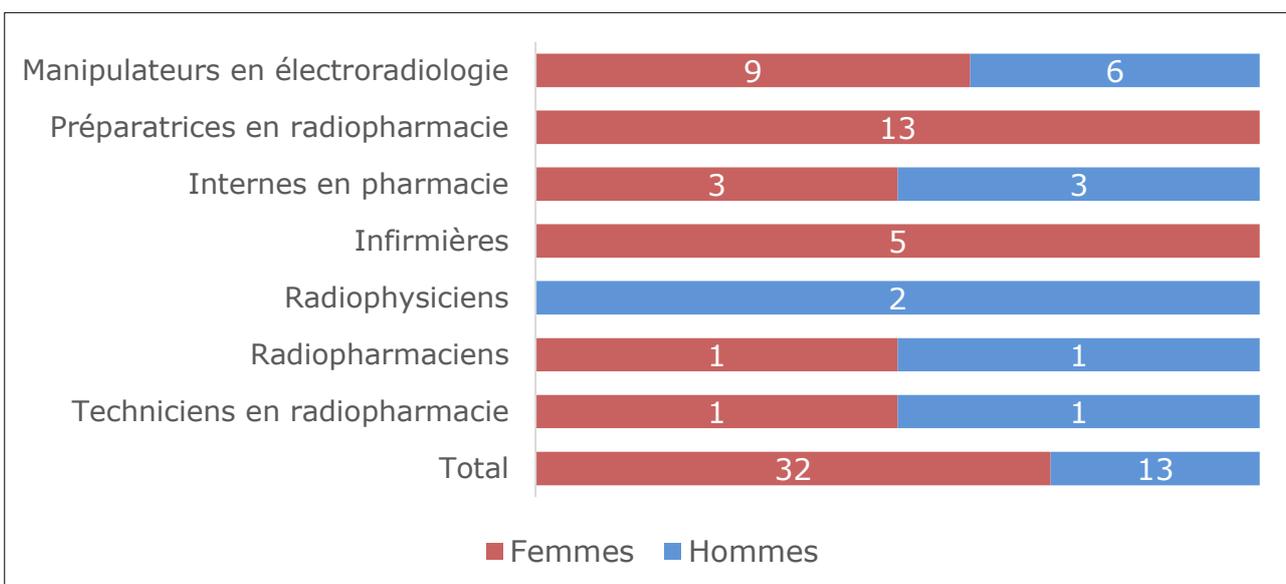


Figure 2 Répartition de la population selon le sexe

1.2. Description de la population par année

Chaque année le nombre de personnes passant ces examens pouvait varier. Chiffre stable jusqu'en 2011, en augmentation à partir 2012, et maximum en 2013 et 2014. Les données annuelles, par profession, âge et sexe sont indiquées dans le Tableau I.

Tableau I Description de la population par année

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Effectif total	16	15	14	18	23	23	18
Profession							
<i>Infirmières</i>	2	2	2	2	3	2	2
<i>Internes en pharmacie</i>	2	1	1	1	1	1	0
<i>Manipulateurs en électroradiologie</i>	6	6	8	8	10	11	10
<i>Préparatrices en radiopharmacie</i>	3	3	1	4	4	4	3
<i>Radiopharmaciens</i>	2	2	2	2	2	2	1
<i>Radiophysiciens</i>	0	0	0	1	2	2	1
<i>Techniciens en radiopharmacie</i>	1	1	0	0	1	1	1
Sexe							
<i>Femme</i>	10	9	10	10	14	14	13
<i>Homme</i>	6	6	4	8	9	9	5
Classe d'âge							
<i>21-30 ans</i>	9	5	5	5	5	5	5
<i>31-40 ans</i>	4	5	5	8	10	10	7
<i>41-50 ans</i>	2	4	2	3	4	6	3
<i>>50 ans</i>	1	1	2	2	3	2	3
Age (en années)							
<i>Moyen</i>	33,6	37,8	35,9	36,5	37,7	38,0	37,6
<i>Médian</i>	30,0	36,0	35,0	34,0	34,0	37,0	36,0
<i>Minimum</i>	23	24	23	21	25	26	21
<i>Maximum</i>	59	60	58	59	60	61	55

Les manipulateurs en électroradiologie, ne constituant qu'un tiers de notre échantillon, représentaient chaque année, la majorité des personnes bénéficiant des examens anthropogammamétriques : entre 37,5 % en 2009 et 47,8 % en 2014. Ils représentaient même plus de la moitié des personnes en 2011 et 2015, respectivement 57,1 % et 55,6 %.

A l'opposé, les préparatrices en pharmacie, constituant près de 30 % de notre population, ne représentaient chaque année, que 16,6 % à 22,2 % des individus et même 7,1 % en 2011.

Les effectifs annuels, pour les autres professions sont plus faibles : entre 0 et 3.

1.3. Nombres et années de participations aux campagnes

Certaines personnes ont passé ces examens plusieurs années consécutivement ou non durant la période étudiée. Seulement 4 personnes (8,9 % de la population) ont participé à toutes les campagnes de mesures (une infirmière, deux manipulateurs en électroradiologie, un radiopharmacien). La majorité de notre population (62,2 %) a participé à seulement une ou deux campagnes : dont les 6 internes en pharmacie et 12 préparatrices en radiopharmacie. Près de la moitié de notre population (40 %) n'a participé qu'une seule fois (Tableau II).

Tableau II Nombre de participations aux campagnes de mesures selon la profession

Profession	Nombre de participations							Effectif par profession
	1	2	3	4	5	6	7	
Infirmières	3	-	-	-	1	-	1	5
Internes en pharmacie	5	1	-	-	-	-	-	6
Manipulateurs en électroradiologie	4	1	1	2	2	3	2	15
Préparatrices en radiopharmacie	6	6	-	1	-	-	-	13
Radiopharmaciens	-	-	-	-	-	1	1	2
Radiophysiciens	-	1	-	1	-	-	-	2
Techniciens en radiopharmacie	-	1	1	-	-	-	-	2
Total	18	10	2	4	3	4	4	45

1.3.1. Préparatrices en radiopharmacie

Une d'elles a participé à 4 campagnes (2010 ; 2011 ; 2013 et 2014).

Six d'entre elles ont participé à 2 campagnes (1 en 2009-2010 ; 1 en 2012-2013 ; 2 en 2013-2014 ; 1 en 2014-2015 et la dernière en 2012 et 2015).

Les 6 autres ont participé à une seule campagne (2 en 2009 ; 1 en 2010 ; 2 en 2012 et 1 en 2015).

1.3.2. Manipulateurs en électroradiologie

Un tiers de l'effectif a participé à 6 ou 7 campagnes de mesures. 2 d'entre eux ont participé à toutes les campagnes et 3 ont participé à 6 campagnes (1 n'a pas passé d'examen en 2009, un autre en 2010 et le troisième en 2011).

Le deuxième tiers n'a participé qu'à une ou deux campagnes : 1 d'entre eux a participé aux campagnes 2013 et 2014, et 4 personnes ont participé à 1 campagne (1 en 2009, 2 en 2011 et 1 en 2015).

Le troisième tiers de l'effectif se répartissait ainsi : 2 d'entre eux ont participé à 5 campagnes (2010 à 2014 pour le premier et 2010-2011 puis 2013 à 2015 pour le second), 2 personnes ont participé à 4 campagnes (2012 à 2015) et 1 individu a participé à 3 campagnes (2009, 2014 et 2015).

1.3.3. Autres professions

Sur les 5 infirmières, 3 ont participé à une seule campagne (une en 2013 ; une en 2014 et une en 2015), la quatrième a participé à 5 campagnes de 2009 à 2013 et la dernière à toutes.

Sur les 6 internes en pharmacie, 5 ont participé à une seule campagne : 2 en 2009, un en 2011 ; un en 2013 et un en 2014. Le dernier a participé aux campagnes 2010 et 2012.

Parmi les deux radiopharmaciens de notre population, l'un d'eux a participé à toutes les campagnes et le second à 6 campagnes (sauf 2015).

Concernant les radiophysiciens, le premier a participé à 4 campagnes de 2012 à 2015, le second à deux campagnes en 2013 et 2014.

Deux techniciens en radiopharmacie ont passé ces examens : un en 2009 et 2010 et l'autre de 2013 à 2015.

2. Examens réalisés

Au total 167 examens ont été réalisés (126 examens « CE » - 41 examens « THY »). Le détail par profession est donné ci-dessous dans le Tableau III.

Tableau III Examens réalisés par année et par profession

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Population
Infirmières	2	2	2	2	3	2	2	5
Examens "CE" réalisés	2	2	2	2	3	2	2	15
Examens "THY" réalisés	1	2	2	2	3	1	2	13
Examens réalisés	3	4	4	4	6	3	4	28
Internes en pharmacie	2	1	1	1	1	1	0	6
Examens "CE" réalisés	2	1	1	1	1	1	0	7
Examens "THY" réalisés	0	0	1	1	0	0	0	2
Examens réalisés	2	1	2	2	1	1	0	9
Manipulateurs en radiologie	6	6	8	8	10	11	10	15
Examens "CE" réalisés	6	6	8	8	10	10	10	58
Examens "THY" réalisés	0	0	0	0	0	1	0	1
Examens réalisés	6	6	8	8	10	11	10	59
Préparateurs en pharmacie	3	3	1	4	4	4	3	13
Examens "CE" réalisés	3	3	1	4	4	4	3	22
Examens "THY" réalisés	1	2	1	4	4	4	3	19
Examens réalisés	4	5	2	8	8	8	6	41
Radiopharmaciens	2	2	2	2	2	2	1	2
Examens "CE" réalisés	2	2	2	2	2	2	1	13
Examens "THY" réalisés	0	0	0	2	0	1	1	4
Examens réalisés	2	2	2	4	2	3	2	17
Radiophysiciens	0	0	0	1	2	2	1	2
Examens "CE" réalisés	0	0	0	1	2	2	1	6
Examens "THY" réalisés	0	0	0	1	0	0	0	1
Examens réalisés	0	0	0	2	2	2	1	7
Techniciens en radiopharmacie	1	1	0	0	1	1	1	2
Examens "CE" réalisés	1	1	0	0	1	1	1	5
Examens "THY" réalisés	0	1	0	0	0	0	0	1
Examens réalisés	1	2	0	0	1	1	1	6
Effectif Total	16	15	14	18	23	23	18	45
Examens "CE" réalisés	16	15	14	18	23	22	18	126
Examens "THY" réalisés	2	5	4	10	7	7	6	41
Examens réalisés	18	20	18	28	30	29	24	167

Les manipulateurs en électroradiologie passaient seulement des examens « CE ». Les infirmières et les préparatrices en pharmacie passaient les plus souvent les deux examens. Pour les autres professions, les examens « THY » étaient peu fréquents. En 2014, une manipulatrice en électroradiologie a seulement bénéficié d'une anthropogammamétrie en géométrie « THY ».

3. Résultats des mesures

3.1. Absence de contamination détectée

Près de 80% des examens (132) ont mis en évidence une absence de contamination : 96 examens « CE » (76,2 %) et 36 « THY » (87,8 %). Tous ceux réalisés dans cette deuxième géométrie depuis 2012 (soit 30 examens), étaient vierges de toute contamination. Seuls 24 professionnels (53,3 % de la population) n'ont jamais été contaminés sur les examens réalisés, dont la moitié a participé à plusieurs campagnes (Tableau IV). Ils ont passé 69 anthroporadiamétries dont 57 « CE » et 12 « THY »

Tableau IV Profession et nombre de participations aux campagnes des individus jamais contaminés

Profession	Nombre de participations							Effectif par profession
	1	2	3	4	5	6	7	
Infirmières	1	-	-	-	-	-	-	1
Internes en pharmacie	4	1	-	-	-	-	-	5
Manipulateurs en électroradiologie	4	1	-	2	2	-	1	10
Préparatrices en radiopharmacie	3	2	-	-	-	-	-	5
Radiopharmaciens	-	-	-	-	-	-	1	1
Radiophysiciens	-	1	-	1	-	-	-	2
Techniciens en radiopharmacie	-	-	-	-	-	-	-	0
Total	12	5	0	3	2	0	2	24

3.2. Résultats inférieurs à la Limite de Détection (< LD)

Quinze examens (9 %), 13 « CE » et 2 « THY », ont été rendu avec un résultat inférieur à la limite de détection, ne permettant pas d'affirmer une contamination ni de l'éliminer formellement.

En 2009, pour 2 personnes (préparatrice et infirmière) dont l'examen « CE » objectivait des traces de technétium-99 métastable (^{99m}Tc) inférieures à la limite de détection, une contamination quantifiée à l'iode-131 était retrouvé sur le deuxième examen.

En 2010, pour deux personnes (préparatrice et technicien) dont un des deux examens mettait en évidence des traces d' ^{131}I , la contamination a pu être quantifiée dans la seconde géométrie.

En 2011, une préparatrice voyait ses deux examens objectiver des traces d' ^{131}I (en géométrie « THY ») et du ^{99m}Tc (en géométrie « CE »).

En 2013, pour un manipulateur, l'examen « CE » montrait des traces de thallium-201 inférieures à la limite de détection.

3.3. Examens positifs

3.3.1. Contaminations par année

20 contaminations – soit 12 % d’examens positifs – ont été observées dont plus de la moitié les deux premières années (11) et même le tiers (7) pour la seule année 2009 (Figure 3 Nombre et taux d’examens positifsFigure 3). Trois contaminations ont été mises en évidence sur un examen « THY », 2 en 2009 et 1 en 2010, les autres sur des examens « CE ».

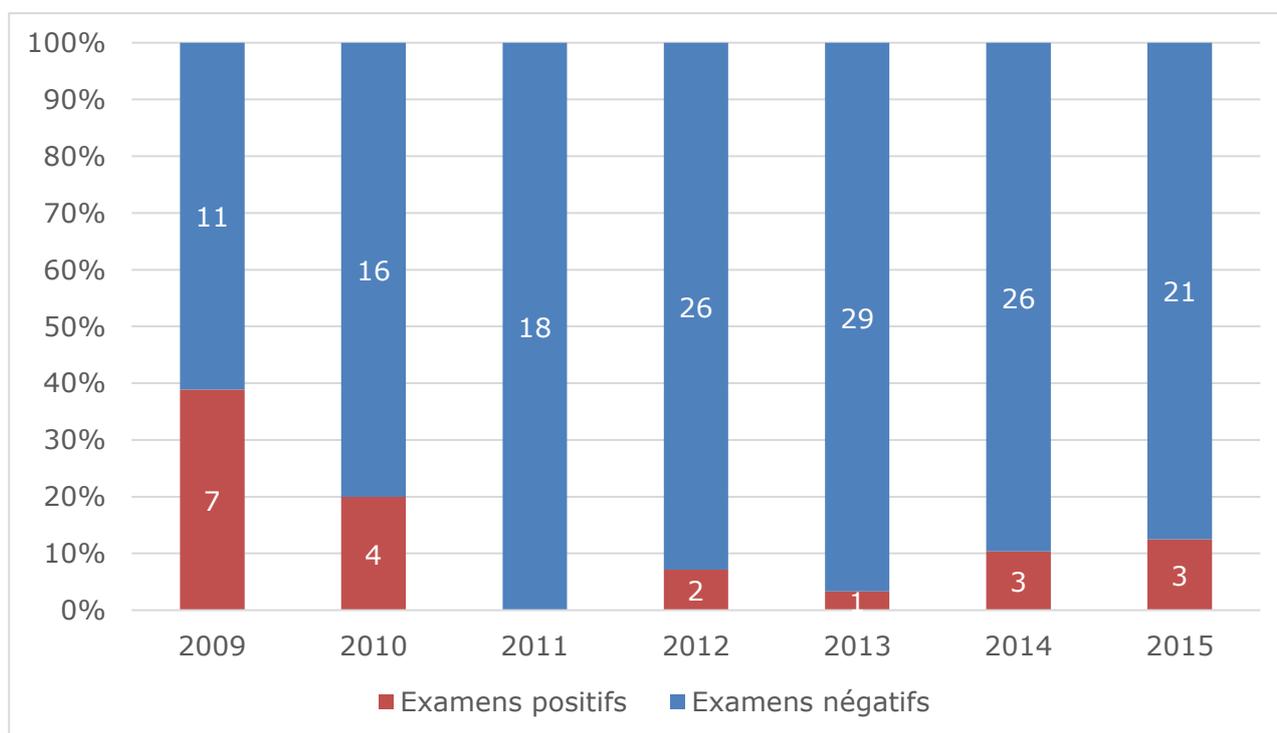


Figure 3 Nombre et taux d’examens positifs

Lors de la première année, 7 personnes sur les 16 examinées étaient contaminées. Par la suite, la proportion de professionnels contaminés a diminué (Figure 4). Les 20 contaminations concernaient 15 personnes. Un individu était contaminé à 3 reprises (2009 ; 2012 et 2015), 3 autres deux fois et 11 personnes étaient contaminées une seule fois. Aucune contamination n'a eu d'impact sanitaire ni même engendré un enregistrement de dose dans SISERI.

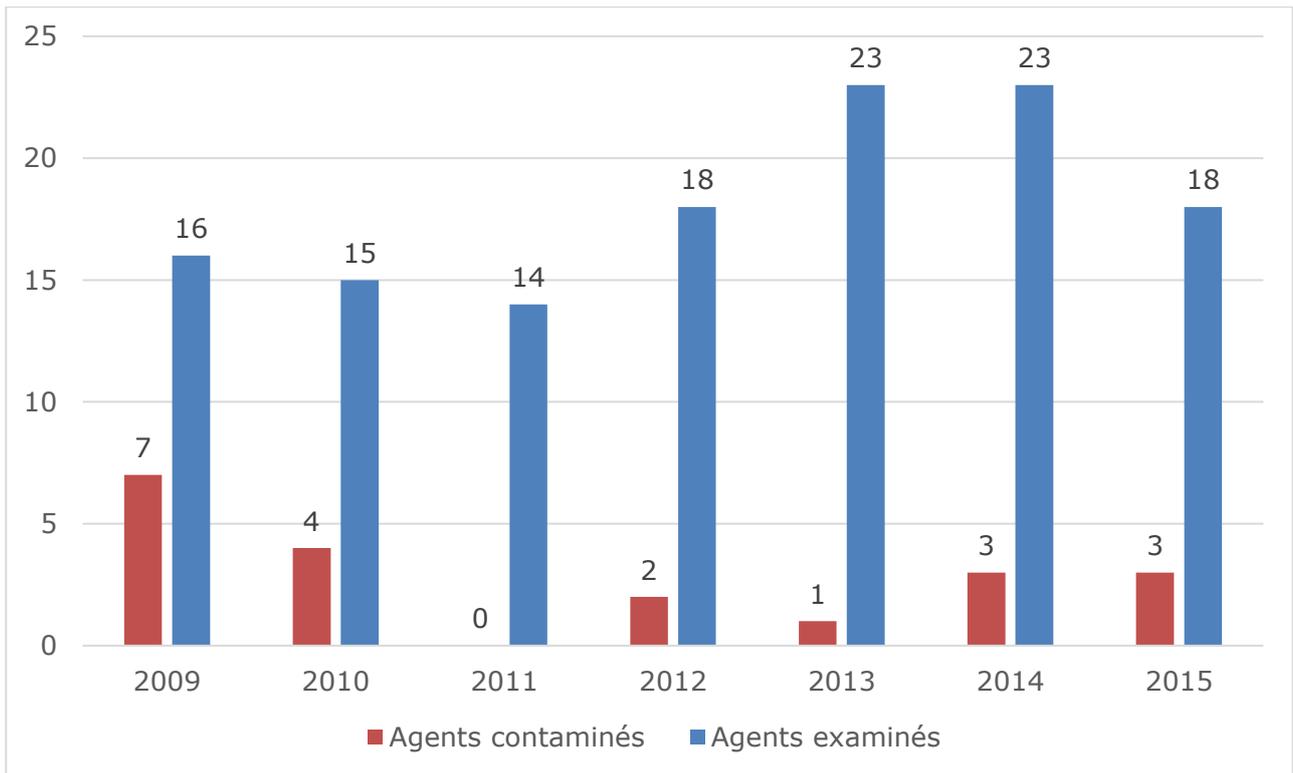


Figure 4 Nombre d'agents contaminés

Sur ces 15 personnes contaminées, 4 l'étaient lors de leur seule participation (2 en 2009, 1 en 2010 et le dernier en 2014) et 2 autres ont été contaminés à chacune de leurs deux participations (un en 2009-2010 et le dernier en 2014-2015). Six des 9 personnes restantes se sont contaminées lors de leur première ou deuxième participation, avant de ne plus l'être sur les campagnes suivantes, essentiellement en 2009 et 2010, certains participant même ensuite à toutes les campagnes.

3.3.2. Contaminations par profession

3.3.2.1. Répartition par profession

Parmi les 20 contaminations observées, un tiers concernait les préparatrices en radiopharmacie (Figure 5). Aucune contamination n'a été observée chez les radiophysiciens et les internes en pharmacie. Une seule contamination a été observée chez les deux radiopharmaciens en 2009. Ce professionnel ne s'est plus contaminé par la suite lors de ses cinq autres participations (2010 à 2014). Le deuxième radiopharmacien ne s'est jamais contaminé en sept participations.

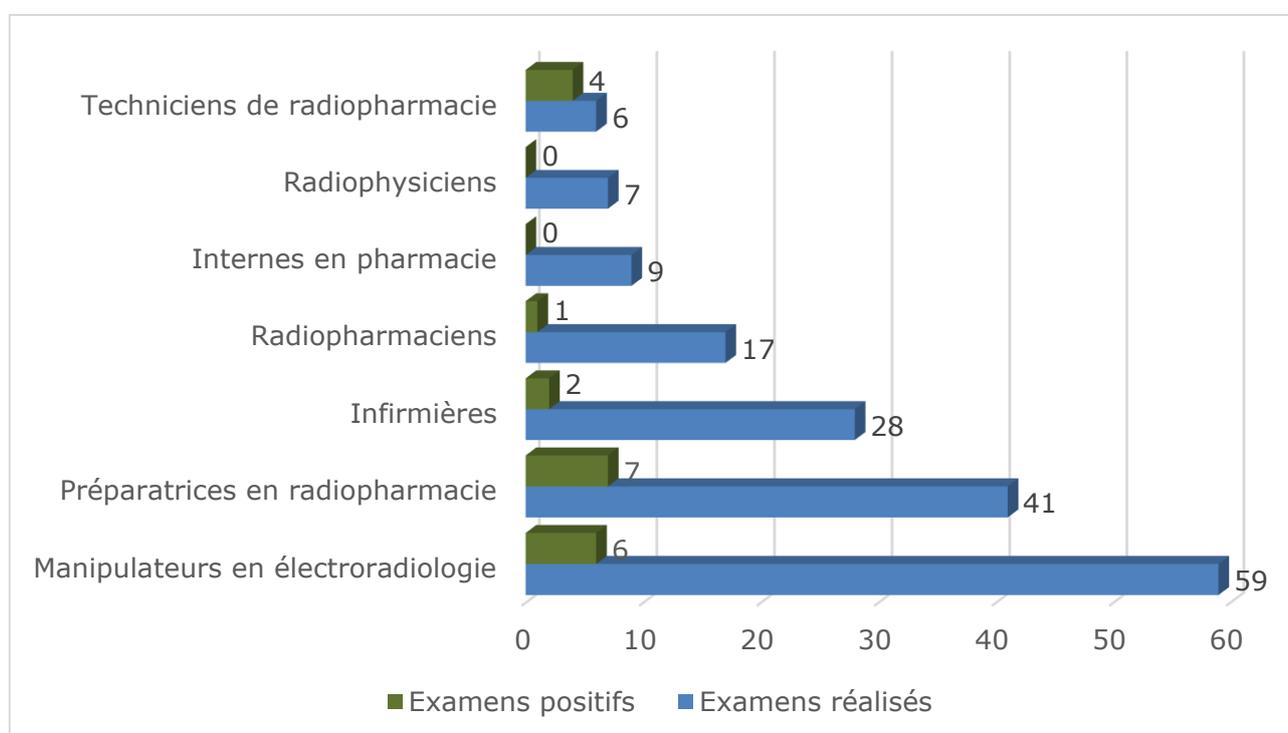


Figure 5 Répartition des examens par profession

3.3.2.2. Préparatrices en radiopharmacie

Sur les 41 examens réalisés, 17,1 % étaient positifs. Parmi les 13 préparatrices en radiopharmacie, 6 étaient contaminées, dont une lors de ses deux participations en 2013 et 2014. Trois l'étaient lors de leur unique participation : 2 en 2009 et une en 2010. Les deux dernières étaient contaminées lors de leur première participation. Une en 2009 et ne l'était plus ensuite en 2010. L'autre en 2010 et ne l'était plus ensuite en 2011, 2013 et 2014.

3.3.2.3. Manipulateurs en électroradiographie

Sur les 59 examens réalisés, 10,2% étaient positifs. Parmi les 15 manipulateurs, 4 étaient contaminés dont un à trois reprises (2009, 2012 et 2015). Une autre, ayant participé aux 7 campagnes, n'était contaminée qu'au cours de sa deuxième participation en 2010. Enfin deux l'étaient au cours de leur troisième participation

3.3.2.4. Infirmières

Deux contaminations ont été observées sur les 28 examens réalisés par les infirmières (7,1 %). La première infirmière était contaminée en 2009 lors de sa première anthropogammamétrie et ne l'a plus été ensuite lors de ses six autres participations (2010 à 2015) et la seconde lors de sa seule participation en 2014.

3.3.2.5. Techniciens en radiopharmacie

Quatre examens étaient positifs sur les 6 réalisés. Les deux techniciens de laboratoire étaient contaminés lors de leurs deux premières participations : le premier en 2009 et 2010 (dernière anthropogammamétrie), le deuxième en 2013 et 2014 et ne l'était pas en 2015.

3.3.3. Contaminations par radioélément

Cinq contaminations à l' ^{131}I ont été observées : deux en 2009 et trois en 2010. Douze contaminations au $^{99\text{m}}\text{Tc}$, réparties sur les sept années de notre étude, ont été objectivées. Elles concernaient presque toutes les professions. Trois contaminations au ^{18}F ont été observées sur deux manipulateurs en électroradiologie (Figure 6).

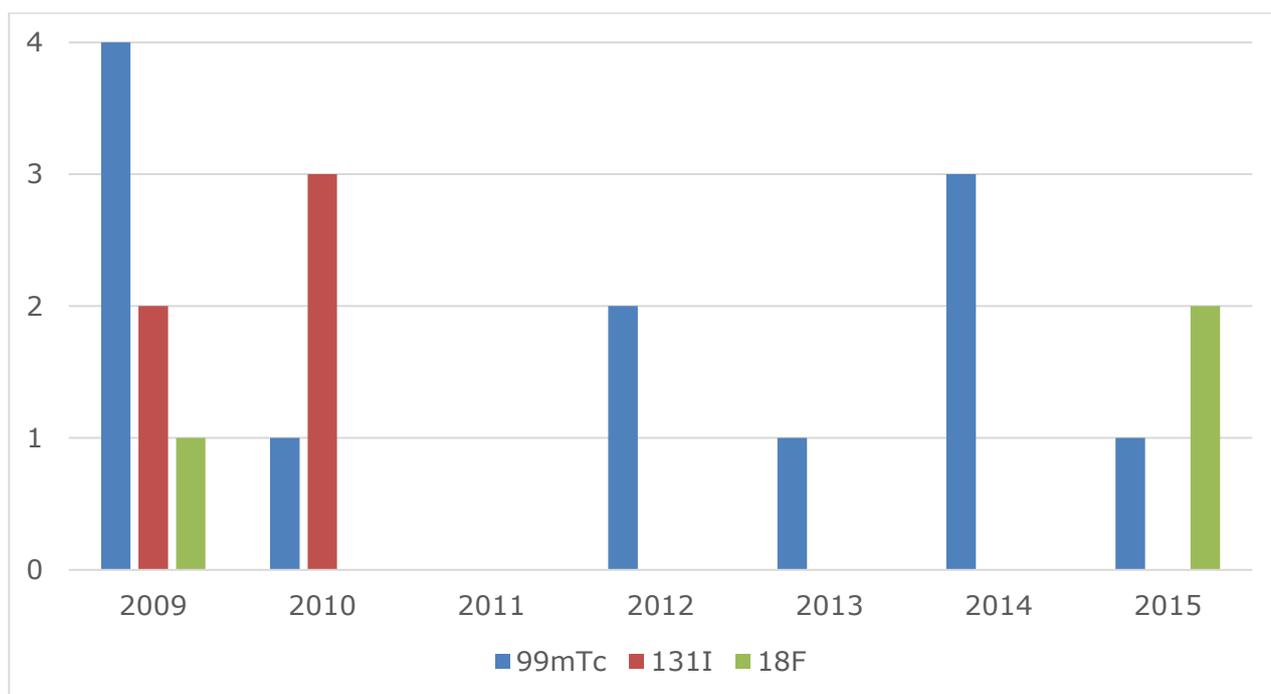


Figure 6 Répartition des contaminations en fonction du radioélément incriminé

3.3.3.1. Contaminations à l'iode-131

Trois de ces contaminations concernaient des préparatrices en radiopharmacie au cours de leur première anthropogammamétrie (plus forte activité mesurée à 120 ± 60 Bq). Une autre intéressait une infirmière en 2009 (activité mesurée à 14 ± 4 Bq). Enfin la dernière concernait un technicien de radiopharmacie au cours de sa deuxième participation en 2010 (activité mesurée à $4,1 \pm 1,6$ Bq).

3.3.3.2. Contaminations au fluor-18

Le premier individu était contaminé à trois reprises dont deux fois au ^{18}F en 2009 et 2015 (activités mesurées à 130 ± 50 Bq et 143 ± 64 Bq). La deuxième personne était également contaminée en 2015 (activité mesurée à 126 ± 61 Bq)

3.3.3.3. Contaminations au technétium-99 métastable

Elles concernaient une infirmière, un radiopharmacien, les deux techniciens de radiopharmacie, 3 préparatrices en radiopharmacie et 3 manipulateurs en électroradiologie. Une préparatrice et une technicienne en radiopharmacie étaient contaminées au cours de deux années consécutives (2014-2015 et 2013-2014).

La plus forte contamination a été mesurée à 3840 ± 1280 Bq en 2009 sur un technicien en radiopharmacie. En 2013, une autre contamination importante a été mesurée à 1290 ± 700 Bq sur la deuxième technicienne en radiopharmacie.

Concernant les manipulateurs, la plus forte contamination a été mesurée à 890 ± 240 Bq en 2010.

Concernant les préparatrices en radiopharmacie, la plus forte contamination a été mesurée à 640 ± 260 Bq en 2009.

Toutes les autres contaminations étaient plus faibles.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Notre revue de la littérature, réalisée via PubMed, n'a pas retrouvé de publication concernant, spécifiquement, la surveillance de la contamination interne du personnel hospitalier. Le CHU d'Angers a été pionnier dans l'instauration d'une surveillance anthroporadiométrique annuelle dès 2009. Notre travail, compte tenu du recul de 7 années dont nous disposons est donc, de ce point de vue, unique et original.

Cependant ce travail, rétrospectif et monocentrique, réalisé sur le personnel du seul service de médecine nucléaire du CHU d'Angers, ne concerne qu'un faible nombre d'agents (45) exposés au risque de contamination interne. Par ailleurs, tout le personnel de ce service, en particulier les médecins nucléaires, ne bénéficie pas de cette surveillance alors qu'ils sont pourtant également exposés mais de façon minime et relativement exceptionnelle. Il en va de même des salariés absents durant la semaine de mesure réalisée par l'IRSN. Dans ce cas de figure, ils ne bénéficient d'aucun autre examen annuel réglementaire.

Les contaminations internes sont inhérentes à l'activité même du service de médecine nucléaire. Celle-ci implique l'utilisation de sources non scellées, sous forme liquide ou aérosols, administrées à des patients dans un but diagnostique ou thérapeutique, ces derniers devenant eux-mêmes des sources radioactives et leurs effluents sont aussi contaminés. La mise en évidence de cette contamination interne est d'autant plus difficile sur le personnel hospitalier, que les radionucléides manipulés ont de très courtes périodes radioactives et que les moyens de contrôle ne sont pas disponibles sur place.

Un écueil de cette méthode de surveillance anthroporadiométrique concerne la périodicité annuelle des examens. Il s'agit, ici, d'une surveillance de contrôle et non d'une surveillance de routine « dosimétrique », telle que définie par la norme ISO 20553 (5) respectant un intervalle maximal de surveillance dépendant des radionucléides utilisés. Une telle surveillance nécessiterait des examens beaucoup plus rapprochés : tous les quinze jours pour l'iode-131 et quotidiens pour le fluor-18. Il n'est pas possible de multiplier le nombre de campagnes de mesures, l'IRSN réalisant ces contrôles sur tout le territoire. Il n'est pas non plus envisagé de revenir à l'ancienne méthode de mesure par analyses radiotoxicologiques urinaires qui ne mettait en évidence aucune contamination au ^{99m}Tc ou ^{18}F , alors que les anthropogammamétries ont justement permis d'en détecter. Il n'est donc pas possible à partir de nos seuls résultats annuels d'extrapoler sur la dosimétrie interne totale reçue par les agents. Ces résultats constituent une « photographie », à un instant donné, de la contamination interne présente ou non sur ces agents. Vu les demi-vies des radionucléides manipulés, une absence de contamination le jour de la mesure permet tout au plus de remonter les 15 jours précédents (pour l' ^{131}I), mais ne permet absolument pas de conclure à une absence ou à une présence de contamination interne pour le reste de l'année. Cependant une contamination interne encore présente lors de l'examen permet de faire un point avec l'agent, son médecin du travail et la PCR sur les situations ayant conduit à ces résultats et sur ses pratiques professionnelles afin de les optimiser.

Le livre blanc de la radioprotection (6) propose d'utiliser, dans le cadre de la surveillance de la contamination interne du personnel hospitalier, les appareils présents dans les services de médecine nucléaire (sondes thyroïdiennes pour les isotopes de l'iode et gamma caméra). Cela est d'ailleurs repris par la dernière norme ISO 16637 (7) qui propose la possibilité d'une surveillance « *in situ* » pour ce personnel. Au CHU d'Angers, ces personnels bénéficient déjà d'une surveillance hebdomadaire supplémentaire à l'aide de la sonde thyroïdienne.

Les sous-populations, représentées par les différentes professions, sont relativement hétérogènes. Cela tient de plusieurs facteurs. Les manipulateurs en électroradiologie sont relativement nombreux dans le service (entre 6 et 11 présents chaque année lors des mesures) et on constate qu'il y a peu de mouvements dans les effectifs (deux tiers d'entre eux ont participé à 3 campagnes ou plus et même un tiers de l'effectif a participé à 6 ou 7 campagnes). A l'inverse concernant les préparatrices en pharmacie, 12 d'entre elles n'ont participé qu'à 1 ou 2 campagnes. Cela est dû à l'organisation du service, afin de limiter les expositions. Quatre personnes sont en poste au laboratoire chaud. Après 18 à 24 mois chaque personne est replacée sur un poste non exposé à la pharmacie conventionnelle. Puis 18 à 24 mois après elle réintègre son poste, en médecine nucléaire.

En instaurant une surveillance de la contamination interne au CHU d'Angers par des examens anthropogammamétriques, la mise en évidence de nombreuses contaminations, auparavant méconnues, était attendue les premières années. Ainsi 38,8 % des examens réalisés en 2009 étaient positifs (7 sur 18). Cela reste inférieur aux résultats nationaux annuels publiés par l'IRSN pour cette même année (8) qui recensaient 34 examens positifs sur 74 réalisés (soit 45,9 %) pour l'ensemble du personnel de médecine nucléaire examiné.

En 2010 au CHU d'Angers, 20 % des examens étaient positifs (4 sur 20) quand 25,68 % de l'ensemble des examens réalisés par l'IRSN, sur le personnel de médecine nucléaire, étaient positifs (28 sur 109) (9)

En 2011 les données publiées par l'IRSN (10) ne donnent pas d'information particulière concernant le nombre d'anthropogammamétries positives observées sur le personnel de médecine nucléaire, cependant aucun examen positif n'était observé à Angers.

En 2012 et 2013 les bilans de l'IRSN (11; 12) ne fournissent pas de donnée particulière concernant le nombre d'anthropogammamétries positives observées sur le personnel de médecine nucléaire. Cependant sur ces deux années, respectivement 7,1 % et 3,33 % des examens seulement, étaient positifs sur le personnel du CHU d'Angers.

Enfin pour les années 2014 et 2015, les publications de l'IRSN (3; 2), ne donnent que les données concernant le milieu médical et vétérinaire, sans détailler plus précisément les chiffres concernant la médecine nucléaire (13,64 % d'examen positifs en 2014 et 22,5 en 2015). Dans le même temps au CHU d'Angers, 10,3 et 12,5 % des examens étaient positifs.

On observe une diminution très importante de la proportion d'examens positifs au CHU d'Angers entre 2009 et 2013. Cela peut probablement s'expliquer par une amélioration des pratiques professionnelles rendue possible par la mise en évidence de contaminations lors des anthropogammamétries. En effet la moitié des contaminations a été observées en 2009 et 2010 alors qu'auparavant le personnel était suivi par examens radiotoxicologiques des urines dont les résultats étaient en permanence négatifs ne mettant en évidence aucune contamination. Ces premiers résultats positifs ont donc permis de mettre en évidence des défauts en matière de radioprotection qui ont ensuite pu être corrigés avec l'intervention des PCR. Ainsi sur les 15 personnes contaminées, 6 l'étaient lors de leur seule participation (2 personnes) ou lors de leurs deux participations (4 individus). Sur les 9 personnes restantes, près de 70 % d'entre elles se sont contaminées uniquement lors de leur première participation. On peut donc penser que ces contaminations mises en évidence par l'anthropogammamétrie ont pu avoir un impact positif sur les pratiques professionnelles et ont permis d'améliorer la propreté radiologique au quotidien.

Parmi les 20 contaminations, un tiers (7 personnes) concernait les préparatrices en radiopharmacie et 30 % (6 individus) les manipulateurs en électroradiologie. Cependant cette première profession n'a passé que 41 examens (soit 24,6 % de tous les examens) quand la deuxième en a passé 59 (35,3 % de tous les examens). Au total 17,1 % des examens étaient positifs chez les préparatrices en radiopharmacie contre 10,2 % chez les manipulateurs. On peut peut-être expliquer cette différence, en plus d'une exposition au poste plus importante, par la rotation des effectifs existants chez les préparatrices en pharmacie. En effet ne restant en poste que 18 à 24 mois, avant de permuter pour limiter les expositions, elles ne peuvent peut-être pas tirer profit du résultat positif d'une anthropogammamétrie en améliorant leur propreté radiologique. Concernant les deux radiopharmaciens une seule contamination a été observée en 2009 sur 17 examens réalisés (5,9 % d'examens positifs). On observe ici une grande propreté radiologique. Pour les infirmières seuls deux contaminations ont été observées sur 28 examens réalisés (7,1 % d'examens positifs). Ces deux contaminations ont été observées sur une première participation. La première était contaminée en 2009 et ne l'a plus été ensuite lors de ses 6 autres participations (2010 à 2015), ce qui peut accréditer l'idée d'une amélioration de la propreté radiologique au quotidien. Concernant les 2 techniciens en radiopharmacie, il n'est pas possible de conclure devant le faible nombre d'examens réalisés (6). Enfin on n'a constaté aucune contamination chez les radiophysiciens du fait d'une très faible exposition au risque de contamination interne.

On a observé 5 contaminations à l'iode-131, toutes dans les premières années des mesures (2009 et 2010) et plus aucune ensuite. Ceci s'explique par le simple fait que l'iode-131 liquide a été substitué en 2011 par des gélules afin de limiter le risque de contamination interne. En effet, lors d'un accident, une importante contamination avait été observée en septembre 2010 (dose efficace engagée de 14 mSv).

On a observé 3 contaminations au fluor-18. Ceci n'aurait pas pu être mis en évidence par les analyses radiotoxicologiques urinaires compte-tenu de la demi-vie de 2 heures du fluor. Ces 3 contaminations ont été observées dans les heures suivantes où elles se sont produites. Les deux contaminations de 2015 concernaient deux manipulateurs en électroradiologie travaillant sur une même paillasse après une erreur de manipulation.

Les trois quarts des contaminations sont imputables au technétium-99 métastable. Ceci n'a rien d'anormal, car c'est le traceur le plus utilisé dans le service. On constate également que ces contaminations intéressent toutes les professions qui sont toutes amenées à le manipuler. La plus importante contamination au ^{99m}Tc est survenue en 2009. Celle-ci concernait un technicien en radiopharmacie. Cette mise en évidence a permis de comprendre, avec l'agent, les raisons de cette contamination, imputables à de mauvaises pratiques de laboratoire, et de les corriger.

On peut vraisemblablement penser que les individus passant les anthropogammamétries lors de la semaine de mesure réalisée par l'IRSN, sont encore plus attentifs à la propreté radiologique ou au moins autant que le reste de l'année. On peut donc supposer que les contaminations observées, sur une semaine, existent toute l'année mais qu'elles ne peuvent être mises en évidence faute de moyens de mesure. Aucune contamination, prise séparément, n'a eu d'impact sanitaire, n'a engendré de calcul de dose ou d'enregistrement d'une dose dans SISERI. On a tout de même pu mettre en évidence, par exemple, trois contaminations différentes chez un manipulateur en électroradiologie entre 2009 et 2015. Cela permet de s'interroger sur l'impact sanitaire d'une faible exposition régulière à la contamination interne, au cours d'une carrière.

Aucune étude épidémiologique n'est retrouvée sur la problématique de la contamination interne sur le personnel hospitalier. Cependant et par analogie, les travailleurs du nucléaire, que ce soit en France ou à l'étranger, font très régulièrement l'objet d'un suivi épidémiologique approfondi durant de nombreuses années au cours de leur carrière. Récemment l'étude épidémiologique internationale INWORKS (International Nuclear Workers Study), de très forte puissance statistique, a regroupé les cohortes des travailleurs du nucléaire de la France, du Royaume-Uni et des Etats-Unis. Elle est constituée de 308 297 travailleurs suivis en moyenne 27 années et a pour but de mieux appréhender les effets des rayonnements liés à une exposition chronique à de faibles doses délivrées à de faibles débits de dose. La cohorte française comportant des travailleurs d'AREVA NC, du CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) et d'EDF est constituée de près de 60 000 individus embauchés au moins un an, entre la fin des années 1940 et 1994. Ce suivi épidémiologique concerne seulement l'exposition externe. Levraud et al (13) ont ainsi montré dans cette cohorte un excès de risque relatif de décès par leucémie (leucémie lymphoïde chronique exceptée) de 2,96 par Gy (IC90% = 1,17-5,21). Richardson et al (14) ont montré un excès de risque relatif de décès par cancer (hors leucémie) de 0,48 par Gy (IC 90% = 0,20-0,79). Le risque de cancer solide augmente avec la dose (5% pour 100 mSv). Ils estiment que pour cette cohorte, sur 200 décès par cancer (hors leucémie), 2 sont liés à l'exposition professionnelle. Parmi les travailleurs dont la dose reçue en carrière est d'au moins 5 mSv, sur 200 décès par cancer (leucémie exclue), 5 sont liés à l'exposition professionnelle.

En conclusion cette étude a mis en évidence, comme attendu, des contaminations sur le personnel de médecine nucléaire, auparavant méconnues notamment en 2009 et 2010. Elle a permis de mettre en exergue un nombre important de contaminations concernant les préparatrices en radiopharmacie et les techniciens en radiopharmacie, postes les plus exposants. On a observé le plus souvent des contaminations au ^{99m}Tc , traceur le plus utilisé dans le service. Cinq faibles contaminations à l' ^{131}I ont pu être mises en évidence par les anthropogammamétries avant la substitution de l'iode liquide par des gélules en 2011. On a aussi pu mettre en évidence des contaminations au ^{18}F malgré une période radioactive très courte ce qui n'aurait pu être fait par radiotoxicologie urinaire. Un nombre important de contaminations a été observé en 2009 et 2010. Ce nombre est en fort recul les années suivantes, témoin d'une amélioration de la propreté radiologique des agents et d'une surveillance attentive de la part des PCR. Cependant ces résultats ne sont le fait de mesures annuelles de la contamination interne du personnel et ne préjugent pas de ceux d'une surveillance de routine dosimétrique. Celle-ci est très difficile à mettre en place sur le personnel hospitalier du fait des radionucléides manipulés et de l'absence d'installations de mesure sur place. Le CHU d'Angers doit recourir aux installations mobiles de l'IRSN une fois par an. On peut s'interroger sur un éventuel impact sanitaire de micro-contaminations régulières au cours de la carrière de ces agents compte tenu des résultats de l'étude INWORKS sur l'exposition externe. Il serait intéressant de pouvoir les quantifier pour pouvoir évaluer leurs effets. Le développement de nouvelles méthodes « *in situ* » avec le matériel présent dans les services de médecine nucléaire (gamma caméra et sondes thyroïdiennes) devrait à l'avenir permettre cette surveillance.

BIBLIOGRAPHIE

1. **International Atomic Energy Agency.** Assessment of occupational exposure due to intakes of radionuclides. *Safety Standards Series, Safety Guide.* 02 November 1999. RS-G 1.2.
2. **Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire.** *La radioprotection des travailleurs : Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2015.* Juin 2016. PRP-HOM 2016-00002.
3. —. *La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2014.* Juillet 2015. PRP-HOM/2015-00004.
4. **International Organization for Standardization (ISO).** ISO 11929:2010 - Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle de confiance) pour mesurages de rayonnements ionisants - Principes fondamentaux et application. Mars 2010.
5. —. ISO 20553:2006 - Radioprotection -- Surveillance professionnelle des travailleurs exposés à un risque de contamination interne par des matériaux radioactifs. Avril 2006.
6. **Direction Générale du Travail.** *Surveillance radiologique des expositions des travailleurs - Livre Blanc.* Juin 2015.
7. **International Organization for Standardization (ISO).** ISO 16637:2016 - Radioprotection -- Surveillance et dosimétrie interne des travailleurs exposés lors des utilisations médicales des radioéléments en sources non scellées. Février 2016.
8. **Institut de Radioprotection et de Sureté Nationale.** *La radioprotection des travailleurs - Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2009.* Septembre 2010. DRPH/DIR/2010-14.

9. **Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire.** *La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2010.* Septembre 2011. DRPH/DIR/2011-19.
10. —. *La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2011.* Juin 2012. PRP-HOM/2012-007.
11. —. *La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2012.* Juillet 2013. PRP-HOM/2013-008.
12. —. *La radioprotection des travailleurs – Exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France : bilan 2013.* Juillet 2014. PRP-HOM/2014-007.
13. **Levraud, Klervi, et al.** Ionizing Radiation and Leukaemia and Lymphoma : Findings from an international cohort study of radiation-monitored workers (INWORKS). *The Lancet Haematol.* 22 Juin 2015, Vol. 2, pp. 276-81.
14. **Richardson, Robert D, Cardis, Elisabeth et Daniels, Robert D.** Risk of cancer from occupational exposure to ionising radiation : retrospective cohort study of workers in France, the United Kingdom and the United States (INWORKS). *BMJ.* 2015, Vol. 351.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Répartition des effectifs de la population étudiée par profession.....	8
Figure 2 Répartition de la population selon le sexe	8
Figure 3 Nombre et taux d'examens positifs	15
Figure 4 Nombre d'agents contaminés.....	16
Figure 5 Répartition des examens par profession	17
Figure 6 Répartition des contaminations en fonction du radioélément incriminé	19

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I Description de la population par année	9
Tableau II Nombre de participations aux campagnes de mesures selon la profession	10
Tableau III Examens réalisés par année et par profession	12
Tableau IV Profession et nombre de participations aux campagnes des individus jamais contaminés.....	13

LEXIQUE

Ces définitions sont issues de la norme ISO 11929 :2010 (Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle de confiance) pour mesurages de rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications) et du guide ISO/CEI 99 :2007 (Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés)

Mesurande

Grandeur que l'on veut mesurer. Il est non négatif et quantifie un effet de rayonnement nucléaire. Cet effet n'est pas présent si la valeur vraie du mesurande est zéro.

Résultat d'un mesurage

Ensemble de valeurs attribuées à un mesurande, complété par toute autre information pertinente disponible.

Incertitude de mesure

Paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des valeurs attribuées à un mesurande, à partir des informations utilisées. Elle comprend généralement plusieurs composantes. Certaines peuvent être évaluées grâce à la distribution statistique des résultats de séries de mesurages et peuvent être caractérisées par des écarts-type expérimentaux. Les autres composantes, qui peuvent également être caractérisées par des écarts-types, sont évaluées à partir de distributions de probabilité supposées ou connues et basées sur l'expérience ainsi que sur d'autres informations.

Seuil de décision

Valeur de l'estimateur du mesurande telle que, quand le résultat d'une mesure réelle utilisant une procédure de mesure donnée d'un mesurande quantifiant le phénomène physique lui est supérieur, on décide que le phénomène physique est présent. Il est défini de manière que, dans le cas où le résultat du mesurage, y , dépasse le seuil de décision, γ^* , la probabilité que la valeur vraie du mesurande soit nulle est inférieure ou égale à la probabilité choisie, α . Si le résultat, y , est inférieur au seuil de décision, γ^* , le résultat ne peut pas être attribué à l'effet physique ; néanmoins, il ne peut pas être conclu qu'il est absent.

Limite de détection

Plus petite valeur vraie du mesurande qui garantit une probabilité spécifiée qu'il soit détectable par la méthode de mesure. Avec le seuil de décision, définit ci-dessus, la limite de détection est la plus petite valeur vraie du mesurande pour laquelle la probabilité de décider de façon erronée que la valeur vraie du mesurande est nulle est égale à une valeur spécifiée, β , quand, en réalité, la valeur vraie du mesurande n'est pas nulle.

Extrémités de l'intervalle de confiance

Valeurs qui définissent un intervalle de confiance contenant la valeur vraie du mesurande avec une probabilité spécifiée.

Bruit de fond

Effet du mesurage provoqué par des rayonnements autres que ceux occasionnés par l'objet de mesurage lui-même.

TABLE DES MATIERES

RESUME.....	3
INTRODUCTION.....	4
MÉTHODES	6
RÉSULTATS.....	8
1. Population étudiée	8
1.1. Professions représentées	8
1.2. Description de la population par année	9
1.3. Nombres et années de participations aux campagnes.....	10
1.3.1. Préparatrices en radiopharmacie	10
1.3.2. Manipulateurs en électroradiologie.....	11
1.3.3. Autres professions.....	11
2. Examens réalisés	12
3. Résultats des mesures.....	13
3.1. Absence de contamination détectée.....	13
3.2. Résultats inférieurs à la Limite de Détection (< LD)	14
3.3. Examens positifs.....	15
3.3.1. Contaminations par année.....	15
3.3.2. Contaminations par profession	17
3.3.2.1. Répartition par profession.....	17
3.3.2.2. Préparatrices en radiopharmacie.....	17
3.3.2.3. Manipulateurs en électroradiographie	18
3.3.2.4. Infirmières	18
3.3.2.5. Techniciens en radiopharmacie.....	18
3.3.3. Contaminations par radioélément	19
3.3.3.1. Contaminations à l'iode-131.....	19
3.3.3.2. Contaminations au fluor-18.....	20
3.3.3.3. Contaminations au technétium-99 métastable	20
DISCUSSION ET CONCLUSION	21
BIBLIOGRAPHIE	29
LISTE DES FIGURES.....	31
LISTE DES TABLEAUX	32
LEXIQUE.....	33
TABLE DES MATIERES.....	35
LISTE DES ANNEXES	I

LISTE DES ANNEXES

Annexe I Laboratoire Mobile d'Anthropogammamétrie de l'IRSN.....	II
Annexe II Chambre Anthropogammamétrique du LMA de l'IRSN avec ses deux détecteurs .	III
Annexe III Compte-rendu d'analyse anthroporadiamétrique	IV



Photo issue de la bibliothèque du service de santé au travail du CHU d'Angers



IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

LEDI-FRM-04 ind 5

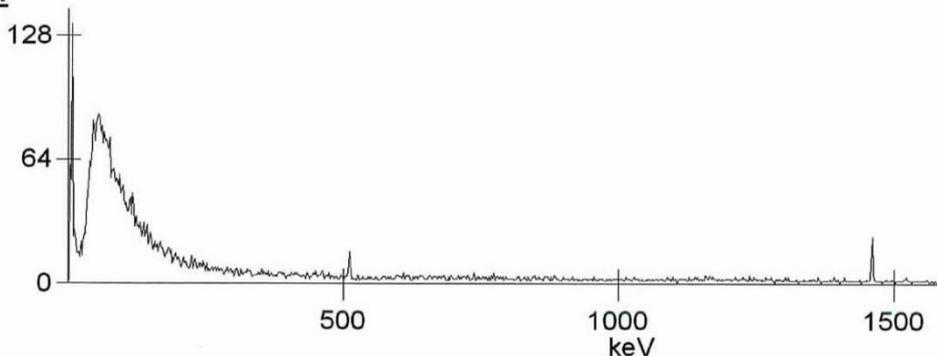
Compte rendu d'analyse ANTHROPORADIOMETRIQUE

CONFIDENTIEL MEDICAL

N° Compte Rendu : LMA2-09-011-CE
Référence du courrier : SDI/LEDI/2009-360

<u>Médecin prescripteur :</u> Docteur RIPAULT Bruno Service de Santé au Travail 4 rue Larrey 49 933 ANGERS CEDEX 9	<u>Employeur :</u> CHU Angers Hôpital Larrey - 4 rue Larrey 49 933 ANGERS CEDEX 9	<u>Personne mesurée :</u>
<u>Technique :</u> Spectro GAMMA (Cellule Lourde Ge)		<u>Date de l'examen :</u> 07/10/2009 à 11:33
<u>Installation :</u> LMA2 (In Vivo Corps Entier)		<u>Type de surveillance :</u> systématique

Spectre :



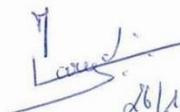
Résultats :

Radionucléide(s) naturel(s)

- Potassium 40 : Activité (^{40}K) = (3,02 +/- 1,57) kBq.

Radionucléide(s) artificiel(s)

- Aucune trace de radioélément artificiel n'a été détectée.


26/10/2009
M. Zaryah
Responsable Mesure


09/10/09
D. Franck
Chef du laboratoire - Responsable Technique

Rapport-gratuit.com 
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Anthropogammamétries au CHU d'Angers de 2009 à 2015

RÉSUMÉ

Introduction : Le personnel hospitalier manipule des radionucléides de période radioactive très courte. La détection de la contamination interne, dépend de la méthode utilisée (analyses radiotoxicologiques urinaires ou anthropogammamétrie).

Matériels et Méthodes : Cette étude descriptive rétrospective sur dossiers, a été menée à partir des examens anthropogammamétriques réalisés par l'IRSN, entre 2009 et 2015, sur 45 professionnels de médecine nucléaire du CHU d'Angers.

Résultats : Vingt contaminations ont été observées sur cette période dont 11 en 2009 et 2010. Sept contaminations concernaient des préparatrices en pharmacie et 6 des manipulateurs en électroradiographie. Cinq contaminations à ^{131}I ont été observées en 2009-2010 avant substitution de l'iode liquide par des gélules. Trois contaminations étaient imputables au ^{18}F sur 2 manipulateurs en électroradiographie. Les 15 autres contaminations observées, concernant toutes les professions de notre population, étaient dues au $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Conclusion : La détection de contaminations, auparavant méconnues, a permis d'améliorer la propreté radiologique en se réinterrogeant, avec les agents contaminés, sur les situations ayant conduit à ces résultats et sur les pratiques professionnelles. Le développement de nouvelles méthodes « *in situ* » avec le matériel présent dans les services de médecine nucléaire (gamma caméra et sondes thyroïdiennes) devrait à l'avenir simplifier cette surveillance.

Mots-clés : Surveillance, Contamination interne, Anthropogammamétrie, Médecine nucléaire

Whole-body gamma measurement in the Angers hospital between 2009 to 2015

ABSTRACT

Introduction: Hospital staff handles radionuclides of very short half-lives. The detection of internal contamination depends on the method chosen (urinary Radiotoxicology or whole-body gamma measurement).

Materials and Methods: This descriptive study on retrospective cases was conducted from anthropogammametric examinations done by IRSN, between 2009 and 2015 of 45 nuclear medicine professionals in the Angers hospital.

Results: 20 contaminations were observed during this period, including 11 in 2009 and 2010. 7 contaminations involved in pharmacy preparers and 6 in radiographers. 5 contaminations with ^{131}I were observed in 2009-2010 before substitution of the liquid iodine by capsules. 3 contaminations were attributable to ^{18}F on 2 radiographers. The other 15 observed contaminations, for all professions of our population were due to $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Conclusion: The detection of contamination, previously unknown, has improved radiological cleanliness by asking, with contaminated agents, on the issues which led to these results and on professional practices. The development of new methods "in situ" with the material present in the nuclear medicine departments (gamma camera and thyroid probe) should in future simplify this monitoring.

Keywords : Surveillance, Internal contamination, Whole-body gamma measurement, Nuclear medicine