



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*

**IRSN**

INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# ANALYSE DES DONNEES RELATIVES A LA MISE A JOUR DES NIVEAUX DE REFERENCE DIAGNOSTIQUES EN RADIOLOGIE ET EN MEDECINE NUCLEAIRE

## BILAN 2019-2021





# L'EXPERT PUBLIC DES RISQUES NUCLEAIRES ET RADIOLOGIQUES

*Expertiser, rechercher, protéger, anticiper, partager, telles sont les missions de l'IRSN au service des pouvoirs publics et de la population.*

*La singularité de l'Institut réside dans sa capacité à associer chercheurs et experts pour anticiper les questions à venir sur l'évolution et la maîtrise des risques nucléaires et radiologiques.*

*Les femmes et les hommes de l'IRSN ont à cœur de faire connaître leurs travaux et de partager leurs savoirs avec la société. Ils contribuent ainsi à améliorer l'accès à l'information et le dialogue avec les parties prenantes.*

*L'Institut concourt aux politiques publiques de sûreté et sécurité nucléaires, de santé, d'environnement et de gestion de crise.*

*Établissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC), sous la tutelle conjointe du ministre chargé de l'Environnement, du ministre de la Défense, et des ministres chargés de l'Énergie, de la Recherche et de la Santé, l'IRSN inscrit pleinement son action dans les politiques de modernisation de l'État avec sa démarche de management des risques et la mise en œuvre d'une politique globale en matière de responsabilité sociétale*

*Les progrès technologiques et les évolutions des techniques utilisant des rayonnements ionisants, dans le domaine de l'imagerie, de la radiothérapie et de la médecine nucléaire sont très rapides. L'apport essentiel de ces techniques n'est plus à démontrer comme l'atteste l'augmentation régulière de la durée de vie des patients.*

*Evaluer régulièrement les risques associés à ces évolutions en regard des bénéfices thérapeutiques est au cœur des missions de l'IRSN. L'optimisation des pratiques utilisant des rayonnements ionisants est aussi un objectif constant de l'Institut.*

*Pour remplir ces missions dans ces domaines, l'IRSN :*

- réalise des expertises au profit des autorités et plus généralement des pouvoirs publics ;
- exerce la surveillance de l'exposition des patients, des personnels médicaux et du public ;
- recueille et analyse des données permettant la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques pour les praticiens.

*En appui de ces activités d'expertise et de surveillance, pour être au meilleur niveau des connaissances, l'Institut conduit des programmes de recherche en collaboration avec des équipes hospitalières, et des partenaires nationaux, européens et internationaux.*



## RESUME

En application de la réglementation relative aux niveaux de référence diagnostiques (NRD) et notamment la décision de l'ASN n°2019-DC-0667, les établissements de radiologie et de médecine nucléaire doivent transmettre annuellement à l'IRSN des données dosimétriques relatives aux actes d'imagerie dont ont bénéficié leurs patients. L'IRSN est chargé d'analyser ces données en vue de la mise à jour des valeurs des NRD.

Ce rapport présente les résultats de l'analyse des données recueillies sur la période 2019-2021. Ces résultats ont été comparés aux valeurs de NRD en vigueur depuis juillet 2019 afin d'examiner la nécessité d'une mise à jour.

Ce septième bilan de l'analyse des données françaises relatives aux NRD permet d'établir un état des lieux de la mise en œuvre des modalités introduites par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667, en particulier en pédiatrie et en radiologie interventionnelle.

La participation des établissements apparaît comme stabilisée autour de 50% pour la radiologie conventionnelle, et 90% pour la scanographie et la médecine nucléaire. La participation a été très importante pour la radiologie interventionnelle nouvellement introduite par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667.

Chez l'adulte, l'analyse des données collectées de 2019 à 2021 montre que les valeurs du 75<sup>e</sup> centile sont inférieures aux valeurs des NRD en vigueur dans tous les domaines : de 20 % à 30 % en radiologie conventionnelle, de 30 % à 54 % en radiologie interventionnelle, de 14 % à 60 % en scanographie et de 1 % à 22 % en médecine nucléaire. Cette analyse montre également une baisse globale des valeurs du 75<sup>e</sup> centile des indicateurs dosimétriques par rapport à la période 2016-2018, de 19 % en radiologie conventionnelle, 8 % en scanographie et 4 % en médecine nucléaire.

En pédiatrie, il est noté une augmentation du nombre d'évaluations exploitables reçues. Cependant, le nombre total de données reçues reste trop faible pour obtenir une robustesse statistique pour la majorité des examens.

Sur la base de l'analyse des évaluations dosimétriques transmises à l'IRSN au cours de la période 2019-2021, de résultats d'analyses complémentaires conduites par l'IRSN en collaboration avec les professionnels de santé et de la consultation de ces derniers, ainsi que d'avis d'expertise produits à la demande de l'ASN, l'IRSN formule les recommandations suivantes :

- Du fait de la baisse globale des valeurs du 75<sup>e</sup> centile des indicateurs dosimétriques réviser les valeurs de NRD dans tous les domaines, en priorisant la scanographie pour laquelle une évolution vers des NRD par indication clinique doit être envisagée ;
- faire évoluer la définition de certains NRD et les données collectées. Par exemple, en radiologie interventionnelle, ajouter le kerma dans l'air au point de référence comme indicateur dosimétrique complémentaire au PDS et au temps de scopie, en médecine nucléaire, définir un seul NRD en termes d'activité massique (MBq/kg) pour les examens qui s'y prêtent, et, en scanographie, faire évoluer les NRD pour prendre en compte les indications cliniques tel que déjà recommandé dans le précédent bilan ;
- définir de nouveaux NRD. Par exemple, en radiologie conventionnelle, créer un NRD pour la tomosynthèse mammaire et le CBCT dentaire sur la base des recommandations formulées par l'IRSN dans ses avis publiés fin 2021 et début 2023 respectivement . En radiologie interventionnelle, envisager de créer un NRD en rythmologie, et, en médecine nucléaire, engager une concertation avec les professionnels de santé sur la mise en place de NRD pour de nouveaux examens en particulier en TEP ;
- envisager la suppression des NRD associés à certains examens devenus peu fréquents, tels que la scintigraphie rénale au DTPA ainsi que la scintigraphie cérébrale à l'ECD et HMPAO en médecine nucléaire ou le rachis dorsal de profil en radiologie conventionnelle ;
- en pédiatrie, poursuivre les efforts pour la transmission des données.

## ABSTRACT

In order to comply with the French regulations regarding the diagnostic reference levels (DRL), healthcare facilities performing medical imaging procedures are required to send samples of “patient” dosimetric data to the IRSN each year.

IRSN is in charge of the analysis of this data in order to update the DRL values.

This report presents the results of the analysis of dosimetric data over the period 2019-2021. Results are compared to DRL values defined by the regulations in force since July 2019 to examine the need for an update.

This seventh report on the analysis of French DRL data provides a status regarding the implementation of the new modalities introduced by ASN decision n°2019-DC-0667, particularly in pediatrics and interventional radiology.

The participation of professionals appears to be stabilized around 50% in conventional radiology and 90% in CT and nuclear medicine. Participation was very high for interventional radiology, newly introduced by ASN decision n°2019-DC-0667.

In adults, the analysis of the data collected from 2019 to 2021 shows that the 75th percentile values are lower than the DRL values in force in all areas: from 20% to 30% in conventional radiology, from 30% to 54% in interventional radiology, from 14% to 60% in CT and from 1% to 22% in nuclear medicine. This analysis also shows an overall decrease in the 75th percentile values of dosimetric indicators compared to the period 2016-2018, by 19% in conventional radiology, 8% in CT and 4% in nuclear medicine.

In pediatrics, an increase in the number of usable data received is noted. However, the total number of data received remains too low to obtain statistical robustness for the majority of examinations.

On the basis of the analysis of dosimetric data transmitted to IRSN during the period 2019-2021 and the results of additional analyses conducted by IRSN in collaboration with health professionals, IRSN makes the following recommendations:

- due to the overall decrease in the 75th percentile values of the dosimetric indicators, revise the DRL values in all areas, prioritising CT for which a move towards DRLs by clinical indication should be considered;
- change the definition of some DRLs and the data collected. For example, in interventional radiology, add the air kerma to the reference point as a dosimetric indicator complementary to the dose area product and the scopy time, in nuclear medicine, define a single DRL in terms of mass activity (MBq/kg) and, in CT, develop the DRLs to take into account the clinical indications as recommended in the previous IRSN report;
- define new DRLs. For example, in conventional radiology, create a DRL for digital breast tomosynthesis and dental CBCT based on the recommendations proposed by IRSN in its opinions published at the end of 2021 and the beginning of 2023 respectively. In interventional radiology, consider creating a DRL in rythmology, and in nuclear medicine, consider setting up DRLs for new examinations, particularly in PET;
- consider removing the DRLs associated with certain examinations that have become infrequent, such as renal scintigraphy with DTPA as well as brain scintigraphy with ECD and HMPAO in nuclear medicine or the profile dorsal spine in conventional radiology;
- in pediatrics, continue efforts to transmit data.

# SOMMAIRE

1. INTRODUCTION .....	9
2. LE RECUEIL ET L'ANALYSE DES DONNEES RELATIVES AUX NIVEAUX DE REFERENCE DIAGNOSTIQUES.....	10
2.1 RAPPEL REGLEMENTAIRE .....	10
2.2 NATURE DES DONNEES COLLECTEES.....	11
2.3 RECUEIL DES DONNEES.....	11
— Modalités du recueil.....	11
— Période de recueil.....	11
2.4 ANALYSE DES DONNEES .....	12
— Critères de validation des données.....	12
— Sélection des données pour l'analyse .....	12
— Indicateurs statistiques .....	13
— Présentation des résultats d'analyses.....	14
2.5 CONSULTATION DES PARTIES PRENANTES .....	15
3. RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE.....	17
3.1 CONTRIBUTION DES SERVICES.....	17
— Radiologie conventionnelle (hors cabinets dentaires) .....	17
— Cabinets dentaires.....	17
3.2 DISTRIBUTION DES DONNEES PAR TYPE D'EXAMEN .....	19
— Examens réalisés chez l'adulte .....	19
— Examens réalisés chez l'enfant .....	20
3.3 SYNTHESE DES RESULTATS EN RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE.....	21
— Examens réalisés chez l'adulte .....	21
— Examens réalisés chez l'enfant .....	23
4. RADIOLOGIE INTERVENTIONNELLE.....	30
4.1 CONTRIBUTION DES SERVICES.....	30
4.2 DISTRIBUTION DES DONNEES PAR TYPE D'ACTE.....	31
4.3 SYNTHESE DES RESULTATS EN RADIOLOGIE INTERVENTIONNELLE .....	31
5. SCANOGRAPHIE .....	36
5.1 CONTRIBUTION DES SERVICES.....	36
5.2 DISTRIBUTION DES DONNEES PAR TYPE D'EXAMEN .....	37
— Examens réalisés chez l'adulte .....	37
— Examens réalisés chez l'enfant .....	38
5.3 SYNTHESE DES RESULTATS EN SCANOGRAPHIE .....	38
— Examens réalisés chez l'adulte .....	38
— Examens réalisés chez l'enfant .....	40
6. MEDECINE NUCLEAIRE .....	44
6.1 CONTRIBUTION DES SERVICES.....	44

62 DISTRIBUTION DES DONNEES PAR TYPE D'EXAMEN .....	45
— Examens réalisés chez l'adulte .....	45
— Examens réalisés chez l'enfant .....	46
63 SYNTHESE DES RESULTATS EN MEDECINE NUCLEAIRE .....	47
— Examens réalisés chez l'adulte .....	47
— Examens réalisés chez l'enfant .....	49
<b>7. LES NRD : SYNTHESE, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>54</b>
7.1 SYNTHESE .....	54
7.2 RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	54
7.3 CONCLUSIONS .....	55
<b>8. GLOSSAIRE .....</b>	<b>56</b>
ABREVIATIONS.....	56
INTITULES DES TYPES D'EXAMEN DE MEDECINE NUCLEAIRE.....	58
<b>9. REFERENCES.....</b>	<b>59</b>
<b>10. ANNEXE.....</b>	<b>61</b>
<b>ANALYSES DETAILLEES PAR DOMAINE D'ACTIVITE ET PAR TYPE</b>	
<b>D'EXAMEN .....</b>	<b>61</b>
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Thorax de face (PA).....	62
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte - Thorax de profil .....	64
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Abdomen sans préparation.....	66
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Bassin de face (AP).....	68
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Hanche.....	70
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Rachis cervical .....	72
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Rachis dorsal de face.....	74
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Rachis dorsal de profil.....	76
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Rachis lombaire de face .....	78
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Rachis lombaire de profil .....	80
— Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Orthopantomographie.....	82
— Radiologie Conventionnelle chez l'enfant – Thorax de face (AP) chez l'enfant de 5	
à < 10 kg .....	84
— Radiologie Conventionnelle chez l'enfant – Thorax de face (PA) chez l'enfant de	
10 à < 20 kg.....	85
— Radiologie Conventionnelle chez l'enfant – Thorax de face (PA) chez l'enfant de	
20 à < 30 kg.....	86
— Radiologie Conventionnelle chez l'enfant – Bassin (AP) chez l'enfant de 15 à <	
25 kg.....	87
— Radiologie Conventionnelle chez l'enfant – Rachis total face (hors technologie	
chambre à fils) chez l'enfant de 30 à < 50 kg.....	88
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Coronarographie .....	89
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Angioplastie des artères coronaires .....	91
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Artériographie cérébrale.....	93

— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Embolisation d'un anévrisme cérébral .....	95
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Chimio-embolisation hépatique .....	97
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Embolisation des artères bronchiques .....	99
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Embolisation d'un fibrome utérin.....	101
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS).....	103
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Drainage biliaire avec pose de prothèse .....	105
— Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Vertébroplastie .....	107
— Scanographie chez l'adulte – Encéphale .....	109
— Scanographie chez l'adulte – Thorax.....	111
— Scanographie chez l'adulte – Thorax-Abdomen-Pelvis.....	113
— Scanographie chez l'adulte – Abdomen-Pelvis.....	115
— Scanographie chez l'adulte – Rachis Lombaire.....	117
— Scanographie chez l'adulte – Sinus de la face .....	119
— Scanographie chez l'adulte – Thorax-Abdomen .....	121
— Scanographie chez l'adulte – Cœur (synchronisation prospective à l'ECG).....	123
— Scanographie chez l'adulte – Cœur (synchronisation rétrospective à l'ECG) .....	125
— Scanographie chez l'enfant – Encéphale 0 à moins de 10 kg (0 à 1 an).....	127
— Scanographie chez l'enfant – Encéphale 10 à moins de 20 kg (1 à 5 ans) .....	129
— Scanographie chez l'enfant – Encéphale 20 à moins de 30 kg (5 à 10 ans) .....	131
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie du squelette.....	133
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie pulmonaire de perfusion .....	135
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie de la glande thyroïde <sup>123</sup> I .....	137
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie de la glande thyroïde <sup>99m</sup> Tc .....	139
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Tomoscintigraphie myocardique <sup>99m</sup> Tc : 1 jour ...	141
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Tomoscintigraphie myocardique <sup>99m</sup> Tc : 2 jours .....	146
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Tomoscintigraphie myocardique <sup>201</sup> Tl .....	149
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie des cavités cardiaques (FEVG) <sup>99m</sup> Tc .....	152
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie rénale dynamique <sup>99m</sup> Tc.....	154
— Médecine nucléaire chez l'adulte – Tomographie par émission de positons <sup>18</sup> F-FDG .....	156
— Médecine nucléaire chez l'adulte – TEP-TDM corps entier, balayage jusqu'à mi-cuisses (partie scanographique) .....	158
— Médecine nucléaire chez l'adulte – TEP-TDM corps entier, balayage jusqu'aux pieds (partie scanographique) .....	160

---

# INTRODUCTION

Ce document présente le bilan de l'analyse des données relatives aux niveaux de référence diagnostiques établi par l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) pour la période 2019-2021, conformément à la mission qui lui est conférée par l'article R. 1333-61 du code de la santé publique.

Les niveaux de référence diagnostiques (NRD) ont été mis en place en France depuis 2004 (1) sur la base des recommandations de la publication 73 « Protection et sûreté radiologique en médecine » de la CIPR (2) et du guide RP109 de la Commission européenne (3), dans l'objectif d'optimisation des doses, selon les exigences de la directive 97/43/Euratom (4) puis de la directive 2013/59/Euratom (5).

Les NRD constituent un outil indispensable et efficace pour l'optimisation des doses délivrées aux patients. Ils sont des indicateurs dosimétriques de la qualité des pratiques destinés, d'une part à identifier et suivre les situations nécessitant une action d'amélioration, d'autre part à quantifier l'efficacité d'une démarche d'optimisation. Ils ne doivent être assimilés ni à des « limites de dose » ni à des « doses optimales ».

Les responsables d'installations de radiologie conventionnelle, de radiologie interventionnelle, de scanographie et de médecine nucléaire doivent procéder annuellement à une évaluation des doses délivrées à leurs patients lors de procédures diagnostiques ou interventionnelles conformément à la décision de l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) n°2019-DC-0667 du 18 avril 2019 relative aux NRD (6), en vigueur. L'analyse des données, par comparaison de leur valeur médiane avec les NRD en vigueur, doit permettre aux professionnels de santé de situer leurs pratiques par rapport à une référence nationale et d'engager des actions d'amélioration en cas de valeur supérieure au NRD non justifiée. A l'inverse, les expositions particulièrement faibles au regard des valeurs guides diagnostiques (VGD) doivent aussi être questionnées et toute diminution des doses délivrées doit systématiquement être accompagnée d'une évaluation de la qualité des images obtenues afin d'éviter toute perte de performance diagnostique et tout risque de réaliser un examen inexploitable. Les professionnels de santé doivent transmettre les résultats de leurs évaluations dosimétriques à l'IRSN.

L'IRSN est en charge de l'analyse des données transmises à l'échelle nationale : un bilan périodique est ainsi publié pour présenter les méthodes de recueil et d'analyse des données ainsi que les résultats. Cette analyse permet à l'IRSN de proposer des recommandations d'évolution de la réglementation relative aux NRD en vue de l'amélioration de son application et de son efficacité.

La réglementation française relative aux NRD a ainsi été révisée à plusieurs reprises. Une première fois en 2011 (7) et plus récemment par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 relative aux NRD (6) homologuée par l'arrêté du 23 mai 2019 (8). Ces évolutions réglementaires ont notamment pris en compte les recommandations formulées par l'IRSN dans ses précédents rapports (9-11).

Ce septième bilan de l'analyse des données françaises relatives aux NRD porte sur la période 2019-2021 et est ainsi le premier bilan qui intervient sur une période d'application de la dernière décision de l'ASN n°2019-DC-0667 précitée. Il permet de juger de l'efficacité des adaptations introduites par cette décision, notamment pour ce qui concerne le recueil de données en pédiatrie et l'introduction de la radiologie interventionnelle. Il permet également à l'IRSN d'émettre de nouvelles recommandations dans un objectif d'amélioration continue du dispositif des NRD en France.

# LE RECUEIL ET L'ANALYSE DES DONNEES RELATIVES AUX NIVEAUX DE REFERENCE DIAGNOSTIQUES

## 2.1 RAPPEL REGLEMENTAIRE

Conformément à l'article R.1333-61 du code de la santé publique, pour les actes qui présentent un enjeu de radioprotection pour les patients de par les doses délivrées ou leur fréquence, des niveaux de référence diagnostiques (NRD) sont établis et mis à jour par l'ASN, en tenant compte des résultats transmis à l'IRSN, qui est en charge du recueil et de l'analyse des données nécessaires à cette mise à jour périodique. A cet effet, l'IRSN reçoit, de la part des responsables d'activité (radiologie conventionnelle, radiologie interventionnelle, scanographie ou médecine nucléaire), les résultats des évaluations dosimétriques effectuées. La figure 1 ci-après présente le principe de mise en œuvre des NRD en France ainsi que les rôles des professionnels de santé, des autorités et de l'IRSN.

La décision de l'ASN n°2019-DC-0667 du 18 avril 2019 relative aux NRD (5), en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2019, précise la mise en œuvre du recueil et de l'analyse des données relatives aux NRD.

Les évaluations dosimétriques réalisées annuellement par les professionnels de santé doivent porter, pour chaque dispositif (scanner et radiologie interventionnelle) ou service (radiologie conventionnelle et médecine nucléaire), sur deux actes figurant dans la décision de l'ASN précitée. Ces évaluations doivent comporter des données portant sur 30 patients par examen au minimum pour l'ensemble des examens, sauf en pédiatrie et pour les pratiques interventionnelles radioguidées (PIR) pour lesquelles seulement 10 patients au minimum sont demandés.

En pédiatrie, la réalisation d'évaluations dosimétriques est obligatoire dès lors que 5 % des actes effectués sur un dispositif médical concernent des enfants (moins de 18 ans).

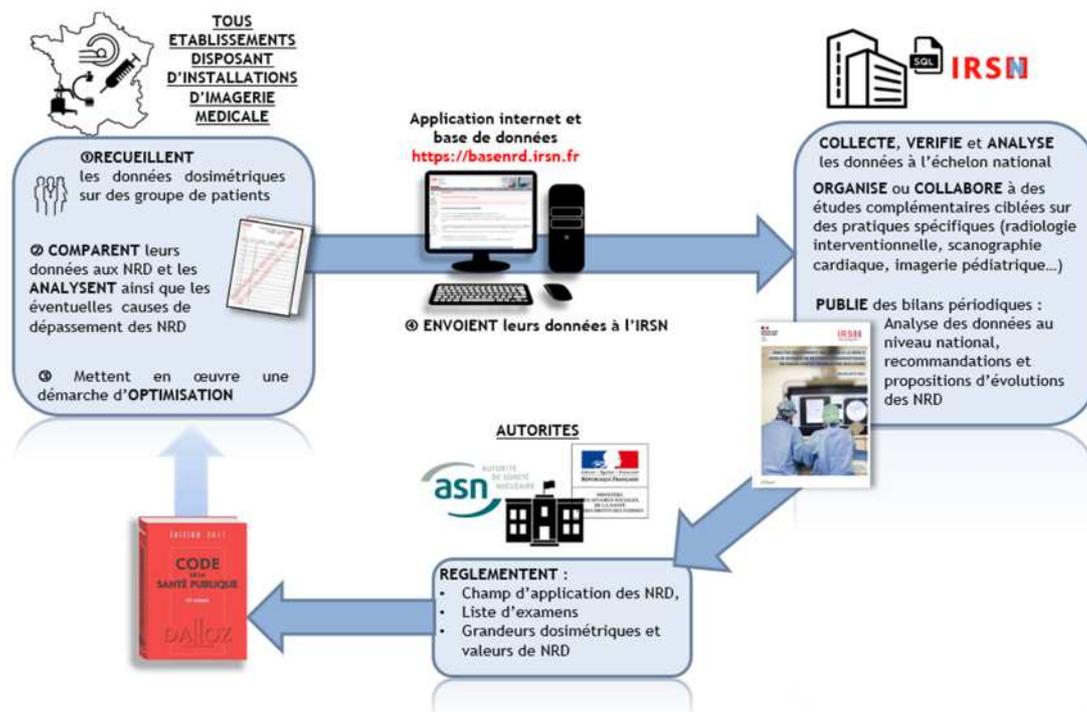


Figure 1 : Principe de mise en œuvre des NRD en France, rôles des établissements disposant d'installations d'imagerie médicale, des autorités et de l'IRSN.

## 2.2 NATURE DES DONNEES COLLECTEES

Selon la modalité d'imagerie considérée, les données relevées concernent un ou deux indicateurs dosimétriques :

- le produit dose surface (PDS) en radiologie conventionnelle et en orthopantomographie ;
- la dose moyenne à la glande (DMG) en mammographie numérique ;
- l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) et le produit dose.longueur (PDL) en scanographie ;
- l'activité totale et l'activité massique administrées en médecine nucléaire.

La médiane des 30 valeurs (ou plus) relevées sur des groupes de patients de la (des) grandeur(s) dosimétrique(s) concernée(s) constitue le résultat de l'évaluation dosimétrique.

La morphologie des patients a une grande influence sur la dose délivrée. Aussi la réglementation impose que leur poids et leur taille soient relevés lors des évaluations dosimétriques (voir partie 2.4).

La mammographie et l'orthopantomographie font figure d'exceptions dans la mesure où les évaluations dosimétriques ne consistent pas en des relevés d'indicateurs de dose déterminés sur des groupes de patients mais en des relevés d'un indicateur de dose mesuré sur fantôme lors du contrôle de qualité externe (12 ; 13) : DMG et PDS respectivement.

A des fins de vérification de la cohérence des données reçues, l'IRSN recueille quelques paramètres ou informations en complément des indicateurs dosimétriques :

- en radiologie conventionnelle : la haute tension, la filtration, la distance foyer-détecteur (DFD), la technologie et la taille de détecteur ;
- en scanographie : la haute tension et le pas/pitch (en mode hélicoïdal) ;
- en radiologie interventionnelle : le temps de scopie, le Kerma dans l'air au point de référence, le nombre d'images de graphie, l'équipement mobile ou fixe, l'utilisation du mode rotationnel ;
- en médecine nucléaire : le médicament radiopharmaceutique (MRP) administré.

## 2.3 RECUEIL DES DONNEES

### Modalités du recueil

Depuis 2011, le recueil des données par l'IRSN est réalisé par internet via une application informatique (<https://basenrd.irsn.fr>). Grâce à des contrôles automatiques lors de la saisie, ce système a amélioré la qualité des informations transmises et facilité les échanges entre les professionnels de santé et l'IRSN.

Outre les fonctionnalités de saisie et de transmission des données, l'application NRD offre aux professionnels de santé, dès la fin de la saisie, la possibilité de comparer la médiane de leurs évaluations dosimétriques au NRD en vigueur. Elle leur permet également de consulter l'historique des données transmises au fil du temps pour un meilleur suivi des doses qu'ils délivrent.

### Période de recueil

Le présent rapport présente l'analyse des données collectées au titre des années 2019, 2020 et 2021.

## 2.4 ANALYSE DES DONNEES

### — Critères de validation des données

Malgré les contrôles automatiques réalisés par l'application NRD lors de la saisie des données, certaines évaluations dosimétriques reçues par l'IRSN contiennent des données erronées. Concernant la cohérence des données, des critères de contrôle automatique peu restrictifs ont été choisis dans l'application, afin d'éviter de décourager les utilisateurs qui verraient leurs données refusées.

A cet égard, chaque évaluation transmise par les établissements est vérifiée par l'IRSN. Seules les données validées à l'issue de cette vérification sont utilisées pour réaliser les analyses statistiques à l'échelle nationale.

Par exemple, en scanographie, le couple d'indicateurs dosimétriques complémentaires, IDSV et PDL, permet un contrôle de la cohérence des données. En effet, le rapport PDL/IDSV correspond à la longueur exposée (longueur explorée augmentée d'un supplément d'irradiation (overranging) en début et fin d'acquisition scanographique en mode hélicoïdal) qui est caractéristique de l'acquisition réalisée. Ainsi, il est aisé d'identifier, par exemple, un scanner des sinus parmi des examens de l'encéphale ou une acquisition abdomino-pelvienne dans une évaluation étiquetée « thorax-abdomen-pelvis » du fait d'une longueur d'acquisition incohérente. Le contrôle de ce paramètre est assez discriminant et explique le taux de données non exploitées plus important en scanographie qu'en radiologie conventionnelle (cf paragraphe 5.2 du présent rapport).

De la même manière, en radiologie interventionnelle, le couple d'indicateurs PDS et  $K_{air}^1$  (lorsque  $K_{air}$  est disponible, ce qui est souvent le cas) permet un contrôle de la cohérence des données (cf. focus du chapitre « radiologie interventionnelle » du présent rapport). En effet, le rapport PDS/ $K_{air}$  correspond à la surface moyenne du champ pendant l'examen au point de référence. Cette surface ne peut être ni extrêmement petite ni extrêmement grande et une analyse de ce rapport permet de détecter la présence de données incohérentes.

Lors de la vérification d'une évaluation dosimétrique, si les données de quelques patients seulement apparaissent incohérentes, la médiane de l'indicateur dosimétrique est recalculée en les excluant.

### — Sélection des données pour l'analyse

Malgré les vérifications décrites dans le paragraphe précédent, les évaluations dosimétriques validées peuvent contenir des données erronées ou considérées comme non représentatives de pratiques courantes (indicateurs dosimétriques, indice de masse corporelle (IMC) de patients, longueur d'acquisition... anormalement élevés ou faibles).

Une consolidation des données est donc mise en œuvre préalablement à l'analyse, en appliquant les critères suivants :

- pour les examens sur les adultes, exclusion des patients dont :
  - l'âge est inférieur à 15 ans ;
  - l'IMC est inférieur à 18 ou supérieur à 35, sauf pour les examens / actes concernant la tête et certains examens de médecine nucléaire ;
- pour les examens pédiatriques, exclusion des patients dont :
  - l'âge est supérieur à 18 ans ;
  - le poids ne correspond pas à la catégorie retenue ;
- en scanographie : exclusion des examens de patients présentant des longueurs d'acquisition particulièrement courtes ou longues pour une localisation donnée ;
- en radiologie interventionnelle : exclusion des données présentant un rapport PDS/ $K_{air}$  particulièrement faible ou élevé ;
- exclusion des évaluations dosimétriques comportant moins de 25 patients après application des critères de validation et de sélection précédemment cités (ou moins de 10 données pour les actes pédiatriques et de radiologie interventionnelle).

---

<sup>1</sup>  $K_{air}$  est le kerma dans l'air au point de référence tel que défini par l'IEC (14). Aucun NRD n'est fixé réglementairement sur cette grandeur. Il est néanmoins rendu possible de transmettre ces données à l'IRSN, en complément du PDS et du temps de scopie.

La définition de l'âge limite pour la pédiatrie variant suivant les sources entre 15 et 18 ans, les critères les plus larges ont été appliqués. S'agissant des examens chez les adultes, les patients dans la tranche 15-18 ans ont été acceptés considérant qu'ils avaient vraisemblablement été examinés en appliquant un protocole adulte. S'agissant des examens chez les enfants, les patients dans la tranche 15-18 ans ont aussi pu être acceptés dès lors que leurs poids rentraient dans une catégorie définie. Il convient de noter que la sélection par catégorie de poids chez les enfants est un critère plus pertinent que l'âge.

En radiologie conventionnelle et en scanographie chez l'adulte (en dehors de la partie scanographique des examens de médecine nucléaire ; voir ci-après), domaines pour lesquels les volumes de données reçues sont les plus élevés et la baisse des indicateurs dosimétriques est la plus marquée, les valeurs de 75<sup>e</sup> et 50<sup>e</sup> centiles ont été calculées année par année et ce sont les valeurs de l'année 2021 qui sont mises en avant en vue d'une possible mise à jour des NRD. Néanmoins, l'ensemble des données (2019 à 2021) a été conservé pour l'élaboration des histogrammes pour la radiologie et la scanographie présentés dans l'annexe du présent rapport.

En médecine nucléaire (y compris la partie scanographique des examens de médecine nucléaire), en radiologie interventionnelle, en radiologie dentaire et en pédiatrie (pour tous les domaines), différentes raisons ont conduit à un calcul des valeurs de 75<sup>e</sup> et 50<sup>e</sup> centiles sur la totalité de la période 2019-2021 et non pour chaque année individuellement. Ce sont :

- des volumes moindres de données reçues (pédiatrie, médecine nucléaire, radiologie interventionnelle) ;
- une évolution plus lente des doses délivrées (médecine nucléaire) ;
- des évaluations dosimétriques moins fréquentes (orthopantomographie, pour laquelle le relevé est associé à un contrôle de qualité quinquennal).

Le fait de réaliser une analyse de données recueillies sur une période de trois ans conduit à disposer d'évaluations dosimétriques provenant d'une même installation pour un même examen plusieurs fois au cours de la période. Pour éviter des biais statistiques liés à la surreprésentation des installations ayant fait l'objet de plusieurs évaluations dosimétriques au cours de la période 2019-2021, seules les dernières données reçues ont été conservées pour le calcul des 75<sup>e</sup> et 50<sup>e</sup> centiles et dans les histogrammes présentés dans l'annexe du présent rapport.

En mammographie, le NRD n'étant plus applicable depuis le 21 janvier 2021 suite à l'entrée en vigueur des nouvelles modalités de contrôle de qualité des installations de mammographie numérique (15), les données reçues sur la période incomplète du 1<sup>er</sup> janvier 2019 – 20 janvier 2021 (la fréquence d'envoi des données en mammographie est de cinq ans) n'ont pas fait l'objet d'une analyse.

## Indicateurs statistiques

### Médiane

Les NRD nationaux sont basés sur les valeurs médianes, par installation, des indicateurs dosimétriques relevés par les professionnels de santé sur des groupes de 10 ou 30 patients. Au niveau local, cette valeur médiane doit être comparée au NRD par les professionnels de santé à des fins d'évaluation de leur pratique. Au niveau national, la distribution de ces médianes par installation est analysée pour déterminer en particulier le 75<sup>e</sup> centile.

Par convention, dans le présent rapport, le terme de médiane est utilisé lorsqu'il est question de la valeur dosimétrique représentative d'une installation. En matière de distribution nationale des médianes par installation, le terme de 50<sup>e</sup> centile sera utilisé pour définir l'indicateur statistique permettant d'établir la VGD.

Ce formalisme s'applique également à la médecine nucléaire où la moyenne nationale des activités moyennes par installation précédemment utilisée est remplacée par le 50<sup>e</sup> centile (national) des activités médianes (par installation).

### 75<sup>e</sup> et 50<sup>e</sup> centiles

#### Radiologie conventionnelle, radiologie interventionnelle et scanographie

En radiologie conventionnelle, radiologie interventionnelle et en scanographie, le 75<sup>e</sup> centile de la distribution des résultats (médianes par installation de l'indicateur dosimétrique) des évaluations dosimétriques relatives à un examen sert à définir le NRD. Il constitue un niveau d'alerte au-dessus duquel les pratiques peuvent être considérées comme non optimisées voire anormales en termes de dose délivrée au patient.

En complément, le 50<sup>e</sup> centile de la distribution des résultats des évaluations dosimétriques sert à définir la VGD (voir figure 2 ci-après).

#### Médecine nucléaire

En médecine nucléaire, le 50<sup>e</sup> centile des médianes par installation est utilisé pour définir le NRD.

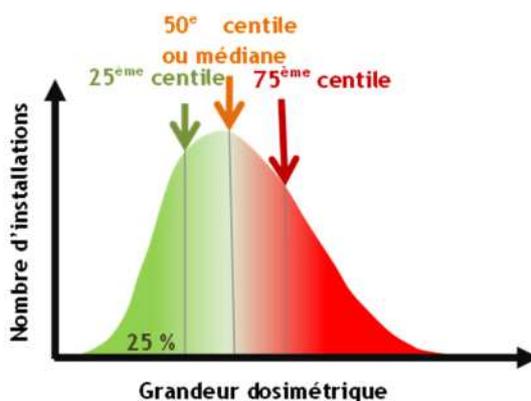


Figure 2 : Définition des principaux indicateurs statistiques relatifs à une distribution de données dosimétriques pour un type d'examen donné.

### Rapport du 75<sup>e</sup> centile sur le 25<sup>e</sup> centile

Les pratiques en imagerie médicale sont sujettes à une forte disparité avec des niveaux d'exposition des patients pouvant varier grandement pour une performance diagnostique *a priori* similaire.

Afin d'évaluer l'hétérogénéité des données, symptomatique d'une disparité des pratiques, les résultats présentés dans ce rapport, à l'instar du précédent rapport, sont complétés par un indicateur représentatif de la dispersion des valeurs : le rapport du 75<sup>e</sup> centile sur le 25<sup>e</sup> centile.

## Présentation des résultats d'analyses

Les résultats des analyses conduites par l'IRSN sur les données transmises par les professionnels de santé sont présentés pour chacun des domaines de l'imagerie médicale concernés : radiologie conventionnelle, radiologie interventionnelle, scanographie et médecine nucléaire.

Ces résultats fournissent une évaluation de l'application de la réglementation relative aux NRD dans les structures pratiquant des actes d'imagerie médicale, au travers de leur participation à la transmission des données à l'IRSN.

La ventilation des données transmises pour les différents types d'examens est analysée et comparée à la fréquence des actes d'imagerie médicale en France. Bien que les professionnels de santé aient pu choisir librement les examens qu'ils ont évalué, cette analyse permet d'évaluer la représentativité des données collectées par rapport aux pratiques nationales. Les résultats concernant la pédiatrie sont différenciés de ceux se rapportant à l'adulte.

Le pourcentage d'évaluations dosimétriques transmises pour chaque examen, par rapport à l'ensemble des évaluations reçues par l'IRSN dans chaque domaine de l'imagerie, est représenté et complété par la proportion de données ayant pu être exploitée par l'IRSN.

Enfin, des synthèses des résultats d'analyse sont proposées afin d'évaluer, pour chaque examen, le positionnement des valeurs des indicateurs statistiques par rapport aux NRD et aux résultats du bilan précédent. Les résultats concernant la pédiatrie sont là encore différenciés de ceux se rapportant à l'adulte. Il convient de noter qu'en-dessous de 10 évaluations exploitées par acte, il est considéré que le volume de données est trop faible pour que les résultats soient commentés et le positionnement des valeurs des indicateurs statistiques par rapport aux NRD n'est pas calculé.

Les analyses, par type d'examen, sont détaillées dans l'annexe du présent rapport. Cette annexe comporte, pour chaque examen pour lequel le nombre de données collectées permet de réaliser une analyse, et par grandeur dosimétrique (PDS, DMG, IDSV, PDL, activité et activité massique administrée selon le type d'examen) :

- les graphiques des distributions nationales des résultats d'évaluations dosimétriques ;
- un tableau regroupant les principaux indicateurs statistiques ;
- des représentations graphiques de l'évolution, depuis 2011, des 75<sup>e</sup> et 50<sup>e</sup> centiles en radiologie conventionnelle et scanographie et des 50<sup>es</sup> centiles en médecine nucléaire.

Lorsque le nombre d'évaluations exploitées est inférieur à 20, ces analyses ne sont pas détaillées dans l'annexe du présent rapport.

Pour une meilleure lisibilité du présent rapport, les intitulés des types d'examens ont parfois été abrégés, notamment sur les figures (cf. glossaire).

Pour chacun des domaines, les résultats présentés amènent l'IRSN à émettre des recommandations en vue de l'amélioration du système NRD.

## 2.5 CONSULTATION DES PARTIES PRENANTES

Les parties prenantes (ASN, ANSM, ADF, AFTMN, CNPCV, G4, GACI, SFMN, SFPM et SoFRa) ont été consultées le 20 mai 2022 pour recueillir leurs retours sur le bilan de la période 2016-2018 et leur présenter les premiers résultats portant sur la période 2019-2021.

Certains commentaires reçus à cette occasion ont conduit l'IRSN à formuler des recommandations qui ne sont pas forcément en lien directement avec les résultats du présent bilan mais qui peuvent également contribuer à l'amélioration du système NRD, en particulier :

en radiologie interventionnelle, envisager :

- la création de NRD pour deux actes rythmologiques considérés comme les plus irradiants : l'ablation de la fibrillation atriale et la resynchronisation ventriculaire (= stimulation cardiaque triple ou multisite) ; le groupe « rythmologie » de la Société Française de Cardiologie devra être consulté pour réaliser ce travail ;
- l'introduction, à terme, des actes interventionnels réalisés sous scanner, notamment en engageant une réflexion sur les actes de cardiologie interventionnelle (TAVI, valvuloplastie mitrale) ou de radiologie interventionnelle vasculaire (angioplastie vasculaire périphérique, autres actes à préciser) réalisés dans des blocs opératoires ou des salles hybrides, et non dans des salles de radiologie dédiées.

en médecine nucléaire :

- envisager de supprimer les NRD pour les examens devenus trop peu fréquents, tels que l'illustrent les résultats du présent rapport :
  - scintigraphie rénale au DTPA,
  - scintigraphie cérébrale à l'ECD et HMPAO ;
- définir un seul NRD en termes d'activité massique (MBq/kg) pour les examens qui s'y prêtent, plutôt qu'un couple activité et activité massique comme c'est le cas actuellement ,
- réfléchir à la mise en place de NRD :
  - pour de nouveaux examens en particulier en TEP, tels que :
    - la TEP cérébrale au 18F-FDG,
    - la TEP à la 18F-Choline,
    - la TEP à la 18F-DOPA (cerveau, corps entier),
    - la TEP au gallium 68 (récepteurs de la somatostatine, PSMA) ;
  - dans un second temps, pour de nouveaux examens en scintigraphie, tels que, par exemple :
    - la scintigraphie des glandes parathyroïdes en double isotope (iode 123 et 99mTc-MIBI),
    - la scintigraphie cérébrale au DaTSCAN ;
  - pour des acquisitions scanographiques du tronc et du corps entier associées aux scintigraphies osseuses.

Les recommandations issues de la consultation des parties prenantes sont mentionnées spécifiquement, dans chaque partie concernée de ce rapport, lorsque c'est le cas.

## FOCUS – NRD PEDIATRIQUES : UNE PROBLEMATIQUE PARTICULIERE

### Difficultés rencontrées dans la mise en œuvre des NRD pédiatriques

Depuis la mise en place des NRD dans la réglementation française en 2004, l'IRSN constate que le volume de données reçues chaque année concernant des examens sur les enfants est extrêmement faible. Outre que cela constitue une limite pour la mise à jour des NRD, ce déficit de données suggère que les procédures pédiatriques sont peut être peu évaluées.

### Solutions mises en place pour inciter à l'utilisation des NRD en pédiatrie

Pour développer l'évaluation des pratiques pédiatriques, en s'appuyant sur les constats et les propositions de l'IRSN, une modification des dispositions réglementaires a été introduite par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 :

- le nombre minimal d'évaluations dosimétriques concernant des enfants devant être incluses a été abaissé de 30 à 10, pour faire progresser le recueil dans les établissements réalisant un nombre d'exams pédiatriques modéré ;
- le recueil et l'analyse d'une évaluation dosimétrique pédiatrique par an sont exigés dès lors qu'au moins 5 % des actes effectués sur un dispositif médical concernent des enfants.

### Effet positif de la réglementation en vigueur depuis juillet 2019

Par rapport aux années précédentes, le recueil des données relatives aux années 2020 et 2021 a évolué positivement. Le nombre d'établissements ayant envoyé des données pédiatriques et la quantité de ces données ont plus que doublé dans tous les domaines entre les périodes 2016-2018 et 2019-2021: en radiologie conventionnelle, le nombre d'évaluations transmises est passé de 184 à 435 (+ 57 %), en scanographie de 91 à 202 (+ 55 %), et en médecine nucléaire de 31 à 111 (+ 72 %).

Par ailleurs, le déploiement croissant des logiciels de gestion de la dose patient (DACS - Dose Archiving and Communication System) contribue à faire progresser l'utilisation des NRD pédiatriques. En enregistrant de façon systématique les grandeurs dosimétriques utilisées en matière de NRD, les DACS rendent plus aisés le recueil et l'analyse de données pour les procédures peu fréquentes, telles que les procédures pédiatriques.

### Un nombre d'évaluations toutefois toujours insuffisant pour réaliser une évaluation robuste des pratiques dans ce domaine

Malgré cette amélioration, le nombre d'évaluations par examen reste globalement insuffisant : en radiologie conventionnelle, seuls 5 examens sur 16 identifiés dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 ont reçu un nombre suffisant d'évaluations – supérieur à 20 – permettant une analyse détaillée, et en scanographie seul 3 examens sur 11. En médecine nucléaire, tous les examens ayant fait l'objet d'un envoi à l'IRSN comportaient moins de 20 évaluations par examen et n'ont donc pu donner lieu à une analyse détaillée.

Dans ces conditions, en pédiatrie, il reste difficile d'évaluer l'évolution des doses délivrées de manière robuste. Aussi, l'IRSN recommande de poursuivre les efforts et de continuer à encourager les professionnels de santé à transmettre des données en rappelant qu'il est possible de recueillir des données sur une durée supérieure à un an.

# RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE

## 3.1 CONTRIBUTION DES SERVICES

Pour ce qui concerne la radiologie conventionnelle, les principaux types d'établissements concernés par la réalisation d'actes radiographiques sont :

- les services de radiologie des établissements de santé publics et privés ;
- les cabinets libéraux (radiologie, pneumologie, rhumatologie) ;
- les services de santé au travail, les centres municipaux de santé, les services de santé pénitentiaires... ;
- les cabinets dentaires.

### Radiologie conventionnelle (hors cabinets dentaires)

Pour évaluer la contribution des services, une estimation du nombre total de services ou de cabinets de radiologie conventionnelle est nécessaire. Dans le précédent rapport portant sur la période 2016-2018, l'estimation du nombre d'établissements réalisant des actes de radiologie conventionnelle avait été actualisée. La méthode d'estimation de l'évolution de la participation annuelle des établissements pratiquant des actes de radiologie conventionnelle depuis 2004 avait ainsi été adaptée pour présenter les taux de participation en utilisant le nombre d'établissements estimé à partir d'une régression linéaire entre les estimations de 2005 (5 100 établissements) et de 2018 (3 000 établissements).

En restant sur ce principe, la figure 3 ci-après indique que, depuis 2016, de l'ordre de 50 % des établissements pratiquant des actes de radiologie conventionnelle ont répondu aux dispositions réglementaires relatives aux NRD. Ainsi, le taux de participation des établissements ne progresse toujours pas ces dernières années.

Il convient de rappeler que la baisse de participation des établissements constatée en 2011 est liée à la mise en place de la transmission des données par internet cette année-là. En outre, la baisse de participation apparente entre 2014 et 2015 est probablement attribuable à des conditions de recueil plus strictes pour l'année 2015 (transmission des données autorisée jusqu'au 31 janvier en 2015 au lieu du 31 mars en 2014).

En radiologie conventionnelle, 68 % des données sont issues du secteur privé à but lucratif (figure 5 ci-après). D'après l'estimation réalisée par l'IRSN, l'ensemble du parc comprend environ trois quart d'établissements libéraux et un quart d'établissements publics ou à but non lucratif. La répartition de l'origine des données semble donc globalement cohérente avec les répartitions du parc et de l'activité entre les secteurs public et privé.

### Cabinets dentaires

En ce qui concerne les cabinets dentaires, la progression des inscriptions sur l'application NRD (créations de comptes), et donc du nombre de professionnels de santé en mesure d'envoyer des données, est présentée sur la figure 4 ci-après. Au fil des années, le nombre de nouveaux inscrits continue d'augmenter. Fin 2021, le nombre de cabinets inscrits (en mesure d'envoyer des données à l'IRSN) était de 763. A noter cependant une baisse des inscriptions en 2021. De plus, il convient de noter que, fin 2022, environ 35 % des cabinets inscrits entre 2014 et 2021 n'avaient jamais envoyé de données.

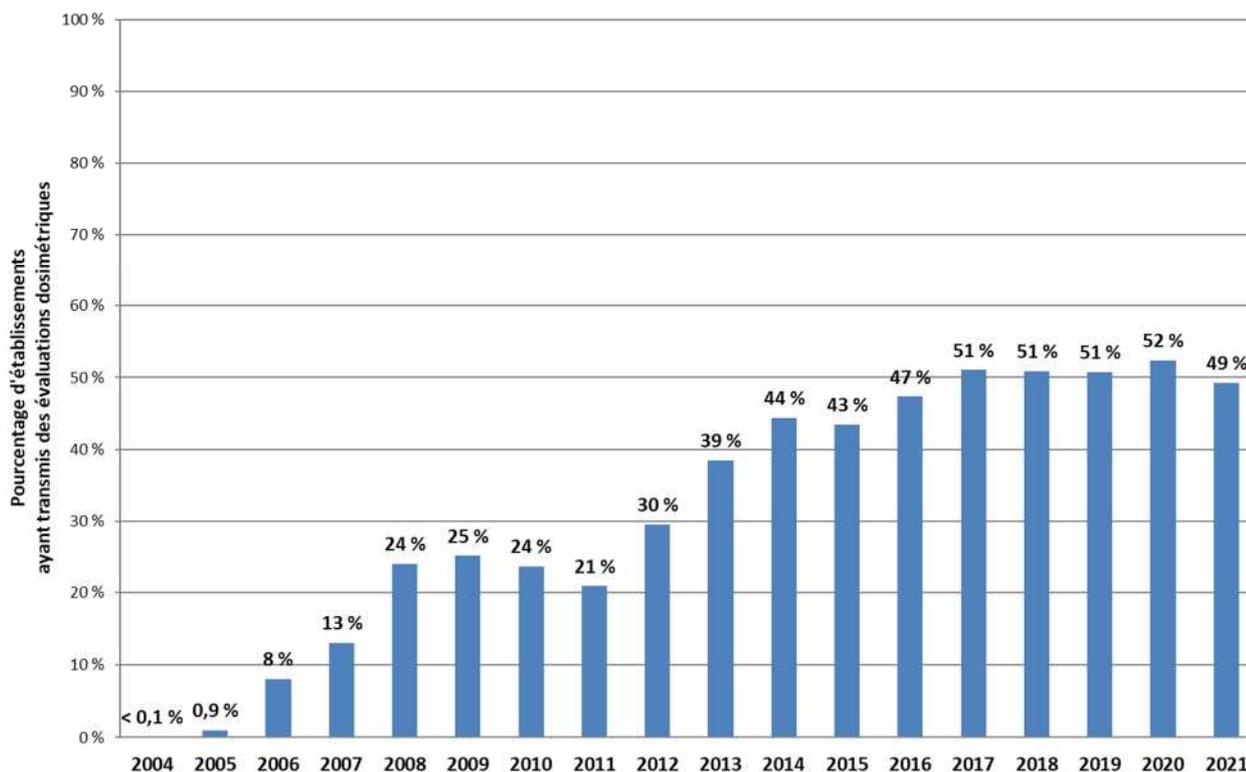


Figure 3 : Evolution de la participation annuelle des établissements pratiquant des actes de radiologie conventionnelle depuis 2004 (hors dentaire).

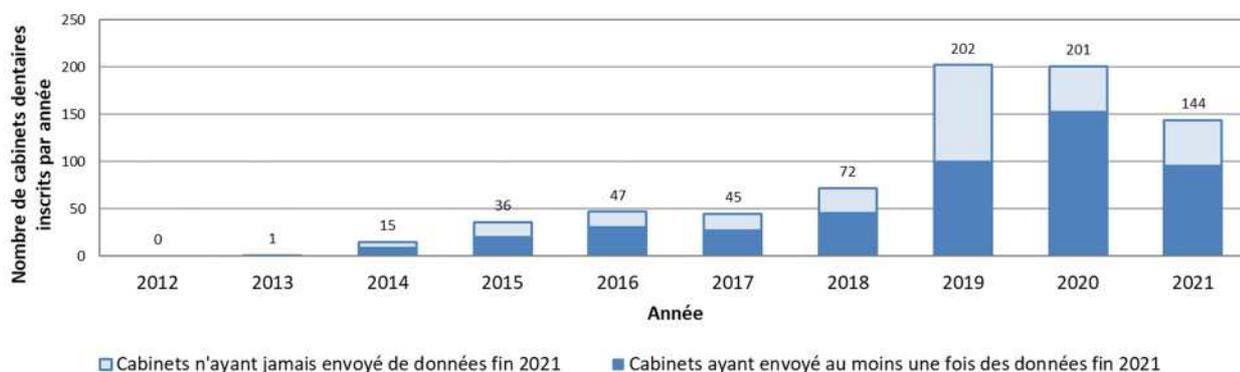


Figure 4 : Nombre de nouvelles inscriptions des cabinets dentaires sur l'application NRD par année (création de nouveaux comptes). Sont représentés le nombre de nouveaux cabinets inscrits chaque année et la proportion de ceux qui ont envoyé des données au moins une fois avant fin 2021.

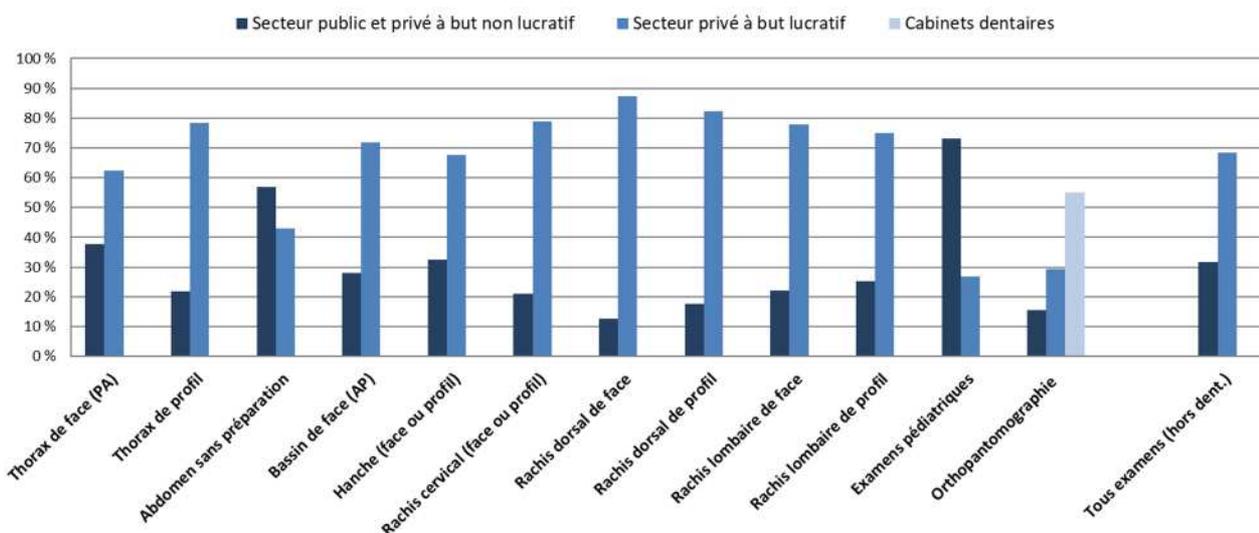


Figure 5 : Origine des données exploitées au titre des NRD, sur la période 2019-2021, selon le type d'examen et le secteur d'activité, en radiologie conventionnelle et dentaire.

## 3.2 DISTRIBUTION DES DONNEES PAR TYPE D'EXAMEN

### Examens réalisés chez l'adulte

La figure 6 ci-après présente la répartition, par type d'examen, des évaluations dosimétriques transmises à l'IRSN par les professionnels de santé de 2019 à 2021, complétée par la proportion de données ayant pu être exploitées par l'IRSN.

Pour la totalité des types d'examen, à l'exception de l'orthopantomographie et de la mammographie, le taux d'exploitation des données transmises est supérieur à 90 % voire 95 %.

Le taux d'exploitation de l'orthopantomographie est dorénavant proche de 80 %, en légère augmentation par rapport au précédent bilan (de l'ordre de 70 %). Ce taux, plus faible, s'explique essentiellement par l'absence de prise en compte de données identiques transmises plusieurs fois au cours de la période de recueil pour les raisons évoquées dans le paragraphe relatif à la « sélection des données » du chapitre 2.4 ci-avant.

La répartition des examens est quasiment équivalente à celle constatée lors du précédent bilan, à l'exception de la part des examens d'orthopantomographie et de pédiatrie qui a augmenté respectivement de quatre points (de 5,1 % à 9,1 %) et deux points (de 1,8 % à 4%). Il convient de noter que la part des examens de l'abdomen sans préparation baisse encore sur ce bilan et passe de 4,7 % (période 2016-2018) à 3,4 % (période 2019-2021).

Chez l'adulte, trois types d'examen représentent un peu plus de 40 % des données : ceux concernant le thorax de face, le bassin de face et le rachis lombaire de face. Cette distribution apparaît cohérente avec la fréquence des examens radiographiques réalisés en France (16).

Comme évoqué précédemment, en mammographie, le NRD tel que défini par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 n'étant plus applicable depuis le 21 janvier 2021, suite à l'entrée en vigueur des nouvelles modalités de contrôle de qualité des installations de mammographie numérique, les données reçues sur la période incomplète n'ont pas fait l'objet d'une analyse. C'est la raison pour laquelle la totalité des évaluations dosimétriques reçues figure comme non exploitée sur la figure 6 ci-après.

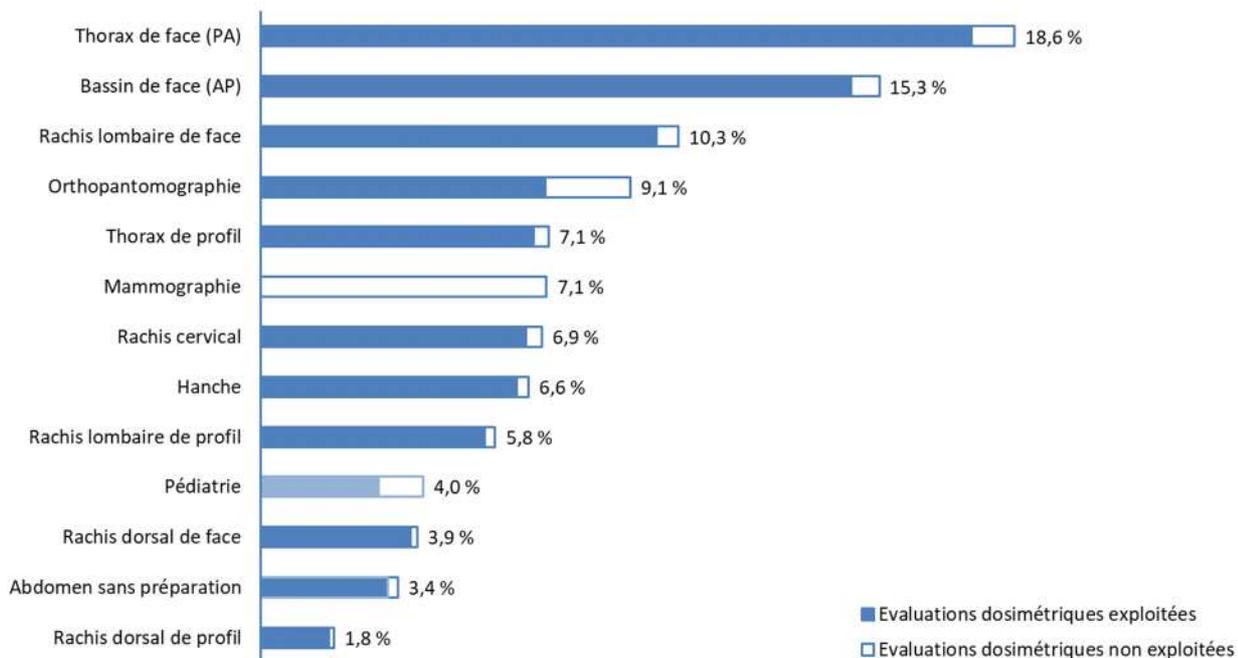


Figure 6 : Répartition en pourcentage par type d'examen des évaluations dosimétriques en radiologie dont les résultats ont été transmis à l'IRSN de 2019 à 2021 (nombre total d'évaluations transmises : 10860)

## Examens réalisés chez l'enfant

La proportion des données concernant la pédiatrie est réduite mais moins que dans le précédent bilan, avec 4 % des données transmises (cf. figure 6 ci-avant) contre environ 2 % dans le précédent bilan (soit 435 évaluations sur un total de 10 860 évaluations transmises sur la période, contre 184 sur 10 343 sur la période du précédent bilan), alors qu'environ 10 % de l'ensemble des actes pratiqués en France concernent les enfants (16).

La figure 7 ci-après présente la répartition par type d'examen, chez l'enfant, des évaluations dosimétriques transmises à l'IRSN par les professionnels de santé.

Les examens concernant le thorax de face (PA) pour des enfants de 10 à 20 kg, le rachis total de face (hors technologie chambre à fils) et le thorax de face (AP) pour les enfants de 5 à 10 kg sont les actes les plus fréquemment évalués.

Les évolutions apportées par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 ont permis l'augmentation de la quantité de données reçues par rapport au précédent bilan. Cependant, le manque de données en pédiatrie constitue toujours une limite majeure à l'établissement et à la mise à jour régulière des NRD.

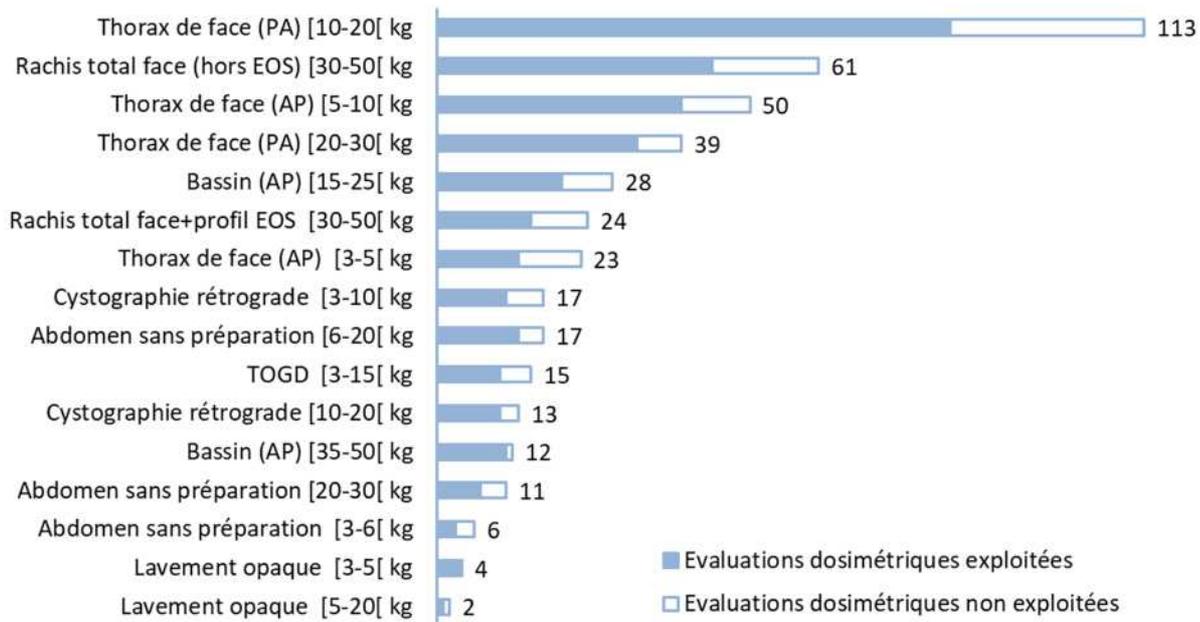


Figure 7 : Répartition par type d'examen du nombre d'évaluations dosimétriques en radiologie chez l'enfant dont les résultats ont été transmis à l'IRSN de 2019 à 2021 (nombre total d'évaluations transmises : 435).

### 3.3 SYNTHÈSE DES RESULTATS EN RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE

#### Examens réalisés chez l'adulte

Les résultats des évaluations dosimétriques transmises par les professionnels en radiologie conventionnelle en termes de PDS sont présentés dans le tableau 1 ci-après.

Sont présentés :

- le nombre d'évaluations exploitées pour l'année 2021 et la période 2019-2021 (N),
- le poids et l'IMC médians des patients,
- les NRD et VGD en vigueur (NRD et VGD),
- les valeurs du 75<sup>e</sup> centile (75<sup>e</sup>) et du 50<sup>e</sup> centile (50<sup>e</sup>) pour les données collectées en 2021,
- le rapport du 75<sup>e</sup> sur le 25<sup>e</sup> centile de l'année 2021,
- le positionnement du 75<sup>e</sup> centile de l'année 2021 par rapport au NRD en vigueur (% NRD),
- le pourcentage d'évaluations dosimétriques reçues en 2021 au-dessus du NRD en vigueur (> NRD),
- la variation du 75<sup>e</sup> centile de 2021 par rapport à la valeur de 2018 indiquée dans le bilan précédent.

Le tableau 2 ci-après présente les résultats pour l'orthopantomographie spécifiquement.

Les résultats ne sont pas présentés en mammographie, pour les raisons évoquées précédemment.

Tableau 1 : Synthèse des résultats de l'analyse des données de radiologie conventionnelle (hors orthopantomographie et mammographie) par type d'examen chez l'adulte, pour l'année 2021, exprimées en termes de produit dose.surface (PDS).

Type d'examen	N 2021 (2019-2021)	Poids médian (kg)	IMC médian (kg/m <sup>2</sup> )	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD	Variation
				NRD	VGD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>				
Thorax de face (PA)	621 (1908)	70,5	24,8	200	150	155	110	2,16	-23 %	10 %	-16 %
Thorax de profil	259 (732)	70,0	24,7	550	400	408	290	1,95	-26 %	6 %	-17 %
Abdomen sans préparation	110 (341)	70,0	24,8	3400	2300	2586	1406	2,59	-24 %	7 %	-17 %
Bassin de face (AP)	503 (1585)	70,0	24,9	3800	2750	2708	1905	2,15	-29 %	8 %	-21 %
Hanche (face ou profil)	231 (688)	70,0	25,2	1350	950	1069	731	2,17	-21 %	10 %	-10 %
Rachis cervical (face ou profil)	248 (712)	69,0	24,5	400	250	270	170	3,00	-33 %	6 %	-17 %
Rachis dorsal de face	154 (403)	68,5	24,5	1000	750	764	582	2,14	-24 %	10 %	-15 %
Rachis dorsal de profil	58 (182)	69,0	24,8	1150	900	900	632	1,99	-22 %	19 %	-45 %
Rachis lombaire de face	366 (1063)	70,0	25,1	2700	1950	2042	1392	2,19	-24 %	11 %	-15 %
Rachis lombaire de profil	228 (602)	70,0	25,2	3900	2650	3088	2180	2,16	-21 %	13 %	-13 %

Tableau 2 : Synthèse des résultats de l'analyse des données d'orthopantomographie pour l'année 2021, exprimées en termes de produit dose.surface (PDS).

Type d'examen	N 2021 (2019-2021)	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD	Variation
		NRD	VGD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>				
Orthopantomographie	238 (765)	150	100	129	102	1,87	-14 %	12 %	-4 %

Les analyses par type d'examen sont détaillées dans l'annexe au présent rapport sous forme de fiches. Ces fiches présentent pour chaque type d'examen (lorsque les données recueillies permettent une analyse) :

- les distributions du PDS sous forme de graphiques sur la période 2019-2021 ;
- un tableau présentant les données statistiques associées ;
- l'évolution des résultats depuis 2011.

En dehors des examens du rachis dorsal de profil, les résultats montrent des valeurs de 75<sup>es</sup> centiles en baisse de 10 à 20 % par rapport à celles de 2018. Ainsi, la baisse globale des valeurs des indicateurs dosimétriques observée sur la période 2016-2018 (- 7 % par rapport à la période 2013-2015) se confirme et se renforce sur ce bilan (- 19 % par rapport à la période 2016-2018). L'examen du rachis dorsal de profil, comme dans le précédent rapport, est celui pour lequel le moins grand nombre d'évaluations dosimétriques a été analysée en 2021 (58 évaluations en 2021 et 30 évaluations en 2018). En 2018, une hausse de la valeur du 75<sup>e</sup> centile de 43 % par rapport à 2015 avait été constatée mais la représentativité du résultat était discutable du fait du faible nombre de données. En 2021, la valeur du 75<sup>e</sup> centile est de 900 mGy.cm<sup>2</sup>, ce qui est inférieur de plus de 20 % au NRD en vigueur, et revient donc à une valeur cohérente avec les données des années précédentes (hors année 2018).

Globalement, les 75<sup>es</sup> centiles de l'année 2021 se trouvent de 20 % à 30 % sous les NRD en vigueur pour tous les examens. Une révision des NRD pourrait donc être envisagée.

Il est toujours noté une grande dispersion des données avec un rapport 75<sup>e</sup>/25<sup>e</sup> de l'ordre de 2 à 3. Ce résultat peut poser question sur l'optimisation des doses et la qualité d'image associée. Il n'est pas possible néanmoins de commenter ce résultat sous l'angle de la qualité d'image. En effet, comme évoqué dans les précédents bilans, la notion de qualité d'image est complexe et subjective à évaluer. Il convient d'associer une évaluation des performances diagnostiques des appareils à la démarche d'optimisation des doses délivrées aux patients afin de s'assurer que cette dernière ne nuise pas à la qualité de l'examen. En particulier si les valeurs médianes locales sont inférieures aux valeurs guides diagnostiques, la qualité d'image, plutôt que la dose, devrait être considérée en priorité dans le processus d'optimisation.

Comme évoqué précédemment, le détail des résultats d'analyse des données pour la mammographie n'est pas présenté. A cet égard, l'IRSN a conduit, en 2020, une étude et a proposé à l'ASN, dans son avis n° 2021-00193<sup>2</sup>, une évolution de la méthode de recueil des données et de la valeur de NRD en mammographie, afin de mieux analyser la pratique clinique des sites ainsi qu'un nouveau NRD pour ce qui concerne la technique de tomosynthèse mammaire en pleine expansion (cf. focus dédié).

<sup>2</sup> <https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/expertise/avis/2021/Avis-IRSN-2021-00193.pdf>

Le nombre d'évaluations transmises concernant l'orthopantomographie sur la période 2019-2021 a doublé par rapport au précédent bilan établi sur la période 2016-2018. Il passe de 371 à 765. Une analyse sur l'année 2021 a donc pu être réalisée. Le 75<sup>e</sup> centile en radiologie dentaire de l'année 2021 est très proche de celui obtenu lors du précédent bilan et en-dessous du NRD de l'ordre de 14 %.

A l'instar de ce qui a été réalisé pour la mammographie numérique et la tomosynthèse mammaire, l'IRSN a réalisé, à la demande de l'ASN, une étude sur les doses délivrées avec la technique d'imagerie volumétrique par faisceau conique (CBCT) en radiologie dentaire et a proposé à l'ASN, dans son avis n°2023-00006<sup>3</sup>, la mise en place d'un NRD pour cette technique en expansion (cf. focus dédié).

## Examens réalisés chez l'enfant

Les résultats des analyses des évaluations dosimétriques de radiologie pédiatrique sont présentés dans le tableau 3 ci-après.

Dans ce tableau, pour chaque catégorie de poids, sont présentés le nombre d'évaluations exploitées (N) sur la période 2019-2021, le poids minimal, médian et maximal des enfants, la valeur du 75<sup>e</sup> centile (75<sup>e</sup>), la valeur du 50<sup>e</sup> centile (50<sup>e</sup>), le rapport des 75<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> centiles et, pour les examens pour lesquels suffisamment de données ont été recueillies, le positionnement du 75<sup>e</sup> centile sur la période par rapport au NRD en vigueur (% NRD) ainsi que le pourcentage d'évaluations dosimétriques reçues sur la période au-dessus du NRD en vigueur (> NRD).

Seuls les examens du rachis total face (hors technologie chambre à fils) pour des enfants de 30 à 50 kg et du thorax de face pour les catégories 5- 10 kg, 10-20 kg et 20-30 kg comportent un nombre de données suffisant en termes de PDS — plus de 20 évaluations chez l'enfant — et peuvent donner lieu à une analyse détaillée (cf. l'annexe du présent rapport).

Seuls les examens de l'abdomen sans préparation pour les catégories 3-6 kg et 20-30 kg ainsi que les examens de lavement opaque pour toutes catégories ont un nombre d'évaluations trop faible (< 10) pour que les résultats puissent être commentés.

Les tranches de poids des enfants pour les différents examens définis dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 ont évolué par rapport à l'arrêté de 2011. La comparaison par rapport aux résultats du précédent bilan établi sur la période 2016-2018 n'est donc pas possible. En outre, les catégories de poids définies pour les enfants dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 ne correspondent pas aux catégories de poids définies au niveau européen (17). Une révision de ces catégories de poids permettrait d'établir des comparaisons avec les résultats des autres pays européens.

Pour les examens du thorax de face chez l'enfant, les résultats sont légèrement inférieurs aux NRD fixés dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667, de l'ordre de 6 à 8 % pour toutes les catégories en dehors de la catégorie des 10-20 kg. Environ 20 % des évaluations transmises sont au-dessus du NRD.

Pour les examens du thorax de face des enfants de 10 à 20 kg, le résultat est supérieur au NRD fixé dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 de l'ordre de 20 % avec environ 40 % des évaluations transmises au-dessus du NRD. Ceci peut s'expliquer par une différence concernant les établissements représentés dans le recueil des NRD pour les catégories 5-10 et 20-30 kg. En effet, les établissements ayant transmis des données pour ces deux catégories sont en majorité des CHU spécialisés et/ou habitués à la radiopédiatrie alors que ce n'est pas le cas pour ce qui concerne la catégorie 10-20 kg. Ceci illustre la nécessité de diffuser les bonnes pratiques en matière de radioprotection des patients des établissements spécialisés et/ou habitués à la radiopédiatrie vers l'ensemble des établissements prenant en charge des enfants.

Pour les examens du rachis total de face, catégorie 30-50 kg, le résultat est très légèrement inférieur au NRD fixé dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 de l'ordre de 2 % avec un peu plus de 20 % d'évaluations au-dessus du NRD.

A l'inverse, l'examen complet du rachis face et profil avec la technologie chambre à fils donne un résultat largement inférieur au NRD fixé dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 de l'ordre de 20 % sans aucune évaluation au-dessus du NRD.

Pour les examens du bassin (AP), catégorie 15-25 kg, ainsi que pour la cystographie rétrograde, catégories 3-10 kg et 10-20 kg, les résultats sont largement inférieurs au NRD de l'ordre de 40 à 60 %. Le nombre d'évaluations transmises pour la cystographie rétrograde étant encore assez faible (11 et 10, selon la catégorie de poids), ces résultats sont à commenter avec mesure. En outre, il est constaté, sur ces examens, des rapports des 75<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> centiles très importants illustrant l'hétérogénéité des résultats.

Pour les examens TOGD, catégorie 3-15 kg, les résultats sont supérieurs au NRD de l'ordre de 30 % avec environ 40 % des évaluations transmises au-dessus du NRD et un rapport des 75<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> centiles supérieur à 2,5. Ces résultats, tout comme pour la cystographie rétrograde, illustrent une disparité des pratiques. A noter que ces examens englobent plusieurs

<sup>3</sup> <https://www.irsn.fr/sites/default/files/2023-02/Avis-IRSN-2023-00006.pdf>

indications qui n'aboutissent pas au même niveau de dose. Il serait probablement utile d'affiner cette indication pour mieux définir un NRD en conséquence.

Une nouvelle révision des NRD en radiologie conventionnelle chez l'enfant ne paraît pas nécessaire à court terme. Les résultats concernant l'examen complet du rachis face et profil avec la technologie chambre à fils et du bassin de face pour la catégorie 15-25 kg, qui sont très largement inférieurs aux NRD en vigueur, pourraient aller en faveur d'une diminution du NRD ; toutefois les données sont encore peu nombreuses et doivent être confirmées dans le cadre de l'élaboration du prochain bilan qui concernera la période de recueil 2022-2024. Il est également nécessaire de suivre l'évolution des résultats des examens TOGD et cystographie rétrograde et de mener des actions pour encourager et uniformiser l'optimisation des pratiques par les centres pour ces examens, telle que, par exemple, l'élaboration d'un guide de bonnes pratiques par les professionnels de santé concernés. En effet, il semble que certains centres aient mis en place des démarches avancées d'optimisation des doses en pédiatrie qui pourraient utilement être diffusées.

Tableau 3 : Synthèse des résultats de l'analyse des données de radiologie conventionnelle, par type d'examen chez l'enfant, en termes de produit dose.surface (PDS) pour la période 2019-2021

Type d'examen	Classe de poids (kg)	N 2019-2021	Poids médian (kg)	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )			Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD
				NRD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>			
Thorax de face	[3 - 5[	13	3,5	9	8,5	4,5	2,13	-6%	15 %
	[5 -10[	39	7,6	13	11,95	8,93	2,12	-8%	21 %
	[10-20[	82	14,0	19	23	17	2,38	20%	40 %
	[20 -30[	32	24,0	35	33	25	1,71	-6%	22 %
Bassin (AP)	[15-25[	20	18,0	120	66	42	1,91	-45%	5 %
	[35-50[	11	44,0	510	517	492	1,35	1%	27 %
Abdomen sans préparation	[3-6[	3	3,0	20	21	14	1,84	-	33 %
	[6-20[	13	11,5	80	86	45	2,88	8%	38 %
	[20-30[	7	24,1	280	221	218	1,35	-	0 %
Rachis total de face (hors technologie chambre à fils)	[30-50[	44	42,5	800	787	619	1,96	-2%	23 %
Cystographie rétrograde	[3-10[	11	6,9	550	320	108	8,40	-42%	9 %
	[10-20[	10	13,2	1000	385	347	2,14	-62%	10 %
TOGD	[3-15[	10	7,8	150	195	127	2,66	30%	40 %
Lavement opaque	[3-5[	4	3,7	300	80	46	4,93	-	0 %
	[5-20[	1	9,0	400	118	118	1,00	-	0 %
Rachis total face + profil (technologie chambre à fils)	[30-50[	15	42,0	850	660	392	2,56	-22%	0 %

## FOCUS – RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE

### NRD EN MAMMOGRAPHIE NUMERIQUE ET TOMOSYNTHESE MAMMAIRE

Voir l'avis IRSN n°2021-00193 du 3 décembre 2021<sup>4</sup>

A la demande de l'ASN, l'IRSN, avec l'aide des sociétés savantes concernées<sup>5</sup>, a réalisé des enquêtes sur les doses délivrées aux patientes en mammographie numérique 2D (systèmes CR (computed radiography) et DR (direct radiology)) et en tomosynthèse mammaire.

Un recueil des doses délivrées en mammographie numérique 2D (systèmes DR uniquement) et en tomosynthèse mammaire a été réalisé de mars à juillet 2021 auprès des professionnels de santé.

Les indications retenues dans l'étude sur les installations de mammographie 2D DR et de tomosynthèse étaient :

- la mammographie de dépistage organisé du cancer du sein (DOCS) ;
- la mammographie de dépistage individuel, hors DOCS ;
- les actes de tomosynthèse, quelle que soit leur indication clinique.

Les indications exclues du champ de l'étude, pour la raison qu'elles ne concernent pas systématiquement les deux seins ou qu'il peut s'agir d'examen complémentaires utilisant des protocoles et incidences différents des mammographies bilatérales de dépistage, étaient les suivantes :

- les éventuels agrandissements et les clichés centrés ;
- les clichés réalisés sur les seins inflammatoires, les seins symptomatiques, les seins traités ou les prothèses ;
- les clichés réalisés lors des biopsies ;
- les examens réalisés par angiommammographie.

Les systèmes 2D CR ne disposent pas d'un affichage de la DMG, grandeur dosimétrique choisie pour l'étude sur les systèmes 2D DR. Aussi, une analyse des données issues de rapports de contrôle de qualité externe (CQE) des installations CR, transmis à l'IRSN par l'ANSM en septembre 2021, a été menée.

Les données exploitées par l'IRSN pour cette étude concernaient :

- 80 installations en mammographie 2D CR ;
- 77 installations et 5 300 patientes en mammographie 2D DR ;
- 44 installations et 3 009 patientes en tomosynthèse.

Les résultats de l'étude de l'IRSN illustrent que, même si la tomosynthèse n'est à ce jour pas introduite dans le cadre du DOCS, son utilisation tend à se généraliser et la plupart des centres équipés l'utilisent de manière systématique pour ce type de dépistage. Les 75<sup>es</sup> centiles de la DMG sont plus élevés de l'ordre de 35 % en tomosynthèse qu'en mammographie 2D DR. Ces constats confirment la nécessité de mettre en place un NRD en tomosynthèse mammaire.

Les DMG augmentent clairement avec l'épaisseur de sein compressé en mammographie 2D CR, DR et en tomosynthèse. De ce fait, une analyse des indicateurs par intervalle d'épaisseurs de sein est nécessaire.

Par ailleurs, cette étude montre, en mammographie 2D DR et en tomosynthèse, une grande variabilité de la DMG relevée sur patientes selon les marques de mammographes :

- en mammographie 2D DR, le 75<sup>e</sup> centile des DMG par patiente varie de 1 à 2,3 mGy ;
- en tomosynthèse, le 75<sup>e</sup> centile des DMG par patiente varie de 1,4 à 2,9 mGy.

En mammographie 2D CR, la DMG mesurée lors du contrôle de qualité externe varie peu selon les marques de mammographes.

<sup>4</sup> <https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/expertise/avis/2021/Avis-IRSN-2021-00193.pdf>

<sup>5</sup> Société Française de Radiologie, Fédération Nationale des Médecins Radiologues, Société d'Imagerie de la Femme, Société Française de Sénologie et de Pathologie Mammaire, Association Française du Personnel Paramédical d'Electroradiologie, Société Française de Physique Médicale

Que ce soit en mammographie 2D CR, DR ou en tomosynthèse, les résultats obtenus dans l'étude de l'IRSN en termes de DMG sont cohérents avec la littérature récente sur ce sujet. Les faibles écarts toutefois observés entre les indicateurs obtenus dans l'étude de l'IRSN et la littérature récente peuvent s'expliquer par la différence de méthode et de taille d'échantillon des différentes études.

L'analyse des 75<sup>es</sup> centiles des seuils de visibilité du contraste des installations 2D CR montre une moindre performance que pour les installations 2D DR (de l'ordre de 25 à 50 %), alors que le 75<sup>e</sup> centile de la dose mesurée lors des contrôles de qualité externe en mammographie 2D CR est supérieur de l'ordre de 20 % à celui de la mammographie 2D DR. Pour ce qui concerne le score visuel de qualité d'image globale, étant donné la grande variabilité des résultats en matière de score visuel avec des écart-types importants, les différences entre les marques sont incluses dans les intervalles de variations. Il est donc difficile de comparer les performances des installations sur le critère du score visuel sur un fantôme anthropomorphe.

Ces résultats démontrent la nécessité d'intégrer la qualité de l'image à l'analyse de la dose délivrée. Toutefois, ils illustrent également la difficulté de corrélérer la qualité d'image sur objet-test de mesure du seuil de visibilité du contraste à la qualité de l'image sur un fantôme anthropomorphe et, a fortiori, en utilisation clinique.

Ces résultats soulèvent également la problématique, déjà évoquée dans un précédent avis de l'IRSN (18), des moindres performances des installations de mammographie 2D CR qui délivrent davantage de dose pour un seuil de visibilité du contraste moins bon que les installations 2D DR.

A l'heure actuelle, la décision n°2019-DC-0667 de l'ASN définit un NRD unique pour la mammographie numérique 2D DR et 2D CR basé sur la dose moyenne à la glande (DMG) mesurée lors du CQE annuel à 45 mm d'épaisseur équivalente de sein. L'étude de l'IRSN montrant que les DMG varient en fonction de l'épaisseur de sein compressé, il apparaît nécessaire de faire progresser le dispositif NRD en élargissant le recueil à toutes les épaisseurs de sein pour les installations de mammographie 2D DR et de tomosynthèse qui permettent des relevés de la dose sur patientes dans les conditions cliniques. Ainsi, l'IRSN recommande que les établissements réalisent, tous les 3 ans, le recueil des données en mammographie 2D DR et en tomosynthèse pour au moins 50 patientes par installation, quelle que soit l'épaisseur de sein compressé. L'IRSN recommande également d'intégrer, en complément de la dose glandulaire moyenne (DGM), l'épaisseur de sein compressé parmi les éléments à transmettre à l'IRSN dans le cadre du recueil de données requis par la réglementation. L'IRSN recommande enfin de fixer le NRD, sans distinction d'épaisseurs de sein et quelle que soit l'incidence, à 1,7 mGy en mammographie 2D DR et 2,3 mGy en tomosynthèse.

Pour les installations de mammographie 2D CR, les performances cliniques et techniques de ces installations constituent un sujet de préoccupation. L'IRSN recommande de prendre des dispositions pour éviter la mise en service de nouvelles installations de mammographie 2D CR et inciter au remplacement des installations en fonctionnement.

## FOCUS – RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE

### NRD EN CBCT DENTAIRE

Voir l'avis IRSN n°2023-00006 du 11 janvier 2023 <sup>6</sup>

A la demande de l'ASN, l'IRSN, avec l'aide d'organismes professionnels des secteurs concernés<sup>7</sup>, a réalisé en 2 phases, de mai à juillet 2021 puis de février à mars 2022, une enquête sur les doses délivrées par les examens de CBCT dentaire auprès de l'ensemble des professionnels de santé utilisant cette technique, pour les neuf indications suivantes :

- indications chez l'adulte :
  - implant unitaire sans guide, sans sinuslift ;
  - implant multiple avec guide, sans sinuslift ;
  - implant maxillaire avec sinuslift ;
    - exodontie : dents de sagesse bilatérales ;
    - exodontie dent incluse unitaire ;
    - évaluation du parodonte ;
    - endodontie ;
- indications chez l'enfant :
  - dent incluse chez l'enfant d'environ 12 ans ;
  - fente palatine chez l'enfant d'environ 8 à 10 ans.

A la lumière du retour d'expérience des enquêtes réalisées antérieurement dans trois pays européens, les produits dose surface (PDS) associés aux paramètres habituellement sélectionnés pour un patient standard, en termes de morphologie et d'indication, ont été collectés.

228 établissements appartenant aux secteurs dentaire et de l'imagerie médicale ont répondu à l'enquête. Toutefois, les données exploitées par l'IRSN ne concernent que 150 établissements, dont 85 % appartenant au secteur dentaire, proportion cohérente avec celle du parc national. En effet, la qualité variable des données recueillies a nécessité une vérification complexe et une large part de ces données n'a pas pu être utilisée.

L'analyse statistique des données montre que, dans le secteur dentaire, les valeurs des 75<sup>e</sup> centiles du PDS varient relativement peu entre les indications, autour de 700 mGy.cm<sup>2</sup>, sauf pour la parodontie et la dent incluse chez l'enfant. Dans le secteur de l'imagerie médicale, les valeurs sont plus élevées et des variations plus prononcées sont observées entre indications.

La taille du panel d'établissements dont les données ont été exploitées est néanmoins faible en comparaison à la taille du parc installé, estimée à au moins 2 700 appareils. Par ailleurs, même après vérification, des incertitudes persistent pour une partie des données exploitées, notamment pour les indications portant sur plusieurs dents (implant multiple et dents de sagesse bilatérales par exemple) ou pour lesquelles un écart important non expliqué a été constaté entre les secteurs dentaire et de l'imagerie médicale (implant maxillaire par exemple). Enfin, en l'absence d'un référentiel réglementaire de contrôle de qualité des appareils utilisés en imagerie CBCT, il n'est pas possible de garantir que les PDS affichés par les machines correspondent à la réalité de l'exposition des patients.

De façon globale, les 75<sup>e</sup> centiles des PDS obtenus dans l'enquête auprès des utilisateurs français de CBCT sont nettement supérieurs aux NRD en vigueur dans d'autres pays tels que la Finlande, le Royaume-Uni, la Suisse et la Suède. Les seules exceptions sont, d'une part le Japon dont les valeurs de NRD sont très élevées, d'autre part les examens d'endodontie dont la valeur du NRD suisse se rapproche du résultat français.

Compte tenu de l'ensemble de ces éléments et en raison des limites de l'étude exposées précédemment et du nombre insuffisant de données collectées en pédiatrie et pour l'indication de parodontologie chez les adultes, l'IRSN recommande donc de ne retenir que trois indications chez l'adulte : l'implant unitaire sans guide et sans sinuslift, la dent incluse unitaire en exodontie et l'endodontie. L'IRSN recommande d'exprimer le NRD en termes de PDS,

<sup>6</sup> <https://www.irsn.fr/sites/default/files/2023-02/Avis-IRSN-2023-00006.pdf>

<sup>7</sup> Dans le secteur de l'imagerie médicale : la Société française de radiologie (SFR), la Fédération nationale des médecins radiologues (FNMR), la Société française de physique médicale (SFPM) ; dans le secteur dentaire : la Commission radioprotection dentaire (CRD), regroupant l'Association dentaire française (ADF), les Chirurgiens-dentistes de France (CDF), la Fédération des syndicats dentaires libéraux (FSDL), l'Ordre national des chirurgiens-dentistes (ONCD) et l'Union dentaire (UD)

grandeur utilisée dans les pays ayant défini des NRD et déjà utilisée pour l'orthopantomographie, et de fixer une même valeur, 700 mGy.cm<sup>2</sup>, pour les trois indications retenues.

En l'absence de référentiel réglementaire de contrôle de qualité, portant notamment sur la qualité des images acquises, l'IRSN n'estime pas nécessaire, à ce stade, de fixer des VGD en complément des NRD. La VGD a notamment l'objectif de mettre en avant l'importance du maintien d'une qualité d'image suffisante lorsque les doses deviennent faibles.

Au cours de l'expertise qui a conduit à l'avis IRSN n°2023-00006 du 11 janvier 2023, l'IRSN a été confronté à des problématiques de radioprotection liées à l'utilisation des systèmes de CBCT dentaire : absence de respect de certaines obligations réglementaires, méconnaissance des possibilités de réglages des appareils pour optimiser les doses, erreurs dans la documentation de certains constructeurs, besoin de formalisation des pratiques au travers de procédures de réalisation des actes. La mise en place de NRD pour des examens de CBCT dentaire constituerait une aide réelle pour les professionnels de santé, afin de détecter des niveaux de dose délivrés non optimisés.

Dans l'objectif de faire progresser la radioprotection des patients dans le domaine dentaire, l'IRSN a donc émis, dans cet avis, des recommandations qui forment un ensemble qu'il est nécessaire de mettre en œuvre dans un même temps. En effet, la mise en place de nouveaux NRD n'aura de pertinence que si ces recommandations, dont notamment celles relatives à la mise en place d'un référentiel de contrôle de qualité en CBCT dentaire, à la formation des utilisateurs d'appareils de CBCT dentaire et à l'amélioration des informations fournies par les constructeurs et fournisseurs d'appareils, sont mises en œuvre en parallèle.

## SYNTHESE – RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE

L'analyse des évaluations dosimétriques en radiologie conventionnelle montre :

- une participation des structures de radiologie toujours limitée, et stabilisée autour de 50 % ;
- une augmentation de la part des examens d'orthopantomographie et de pédiatrie qui ont respectivement augmenté de 4 et 2 points par rapport au bilan précédent ;
- chez l'adulte :
  - les 75<sup>es</sup> centiles de l'année 2021 se trouvent de 20 % à 30 % sous les NRD en vigueur ;
  - une baisse globale de 19 % des indicateurs de dose en radiologie conventionnelle par rapport à la période 2016-2018, qui confirme la baisse précédemment constatée de 7 % par rapport à la période 2013-2015 ;
  - toujours une grande dispersion des données avec un rapport 75<sup>e</sup>/25<sup>e</sup> de l'ordre de 2 à 3 ;
- chez l'enfant :
  - les évolutions apportées dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 ont permis l'augmentation des quantités de données reçues par rapport au précédent bilan ; cependant, le manque de données en pédiatrie constitue toujours une limite majeure à l'établissement et à la mise à jour régulière des NRD ;
  - pour l'examen complet du rachis face et profil avec la technologie chambre à fils et du bassin de face pour la catégorie 15-25 kg, des résultats largement inférieurs au NRD ;
  - pour l'examen TOGD et la cystographie rétrograde, des rapports entre les 75<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> centiles très importants illustrant l'hétérogénéité des résultats et pouvant illustrer une diversité des pratiques et/ou des indications.

## RECOMMANDATIONS – RADIOLOGIE CONVENTIONNELLE

L'analyse des évaluations dosimétriques en radiologie conventionnelle conduit l'IRSN à recommander :

- chez les adultes :
  - de réviser les NRD ;
  - de suivre l'évolution des données pour ce qui concerne le rachis dorsal de profil et éventuellement questionner le maintien dans le dispositif NRD de cet examen qui reste l'examen avec le plus faible nombre d'évaluations transmises ;
- en pédiatrie :
  - de suivre l'évolution des résultats des examens complets du rachis face et profil avec la technologie chambre à fils et du bassin de face pour la catégorie 15-25 kg pour éventuellement envisager la révision des NRD de ces examens ;
  - de suivre l'évolution des résultats des examens TOGD et cystographie rétrograde et éventuellement revoir à terme la définition de ces NRD sur la base du retour d'expérience depuis 2019 ;
  - d'étudier la pertinence de réviser les catégories de poids afin de s'aligner sur les recommandations européennes et de permettre ainsi des comparaisons ;
  - de continuer à encourager l'envoi de données en pédiatrie en rappelant qu'il est possible de recueillir des données sur plus d'un an.

Par ailleurs, l'IRSN recommande :

- en mammographie, de réviser le NRD en mammographie numérique et introduire un NRD en tomosynthèse mammaire en prenant en compte l'avis émis par l'IRSN en décembre 2021 (19) ;
- en CBCT dentaire, d'introduire un NRD pour certaines indications en prenant en compte l'avis émis par l'IRSN en janvier 2023 (20).

# RADIOLOGIE INTERVENTIONNELLE

## 4.1 CONTRIBUTION DES SERVICES

La décision de l'ASN n° 2019-DC-0667 a introduit des NRD pour certaines pratiques interventionnelles radioguidées. Il s'agit donc de nouveaux actes suivis sur la période faisant l'objet du présent bilan. Les principaux établissements concernés sont les établissements pratiquant des activités interventionnelles sous imagerie médicale par voie endovasculaire, en cardiologie et/ou en neuroradiologie. Pour évaluer la participation des services dans ces domaines spécifiques, il est possible de se baser sur les fichiers « FINESS » des autorisations d'activité de soins (21) et la base de données « Open CCAM » (22).

D'après les données FINESS, il était comptabilisé, fin 2020, de l'ordre de 193 établissements réalisant des activités de cardiologie interventionnelle (hors pédiatrie et hors rythmologie) et de l'ordre de 41 établissements réalisant des activités de neuroradiologie interventionnelle.

Sur cette base, le taux de participation en cardiologie interventionnelle aurait augmenté de 46 à 70 % année par année de 2019 à 2021, 84 % des établissements ayant au moins une fois envoyé des données au cours de cette période. En neuroradiologie, la participation aurait augmenté de 61 à 85 % année par année avec un total de 100 % des établissements ayant envoyé des données au cours de cette période. Ces résultats positifs illustrent l'adhésion des établissements aux système des NRD. Ils sont toutefois à analyser avec précaution étant donné que le nombre d'établissements réalisant ces activités n'est pas parfaitement connu. Il doit être également souligné le petit nombre d'établissements autorisés à réaliser des activités de neuroradiologie interventionnelle (41). Ainsi, même avec 100 % d'établissements ayant envoyé au moins une fois des données sur la période, le nombre d'évaluations dans ce domaine reste faible (25 à 35 par an) et tout juste à la limite des 20 évaluations nécessaires à la fiabilité des résultats. Le faible nombre d'évaluations pour une grande partie des actes conduit à réaliser une analyse sur la période de trois ans et non pas par année pour ce qui concerne le domaine de la radiologie interventionnelle de manière générale.

Pour les pratiques interventionnelles radioguidées concernant d'autres domaines que la cardiologie et la neuroradiologie, le nombre d'établissements concernés est difficile à établir car il n'existe pas de libellé d'activité dédié dans les fichiers d'autorisations d'activité de soins. Pour cette raison, la contribution des services illustrée sur la figure 8 ci-après est présentée en nombre absolu et non en pourcentage comme dans les autres domaines.

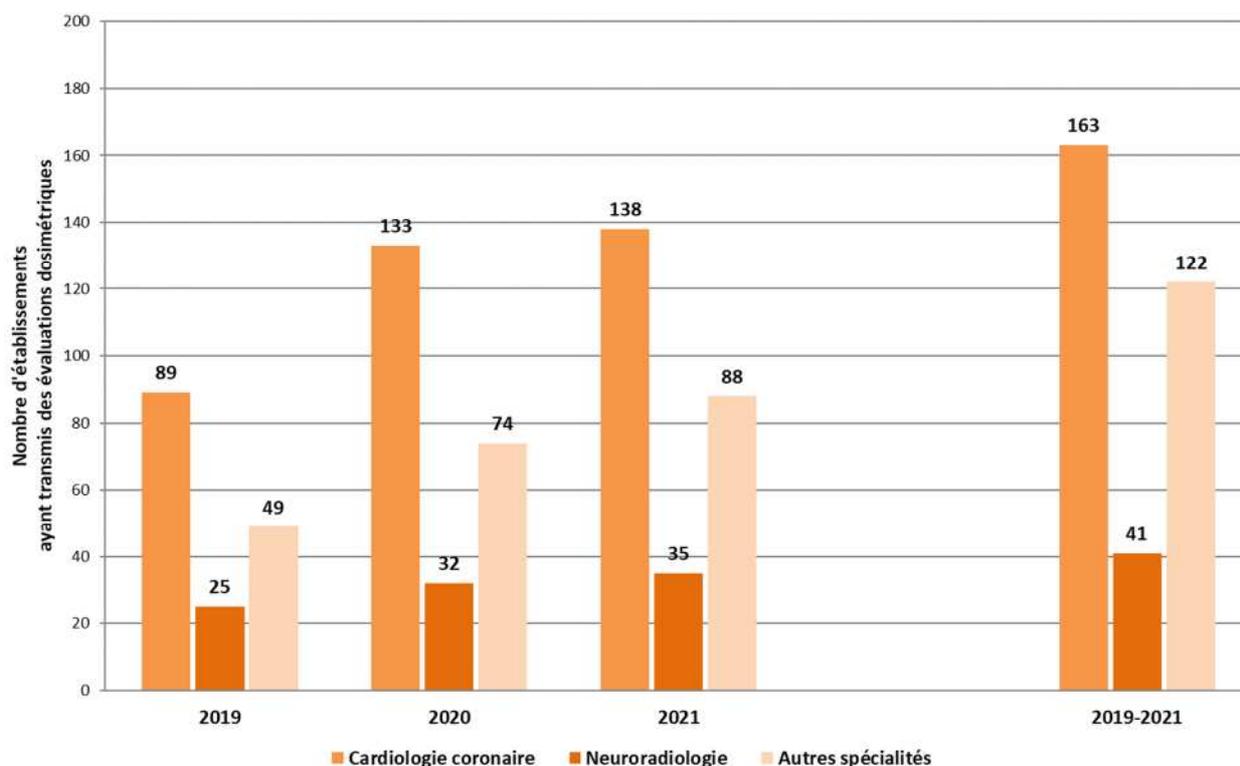


Figure 8 : Nombre d'établissements ayant transmis des évaluations dosimétriques pour la radiologie interventionnelle, par domaine d'activité.

## 4.2 DISTRIBUTION DES DONNEES PAR TYPE D'ACTE

La figure 9 ci-après présente la répartition, en pourcentage, par type d'acte, des évaluations dosimétriques transmises à l'IRSN par les professionnels de santé de 2019 à 2021, complétée par la proportion de données ayant pu être exploitée par l'IRSN.

Les taux d'exploitation des données transmises sont faibles ; ils varient d'environ 50 % pour la coronarographie à 72 % pour le drainage biliaire avec pose de prothèse par voie transcutanée. Cependant, ces faibles taux d'exploitation des données ne sont pas liés à la qualité des données, mais à la suppression de « doublon » pour permettre l'analyse des données sur une période de trois ans et non année par année. En effet, dans le domaine de la radiologie interventionnelle, certaines installations sont dédiées à certaines spécialités et actes spécifiques ; de ce fait, de nombreux établissements ne réalisent qu'un petit nombre de type d'actes considérés dans la liste de la décision de l'ASN n° 2019-DC-0667. Ainsi, un grand nombre d'entre eux envoient chaque année des données pour les mêmes actes sur une même installation. Dans ce cas de figure, pour l'analyse sur la période de trois ans, afin de ne pas donner plus de poids à une installation plutôt qu'une autre, seule l'évaluation sur la dernière année est conservée. Par exemple, pour la coronarographie, sur un total de 550 évaluations transmises, seulement 275 évaluations ont été exploitées dans le cadre du présent rapport. Sur les 275 évaluations non exploitées, seulement 16 ne l'ont pas été pour des raisons de qualité des données. Ainsi, 259 évaluations n'ont pas été exploitées du fait de l'analyse sur trois ans.

La coronarographie et l'angioplastie des artères coronaires représentent environ 60 % des données. Il n'est pas possible de dire précisément si cette distribution apparaît cohérente avec la fréquence des actes réalisés en France. En effet, certains des actes considérés relèvent de la radiologie interventionnelle thérapeutique et ne sont pas analysés dans l'étude EXPRI qui ne concerne que les activités diagnostiques (16).

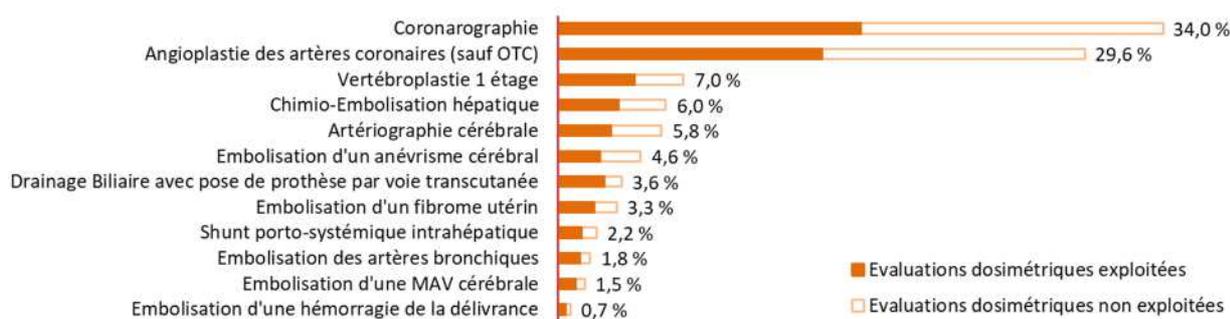


Figure 9 : Répartition en pourcentage par type d'acte des évaluations dosimétriques en radiologie interventionnelle dont les résultats ont été transmis à l'IRSN de 2019 à 2021 (nombre total d'évaluations transmises : 1620).

## 4.3 SYNTHÈSE DES RESULTATS EN RADIOLOGIE INTERVENTIONNELLE

Les résultats des évaluations dosimétriques transmises par les professionnels en radiologie interventionnelle en termes de PDS, de temps de scopie et de Kerma dans l'air au point de référence sont présentés dans les tableaux 4, 5 et 6 ci-après. En effet, outre le PDS et le temps de scopie définis au niveau réglementaire, il était possible, pour chaque établissement, de transmettre des données complémentaires et facultatives en termes de nombre d'images de graphie et de Kerma dans l'air au point de référence (cf. paragraphe 2.4 du présent rapport). Les données transmises sur le Kerma dans l'air au point de référence étant suffisamment nombreuses, elles ont pu faire l'objet d'une analyse. Les résultats concernant le nombre d'images de graphie ne sont pas présentés car un trop grand nombre d'incohérences a été constaté. L'origine de ces incohérences doit être investiguée afin de tenter de renforcer la fiabilité des données transmises sur cet aspect pour le prochain bilan.

Pour chacun des actes considérés, sont présentés, pour la période 2019-2021 :

- le nombre d'évaluations exploitées (N),
- le poids et l'IMC médians des patients,
- les NRD et VGD en vigueur (NRD et VGD),
- les valeurs du 75<sup>e</sup> centile (75<sup>e</sup>) et du 50<sup>e</sup> centile (50<sup>e</sup>) pour les données collectées,
- le rapport des 75<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> centiles,

- le positionnement du 75<sup>e</sup> centile par rapport au NRD en vigueur (% NRD),
- le pourcentage d'évaluations dosimétriques reçues au-dessus du NRD en vigueur (> NRD).

Si les 75<sup>e</sup> centiles des temps de scopie sont assez proches des NRD fixés par la décision de l'ASN n° 2019-DC-0667, globalement les 75<sup>e</sup> centiles des PDS sont très nettement en-dessous (de 30% à 54%). Ceci peut s'expliquer par plusieurs raisons :

- l'étude de la SFPM ayant servi de base à la détermination des NRD en radiologie interventionnelle (23 ; 24) a été réalisée sur la base d'un recueil de données datant de fin 2015 à janvier 2016 ; les NRD en vigueur sont donc basés sur des données déjà anciennes ;
- dans l'étude de la SFPM, les analyses ont été réalisées sur la base des distributions des doses par patient et non sur la distribution des médianes par installation ; l'analyse de la médiane par installation est la méthode d'analyse employée dans le cadre des rapports d'analyse réalisés par l'IRSN tous les trois ans et qui est recommandée par la CIPR (25) ; cette méthode d'analyse réduit les variations liées à chaque acte (morphologie du patient, complexité de l'acte...) et donc la dispersion des données.

Compte-tenu de ces résultats, l'IRSN recommande de réviser la valeur des NRD en radiologie interventionnelle en se basant sur les résultats de ce bilan.

Les nombreuses données sur le Kerma dans l'air peuvent quant à elles être comparées aux résultats des études de la SFPM et de RAY ACT 2 (23 ; 24 ; 26). Ces données se sont avérées très utiles pour la vérification des données. L'IRSN recommande d'établir en complément un NRD sur cet indicateur dosimétrique sur la base des résultats de ce bilan (cf. focus dédié).

**Tableau 4 : Synthèse des résultats de l'analyse des données de radiologie interventionnelle par type d'acte chez l'adulte, pour la période 2019 - 2021, exprimés en termes de produit dose.surface (PDS).**

Type d'examen	N	Poids médian (kg)	IMC médian (kg/m <sup>2</sup> )	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD
				NRD	VGD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>			
Coronarographie	275	76,0	26,1	38	21	20,0	14,6	2,00	-47%	1,5%
Angioplastie des artères coronaires (sauf occlusion totale chronique)	240	77,0	26,3	80	45	40,7	28,6	2,09	-49%	2,1%
Artériographie cérébrale (3 axes ou plus)	48	69,5	24,1	105	65	52,7	40,1	1,77	-50%	2,1%
Embolisation d'un anévrisme cérébral	38	67,0	24,0	190	130	129,8	96,2	1,80	-32%	0,0%
Embolisation d'une malformation artério-veineuse cérébrale	16	71,0	24,2	285	170	199,8	152,3	1,69	-30%	6,3%
Chimio-embolisation hépatique	55	77,5	26,3	240	115	155,5	101,7	2,49	-35%	12,7%
Embolisation des artères bronchiques	20	69,8	23,8	135	70	74,7	51,3	3,21	-45%	0,0%
Embolisation d'un fibrome utérin	33	64,5	23,5	130	55	59,5	35,5	2,11	-54%	0,0%
Embolisation d'une hémorragie de la délivrance	7	69,0	24,5	295	170	139,2	100,1	2,02	-53%	0,0%
Shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS)	21	74,5	25,3	190	95	127,0	96,3	2,38	-33%	9,5%
Drainage biliaire avec pose de prothèse par voie transcutanée	42	66,3	23,3	45	20	23,5	17,5	3,23	-48%	4,8%
Vertébroplastie (1 étage vertébral)	69	67,0	24,2	60	30	27,8	15,0	9,24	-54%	4,3%

Tableau 5 : Synthèse des résultats de l'analyse des données de radiologie interventionnelle par type d'acte chez l'adulte, pour la période 2019 - 2021, exprimés en termes de temps de scopie.

Type d'examen	N	Poids médian (kg)	IMC médian (kg/m <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD
				NRD	VGD	75°	50°			
Coronarographie	275	76,0	26,1	6	4	4,3	3,2	1,74	-28 %	8,4 %
Angioplastie des artères coronaires (sauf occlusion totale chronique)	240	77,0	26,3	15	10	12,9	10,3	1,65	-14 %	15,0 %
Artériographie cérébrale (3 axes ou plus)	48	69,5	24,1	13	8	12,6	10,2	1,74	-31 %	25,0 %
Embolisation d'un anévrisme cérébral	38	67,0	24,0	58	37	50,2	43,8	1,74	-13 %	15,8 %
Embolisation d'une malformation artério-veineuse cérébrale	16	71,0	24,2	68	45	75,8	57,4	1,80	+11 %	37,5 %
Chimio-embolisation hépatique	55	77,5	26,3	27	18	26,7	21,7	1,80	-11 %	21,8 %
Embolisation des artères bronchiques	20	69,8	23,8	38	25	26,2	24,1	1,23	-31 %	5,0 %
Embolisation d'un fibrome utérin	33	64,5	23,5	29	20	21,5	15,4	1,90	-26 %	6,1 %
Embolisation d'une hémorragie de la délivrance	7	69,0	24,5	25	15	20,1	18,9	1,45	-20 %	0,0 %
Shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS)	21	74,5	25,3	39	25	28,6	21,5	1,61	-21 %	4,8 %
Drainage biliaire avec pose de prothèse par voie transcutanée	42	66,3	23,3	18	11	15,0	11,4	2,20	-17 %	2,4 %
Vertébroplastie (1 étage vertébral)	69	67,0	24,2	9	6	6,9	4,1	5,02	-23 %	11,6 %

Tableau 6 : Synthèse des résultats de l'analyse des données de radiologie interventionnelle par type d'acte chez l'adulte, pour la période 2019 - 2021, exprimés en termes de kerma dans l'air au point de référence.

Type d'examen	N	Poids médian (kg)	IMC médian (kg/m <sup>2</sup> )	K <sub>air</sub> au point de référence (mGy)				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>
				RAY ACT 2	SFPM	75°	50°	
Coronarographie	224	76,0	26,0	353	-	258,2	187,5	1,89
Angioplastie des artères coronaires (sauf occlusion totale chronique)	196	77,0	26,3	920	-	626,0	448,0	1,96
Artériographie cérébrale (3 axes ou plus)	38	69,8	24,1	-	720	364,4	261,6	1,64
Embolisation d'un anévrisme cérébral	30	67,1	24,0	-	2765	2258,6	1177,5	2,53
Embolisation d'une malformation artério-veineuse cérébrale	14	70,5	24,1	-	3235	2154,7	1532,4	1,90
Chimio-embolisation hépatique	48	77,5	26,3	-	1000	935,2	586,7	2,28
Embolisation des artères bronchiques	18	70,0	23,8	-	845	350,8	320,3	2,03
Embolisation d'un fibrome utérin	27	64,0	23,4	-	700	314,8	206,0	2,08
Embolisation d'une hémorragie de la délivrance	7	69,0	24,5	-	940	722,8	501,3	2,65
Shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS)	17	74,5	25,5	-	810	717,2	292,2	3,24
Drainage biliaire avec pose de prothèse par voie transcutanée	32	65,9	23,3	-	310	140,9	102,3	2,87
Vertébroplastie (1 étage vertébral)	43	68,0	24,2	-	610	358,6	224,0	4,25

Les analyses par type d'acte sont détaillées dans l'annexe au présent rapport sous forme de fiches. Pour chaque type d'acte pour lesquels les données recueillies permettent une analyse, ces fiches présentent :

- les distributions du PDS, du temps de scopie et du kerma dans l'air sous forme de graphiques sur la période 2019-2021 ;
- un tableau présentant les données statistiques associées.

Etant donné que ces actes ont été introduits en 2019 dans la décision de l'ASN, l'analyse de l'évolution des résultats par rapport aux résultats des bilans antérieurs n'est pas possible.

Dans la mesure où les 75<sup>es</sup> centiles de la période 2019-2021 en termes de PDS se trouvent de 30 % à 54 % sous les NRD en vigueur, une révision de ces derniers paraît nécessaire.

Il est noté une grande dispersion des données en particulier pour le PDS avec un rapport 75<sup>e</sup>/25<sup>e</sup> de l'ordre de 2 à un peu plus de 3 (en dehors de la vertébroplastie). Les rapports 75<sup>e</sup>/25<sup>e</sup> les plus importants sont constatés pour les actes à visée thérapeutique. Les différences de niveaux de complexité des interventions pourraient expliquer une grande part de ces dispersions. Les résultats sur les temps de scopie semblent moins variables.

Pour ce qui concerne le cas de la vertébroplastie, il est constaté un rapport  $75^{\circ} / 25^{\circ}$  supérieur à 9. L'origine de ce résultat provient du fait que des données ont été transmises pour des installations mobiles d'une part et des installations fixes d'autre part. L'analyse séparée des données conduit à un 50<sup>e</sup> centile en termes de PDS 10 fois supérieur pour les installations fixes que pour les installations mobiles. Ainsi sous le terme de « vertébroplastie » sont regroupés différents types d'actes réalisés sur des installations différentes, ce qui conduit à une très grande dispersion des données. Il conviendrait certainement, à l'avenir, de mieux définir cette typologie d'acte afin d'affiner les résultats.

Enfin, à ce jour, la décision de l'ASN n° 2019-DC-0667 requiert la transmission de données en radiologie interventionnelle pour au moins 10 patients adultes consécutifs et non pas pour au moins 30 patients comme pour les autres domaines. Ce choix de limiter le nombre de données lors de l'envoi par les centres avait été fait lors de l'élaboration de la décision précitée afin d'encourager la participation des établissements. Toutefois, afin de renforcer la robustesse des évaluations dosimétriques, il conviendrait maintenant d'augmenter le nombre minimum de données requises pour les évaluations dosimétriques en radiologie interventionnelle. A cette fin, il serait intéressant d'étudier la pertinence d'un envoi de données massif issues des DACS, même incomplètes puisque les informations sur les poids et tailles des patients sont rarement disponibles dans ces bases de données. Cette étude pourrait être initiée dans le domaine de la radiologie interventionnelle et, si ce principe s'avérait satisfaisant, il pourrait être généralisé aux autres domaines.

## FOCUS – RADIOLOGIE INTERVENTIONNELLE

### KERMA DANS L'AIR AU POINT DE REFERENCE

Bien que cette donnée soit facultative, une large proportion des évaluations transmises en radiologie interventionnelle précisait les valeurs du kerma dans l'air au point de référence (14) (60 à 100 % des évaluations selon les actes).

Cette donnée, facilement accessible, est très souvent utilisée par les professionnels (physiciens médicaux, médecins...) comme moyen d'alerte en complément du PDS notamment. En effet, pour les actes nécessitant des petits champs, le PDS peut rester faible alors que le Kerma dans l'air au point de référence peut s'avérer élevé. Ainsi, les utilisateurs ont d'ores et déjà pris l'habitude de s'intéresser à cet indicateur dosimétrique et l'ont spontanément transmis à l'IRSN.

Cet indicateur s'est avéré très utile pour l'IRSN dans le cadre de la vérification des données. Le rapport  $PDS/K_{air}$  devrait se rapprocher de la surface de champ moyenne utilisée lors de l'acte. Ainsi, les données avec un rapport  $PDS/K_{air}$  incohérent ont été exclues de l'analyse.

Il n'est pas possible de comparer les résultats obtenus à des valeurs de NRD puisque cet indicateur n'est pas défini au niveau réglementaire. Cependant, la comparaison des résultats de ce bilan aux résultats des études ayant servi à l'élaboration des NRD en radiologie interventionnelle, à savoir l'étude RAY'ACT-2 et l'étude de la SFPM (23 ; 24 ; 26), est possible.

Pour la plupart des actes, les résultats en termes de Kerma dans l'air au point de référence (cf. tableau 6 ci-avant) sont très en dessous des résultats obtenus lors des études de la SFPM et RAY'ACT-2, en particulier pour l'embolisation des artères bronchiques et l'embolisation d'un fibrome utérin. C'est également vrai pour l'artériographie cérébrale (3 axes ou plus), mais, sur cet acte, un biais dans les données est possible car certaines des données transmises peuvent concerner moins de 3 axes. De la même manière, pour la vertébroplastie, les données transmises à l'IRSN concernent des actes réalisés sur des installations mobiles ou des installations fixes avec des niveaux de dose très différents. Les mêmes raisons que celles évoquées précédemment au sujet des résultats des valeurs de PDS peuvent être avancées pour expliquer l'écart entre les résultats du présent bilan et les résultats des études Ray Act 2 et SFPM : données des études plus ou moins récentes, étude de la distribution des doses par patient vs la distribution des médianes des doses des installations.

Ainsi, l'IRSN recommande d'établir en complément des NRD en termes de PDS et temps de scopie, un NRD sur le kerma dans l'air au point de référence en se basant sur les résultats du présent bilan.

## SYNTHESE – RADIOLOGIE INTERVENTIONNELLE

L'analyse des évaluations dosimétriques en radiologie interventionnelle montre :

- une participation très large des établissements en cardiologie et neuroradiologie interventionnelles dès l'introduction en 2019 des NRD nouvellement définis dans la réglementation ;
- des 75<sup>es</sup> centiles de la période 2019-2021 de 30 % à 54 % sous les NRD en vigueur ;
- une grande dispersion des données, en particulier pour le PDS avec un rapport 75<sup>e</sup>/25<sup>e</sup> de l'ordre de 2 à 3 (hors vertébroplastie) ;
- une encore plus grande dispersion des données en vertébroplastie avec un rapport 75<sup>e</sup>/25<sup>e</sup>, en terme de PDS, supérieur à 9 du fait de la prise en compte de données portant à la fois sur des installations mobiles et fixes ;
- un grand nombre de données transmises en termes de kerma dans l'air au point de référence, très utiles pour la validation des données ;
- des résultats en termes de nombre d'images de graphie incohérents.

## RECOMMANDATIONS – RADIOLOGIE INTERVENTIONNELLE

L'analyse des évaluations dosimétriques en radiologie interventionnelle conduit l'IRSN à émettre les recommandations suivantes :

- réviser la valeurs des NRD ;
- suivre l'évolution des résultats des actes de vertébroplastie et, éventuellement, revoir à terme la définition de son NRD sur la base du retour d'expérience depuis 2019 ;
- ajouter le kerma dans l'air au point de référence comme indicateur dosimétrique complémentaire au PDS et au temps de scopie;
- investiguer l'origine des incohérences sur les données en terme de nombre d'images de graphie afin de fiabiliser les données reçues sur cet indicateur ;
- envisager d'augmenter le nombre de données de patients à considérer pour chaque évaluation transmise en étudiant la pertinence d'un envoi de données massif depuis les DACS sans les poids et tailles des patients dans l'objectif d'obtenir des données moyennes plus représentatives de la pratique clinique ;
- envisager, sur proposition des parties prenantes consultées sur le dispositif NRD en 2022 :
  - la création de NRD pour deux actes rythmologiques considérés comme les plus irradiants : l'ablation de la fibrillation atriale et la resynchronisation ventriculaire (= stimulation cardiaque triple ou multisite) ; le groupe « rythmologie » de la Société Française de Cardiologie devra être consulté pour réaliser ce travail ;
  - l'introduction, à terme, des actes interventionnels réalisés sous scanner, notamment en engageant une réflexion sur les actes de cardiologie interventionnelle (TAVI, valvuloplastie mitrale) ou de radiologie interventionnelle vasculaire (angioplastie vasculaire périphérique, autres actes à préciser) réalisés dans des blocs opératoires ou des salles hybrides, et non dans des salles de radiologie dédiées.

# SCANOGRAPHIE

## 5.1 CONTRIBUTION DES SERVICES

Sur la période 2019-2021, l'IRSN s'est basé sur les données d'autorisation des équipements lourds disponibles sur le site data.gouv.fr afin de mettre à jour l'estimation du nombre total d'appareils de scanographie utilisés à des fins de radiodiagnostic. D'après ces données, leur nombre a continué d'augmenter par rapport à la période 2016-2018 et est passé de 1 184 appareils en 2019 à 1 279 en 2021.

Par ailleurs, il convient d'indiquer que :

- dans la mesure où les examens scanner de simulation en radiothérapie n'entrent pas dans le champ d'application des NRD, ils ne sont donc pas traités dans le présent bilan ;
- les acquisitions scanographiques réalisées lors des examens de tomographie par émission de positons sont traitées dans la partie concernant la médecine nucléaire.

Des évaluations dosimétriques ont été transmises pour près de 90 % des installations sur la période 2019-2021. La participation a même dépassé les 90 % en 2020 (cf. figure 10 ci-après). Cette augmentation de 5 points sur 2020 est probablement due aux changements apportés par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667. En effet, celle-ci impose d'évaluer chaque année les doses de deux actes au moins pour chaque dispositif de scanographie alors que précédemment c'était pour chaque établissement ; les établissements dotés de plusieurs scanners pouvaient donc ne s'intéresser qu'à une partie des appareils. Cependant, cette augmentation ne s'est pas poursuivie sur 2021.

En scanographie, la répartition de l'origine des données entre le secteur public et le secteur privé à but lucratif est équilibrée (cf. figure 11 ci-après), sauf dans le cas particulier de la pédiatrie. Cette répartition de l'origine des données est cohérente avec la répartition des scanners entre les secteurs public et privé qui avait été estimée à respectivement environ 47 % et 53 % dans le précédent bilan (27).

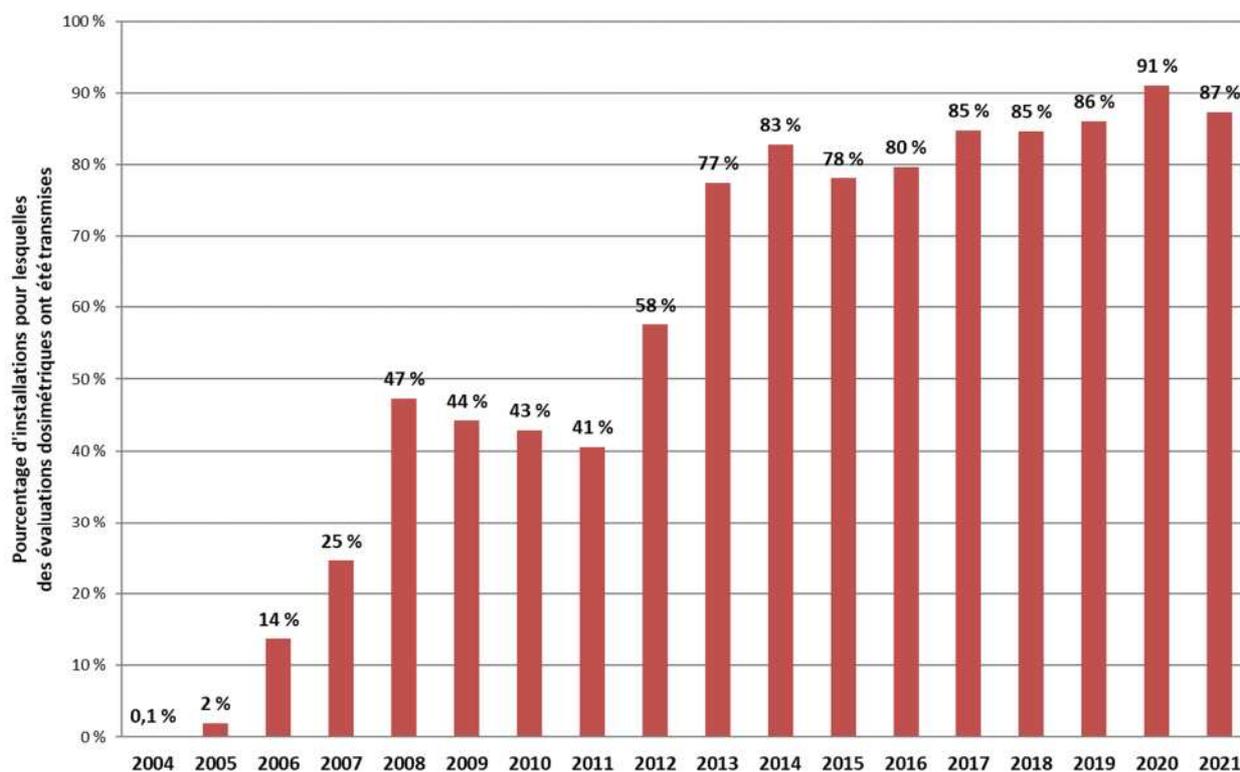


Figure 10 : Evolution de la participation annuelle des établissements pratiquant des actes de scanographie depuis 2004.

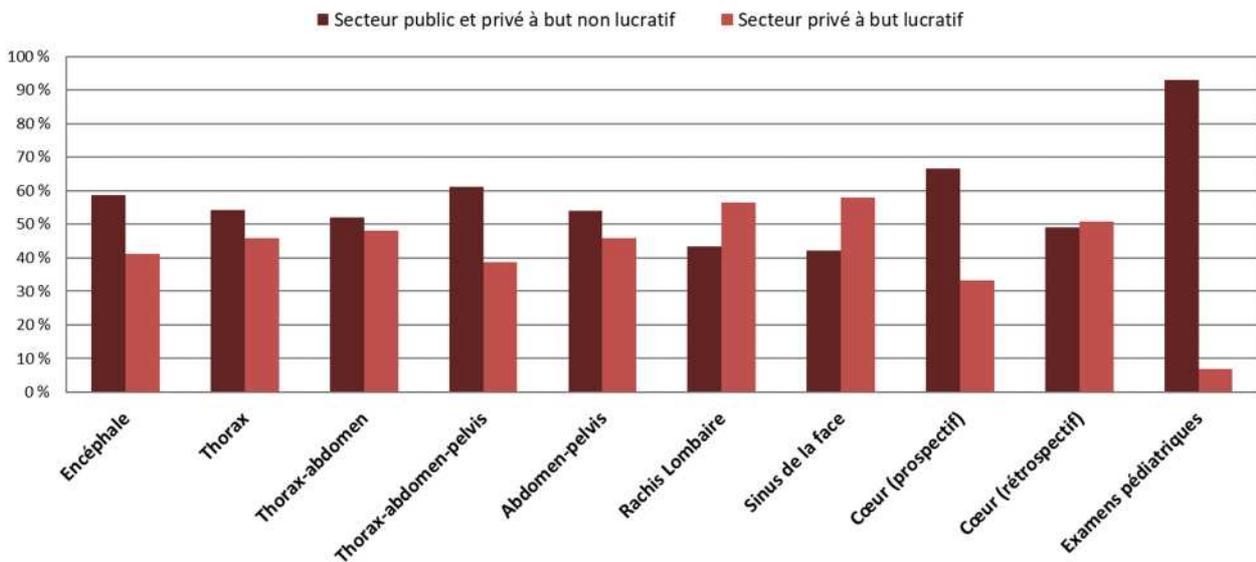


Figure 11 : Origine des données exploitées au titre des NRD, sur la période 2019-2021, selon le type d'examen et le secteur d'activité, en scanographie.

## 5.2 DISTRIBUTION DES DONNEES PAR TYPE D'EXAMEN

### Examens réalisés chez l'adulte

La figure 12 ci-après présente la répartition, en pourcentage, des évaluations dosimétriques transmises par les professionnels de santé, par type d'examen, complétée par la proportion de données ayant pu être exploitées par l'IRSN.

Les examens ayant fait l'objet du plus grand nombre d'évaluations dosimétriques concernent l'encéphale, puis le thorax et enfin la région abdomino-pelvienne (AP). Ainsi, le thorax est passé en deuxième position alors qu'il était en troisième position lors du précédent bilan. Il pourrait s'agir d'un effet de la crise covid-19 ayant conduit les établissements à s'intéresser de plus près aux examens du thorax.

Pour les examens introduits par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 (sinus de la face, thorax-abdomen, cœur rétrospectif, cœur prospectif), peu de données ont été transmises, en particulier pour les deux examens du cœur et le thorax-abdomen.

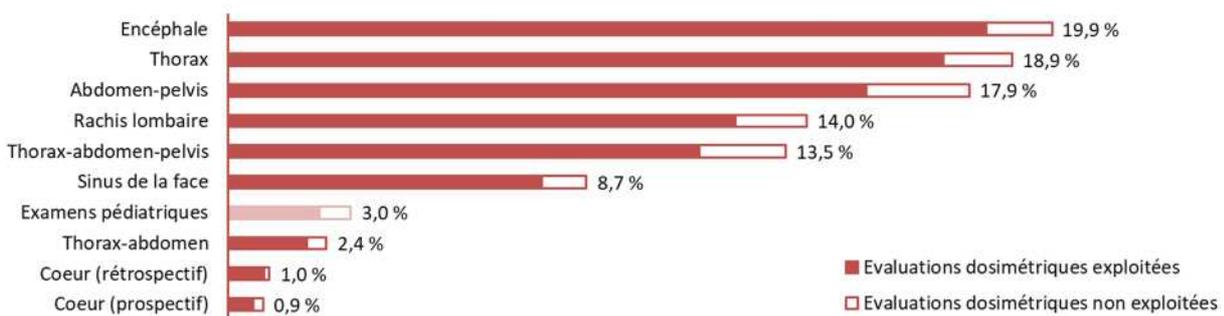


Figure 12 : Répartition par type d'examen des évaluations dosimétriques en scanographie dont les résultats ont été transmis à l'IRSN de 2019 à 2021 (nombre total d'évaluations transmises : 6697)

Au total, environ 88 % des données transmises à l'IRSN en scanographie ont été exploitées pour l'analyse nationale, ce qui représente une amélioration par rapport au précédent bilan, pour lequel ce pourcentage était de l'ordre de 80 %.

L'examen de l'encéphale reste l'acte avec le taux de rejet le plus faible (de l'ordre de 9%) car le critère de l'IMC ne s'applique pas. Le cœur prospectif et la région du thorax-abdomen sont les examens ayant le taux de rejet le plus important (proche de 20 % à 30 %), ce qui peut s'expliquer par l'application du critère de validation concernant les longueurs d'acquisition (cf. paragraphe relatif à l'analyse des données du chapitre 2.4 du présent rapport).

## Examens réalisés chez l'enfant

Le nombre d'évaluations transmises en scanographie pédiatrique, bien qu'ayant augmenté par rapport au bilan précédent, reste toujours faible avec, d'une part moins de 3 % de l'ensemble des données relatives aux examens scanner (figure 12 ci-avant), contre 2 % lors du précédent bilan, d'autre part seulement 7 à 37 évaluations dosimétriques transmises à l'IRSN par type d'examen et catégorie de poids (cf. figure13), contre 1 à 17 évaluations lors du précédent bilan. Comme dans le bilan précédent, les examens de l'encéphale et du thorax sont les plus souvent évalués du point de vue dosimétrique. Malgré les évolutions réglementaires, le volume de données reçu ne permet toujours pas une évaluation robuste des pratiques au niveau national.

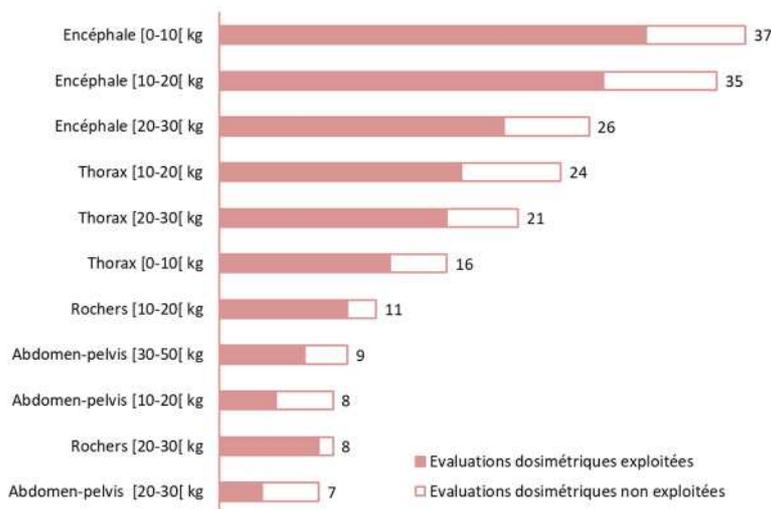


Figure 13 : Répartition par type d'examen et par poids du nombre d'évaluations dosimétriques en scanographie chez l'enfant dont les résultats ont été transmis à l'IRSN de 2019 à 2021 (nombre total d'évaluations transmises : 202).

## 5.3 SYNTHÈSE DES RESULTATS EN SCANOGRAPHIE

### Examens réalisés chez l'adulte

Les tableaux 7 et 8 ci-après présentent les résultats des analyses des données collectées entre 2019 et 2021 en scanographie chez l'adulte, par examen, respectivement en termes d'IDSV et de PDL.

Dans ces tableaux sont présentés :

- le nombre d'évaluations exploitées pour l'année 2021 et la période 2019-2021 (N),
- le poids et l'IMC médians des patients concernés par les données collectées,
- les NRD et VGD en vigueur,
- les valeurs, issues des données collectées en 2021, du 75<sup>e</sup> centile (75<sup>e</sup>) et du 50<sup>e</sup> centile (50<sup>e</sup>),
- le rapport des 75<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> centiles de l'année 2021,
- le positionnement du 75<sup>e</sup> centile de l'année 2021 par rapport au NRD en vigueur (% NRD),
- le pourcentage d'évaluations dosimétriques reçues en 2021 au-dessus du NRD en vigueur (> NRD),
- la variation du 75<sup>e</sup> centile de 2021 par rapport à la valeur de 2018 publiée dans le bilan précédent.

Tableau 7 : Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'adulte, par examen, pour les données de l'année 2021, en termes d'indice de dose scanographique du volume (IDSV). Les 4 derniers examens du tableau sont les examens nouvellement introduits par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667, les calculs sont réalisés sur la période 2019-2021 et non sur l'année 2021 seule.

Type d'examen	N 2021 (2019-2021)	Poids médian (kg)	IMC médian (kg/m <sup>2</sup> )	IDSV (mGy)				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD	Variation
				NRD	VGD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>				
Encéphale	431 (1245)	70,0	24,7	46	40	39,6	36,6	1,17	-14 %	2,8 %	-3 %
Thorax	406 (1176)	73,0	25,4	9,5	7,5	6,6	5,5	1,52	-30 %	2,5 %	-11 %
Thorax-abdomen-pelvis	295 (775)	70,5	24,9	11	9,5	9,1	7,8	1,34	-18 %	3,7 %	-10 %
Abdomen-pelvis	389 (1049)	71,0	25,0	13	11	9,5	8,2	1,35	-27 %	1,0 %	-6 %
Rachis lombaire	304 (834)	72,0	25,4	28	23	21,6	19,3	1,27	-23 %	3,0 %	-10 %
Sinus de la face	(515)	70,0	24,7	14	-	6,9	5,5	1,56	-51 %	1,0 %	-
Thorax-abdomen	(129)	71,0	24,8	11	9,5	8,6	7,4	1,33	-22 %	3,1 %	-
Coeur (prospectif)	(42)	74,8	25,5	26	18	16,2	10,5	2,43	-38 %	4,8 %	-
Coeur (rétrospectif)	(59)	74,0	26,0	44	30	33,2	27,3	1,48	-25 %	5,1 %	-

Tableau 8 : Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'adulte, par examen, pour les données de l'année 2021, en termes de produit dose.longueur (PDL). Les 4 derniers examens du tableau sont les examens nouvellement introduits par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667, les calculs sont réalisés sur la période 2019-2021 et non sur l'année 2021 seule.

Type d'examen	N 2021 (2019-2021)	Poids médian (kg)	IMC médian (kg/m <sup>2</sup> )	PDL (mGy.cm)				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD	Variation
				NRD	VGD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>				
Encéphale	431 (1245)	70,0	24,7	850	725	734	673	1,19	-14 %	3,5 %	-1 %
Thorax	406 (1176)	73,0	25,4	350	275	248	208	1,52	-29 %	3,2 %	-13 %
Thorax-abdomen-pelvis	295 (775)	70,5	24,9	750	650	620	534	1,33	-17 %	3,7 %	-10 %
Abdomen-pelvis	389 (1049)	71,0	25,0	625	525	475	408	1,38	-24 %	2,1 %	-3 %
Rachis lombaire	304 (834)	72,0	25,4	725	625	621	537	1,40	-14 %	6,9 %	-5 %
Sinus de la face	(515)	70,0	24,7	250	-	101	81	1,56	-60 %	0,4 %	-
Thorax-abdomen	(129)	71,0	24,8	550	475	415	359	1,37	-25 %	2,3 %	-
Coeur (prospectif)	(42)	74,8	25,5	375	325	259	171	2,28	-31 %	7,1 %	-
Coeur (rétrospectif)	(59)	74,0	26,0	875	550	624	505	1,48	-29 %	1,7 %	-

Pour les examens de l'encéphale, thorax, abdomen-pelvis, thorax-abdomen-pelvis et rachis lombaire, il est noté une diminution de l'IDSV et du PDL par rapport au bilan précédent de 1 % à 13 %.

Pour l'ensemble des examens considérés, les 75<sup>es</sup> centiles de l'année 2021 en termes d'IDSV et de PDL sont inférieurs de 14 % à 60 % au NRD en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2019. Ils sont inférieurs de peu à la VGD pour la quasi-totalité des examens. Outre les examens du thorax et de l'abdomen-pelvis, les examens introduits par la décision de l'ASN de 2019 (sinus de face, thorax-abdomen, cœur prospectif et rétrospectif) comptent principalement parmi ceux dont les 75<sup>e</sup> centiles sont les plus en dessous des NRD. L'évolution à la baisse des indices dosimétriques pour ces zones anatomiques est plus marquée que pour les examens de l'encéphale par exemple. Cette tendance à la baisse pourrait notamment s'expliquer par les évolutions technologiques et, en particulier, la généralisation et l'amélioration des algorithmes de reconstruction itérative des images, ce type d'algorithme étant plus efficace sur la région abdomino-pelvienne que sur l'encéphale. Par ailleurs, des établissements réalisant des examens très basse dose pour des indications spécifiques sur certaines régions anatomiques ont transmis des données conduisant à des doses minimales extrêmement basses par rapport au bilan précédent ; c'est le cas notamment du thorax et du rachis lombaire par exemple.

La quantité de données collectées sur la période 2019-2021 est satisfaisante pour les examens de l'encéphale, du thorax, de l'abdomen-pelvis, du thorax-abdomen-pelvis et du rachis lombaire puisque, pour chacun d'eux, plusieurs centaines d'évaluations ont été transmises. Pour les examens introduits dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 (sinus de face, thorax-abdomen, cœur prospectif et rétrospectif), seul l'examen de sinus de la face présente un nombre d'évaluations supérieur à 100. Les données pour ces nouveaux examens ont donc été agrégées sur 3 ans pour pouvoir en faire une analyse.

Les résultats pour chaque type d'examen sur la période 2019-2021 sont détaillés dans l'annexe du présent rapport. Les figures représentant l'évolution des IDSV et PDL depuis 2011 montrent une diminution continue des 75<sup>es</sup> centiles quel que soit le type d'examen.

Comme évoqué dans le précédent bilan, les valeurs des NRD de la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 ont été établies sur la base de données datant de 2015 et la baisse des valeurs des indicateurs dosimétriques observée sur la période 2016-2018 (12% par rapport à la période 2013-2015) se confirme sur ce bilan (8 % de baisse par rapport à la période 2016-2018 (hors nouveaux examens)). Au global, les résultats sur la période sont 28 % en dessous des NRD. Il paraît donc nécessaire de réviser les valeurs des NRD en scanographie.

En outre, comme illustré dans le précédent bilan, la définition des NRD par région anatomique conduit à agréger des données présentant des caractéristiques très hétérogènes en lien avec des objectifs cliniques extrêmement variés. Il doit être envisagé une évolution de la définition des NRD en scanographie vers des NRD par indication clinique.

Dans cette optique, il conviendrait de prendre en compte, dans le cadre du dispositif NRD, l'évaluation des performances diagnostiques des appareils afin de pouvoir vérifier que les exigences de qualité de l'examen associées aux doses délivrées sont respectées. Toutefois, comme souligné dans les conclusions du projet européen EUCLID (28), l'évaluation de la qualité de l'image pour la détermination des NRD basés sur une indication clinique n'est pas une tâche triviale. Des études au niveau international sont nécessaires en vue d'établir des lignes directrices sur les critères de qualité d'image pertinents pour l'évaluation des NRD basés sur une indication clinique.

## Examens réalisés chez l'enfant

Le tableau 9 ci-après présente les résultats des analyses réalisées, pour les examens de scanographie pédiatrique, sur les données transmises en termes d'IDSV et de PDL. Dans ce tableau, sont présentés le nombre d'évaluations exploitées (N) sur la période 2019-2021, les poids médians, minimum et maximum des patients concernés par les données collectées, la valeur du 75<sup>e</sup> centile (75<sup>e</sup>), la valeur du 50<sup>e</sup> centile (50<sup>e</sup>), le rapport des 75<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> centiles ainsi que le pourcentage d'évaluations dosimétriques reçues sur la période au-dessus du NRD en vigueur (> NRD) et, pour les examens pour lesquels suffisamment de données ont été recueillies, le positionnement du 75<sup>e</sup> centile sur la période par rapport au NRD en vigueur (% NRD).

A l'instar du précédent bilan, en dehors de l'encéphale (toutes catégories) et du thorax (toutes catégories), le nombre d'évaluations est trop faible (< 10) pour que les résultats puissent être commentés. Il est toutefois noté une progression du nombre d'évaluations reçues pour ces examens, qui étaient de l'ordre de 4 à 12 sur le bilan 2016-2018 et qui est de 12 à 30 pour le bilan 2019-2021.

Seuls les examens de l'encéphale toutes catégories comportent un nombre de données suffisant - plus de 20 évaluations - et peuvent donner lieu à une analyse détaillée (cf. l'annexe du présent rapport).

Pour ce qui concerne l'encéphale et le thorax, quelle que soit la catégorie de poids, les résultats en termes d'IDSV sont légèrement inférieurs aux NRD de la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 de l'ordre de 0 à 12 % selon les catégories. Ce n'est pas le cas pour tous ces examens pour ce qui concerne les PDL.

En conséquence, il ne paraît pas nécessaire de proposer un éventuel ajustement des NRD à court terme. Cependant, les catégories de poids définies pour les enfants dans la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 ne correspondent pas aux catégories de poids définies au niveau européen. Une révision de ces informations permettrait d'établir des comparaisons avec les résultats des autres pays européens (17).

Tableau 9 : Synthèse des analyses réalisées en scanographie chez l'enfant, par examen, en termes d'indice de dose scanographique du volume (IDSV) et de produit dose.longueur (PDL).

Type d'examen	Classe de poids (kg)	N	Poids médian (kg)	IDSV (mGy)						PDL (mGy.cm)					
				NRD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>	Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD	NRD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>	Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD
Encéphale	0 à <10	30	6,2	20,0	18,8	16,0	1,44	-6%	7%	320	297	259	1,49	-7%	10%
	10 à <20	27	13,0	22,0	21,9	20,8	1,27	0%	26%	360	399	364	1,19	11%	52%
	20 à <30	20	23,5	26,0	25,0	21,6	1,22	-4%	20%	470	450	415	1,18	-4%	20%
Rochers	10 à <20	9	16,0	43,0	46,3	34,72	1,49	-	33%	240	242	210	1,35	-	33%
	20 à <30	7	24,0	51,0	43,0	38,4	1,18	-	14%	330	245	229	1,49	-	0%
Thorax	0 à <10	12	6,7	1,1	0,97	0,82	1,33	-12%	8%	20	17,7	14,3	1,45	-12%	17%
	10 à <20	17	15,0	1,3	1,20	1,00	1,62	-8%	18%	26	30,7	22,5	2,01	18%	35%
	20 à <30	16	23,3	1,4	1,39	1,05	1,88	-1%	19%	40	40,8	28,8	2,10	2%	25%
Abdomen-pelvis	10 à <20	4	13,3	2,0	1,39	1,25	1,24	-	0%	65	43	39	1,15	-	0%
	20 à <30	3	23,0	2,5	2,36	2,02	1,35	-	33%	95	89	77	1,34	-	33%
	30 à <50	6	39,3	4,0	3,91	3,51	1,22	-	17%	180	159	152	1,06	-	17%

## FOCUS - SCANOGRAPHIE

### RADIOPROTECTION DES ENFANTS EXPOSES AU SCANNER

Depuis plusieurs années, l'IRSN, ainsi que la communauté scientifique européenne, s'intéressent à la radioprotection pédiatrique car les enfants sont particulièrement sensibles aux effets des rayonnements ionisants comparés aux adultes.

Conformément aux missions qui lui sont confiées par le Code de la santé publique, l'IRSN analyse périodiquement l'exposition de la population française aux rayonnements ionisants due aux examens d'imagerie médicale diagnostique. En complément de l'étude concernant l'exposition médicale de la population générale au cours de l'année 2017 (16), l'IRSN a réalisé une étude spécifique concernant les actes scanner chez les enfants de moins de 16 ans à partir d'un échantillon représentatif des bénéficiaires de l'Assurance maladie en France entre 2012 et 2018 (29). Sur cette période, le nombre d'actes scanners est constant avec en moyenne 14 scanners/an pour 1000 enfants. Une variation du nombre d'actes par an pour 1000 enfants est cependant observée en fonction de l'âge : environ 15 scanners pour les moins de 1 an, moins de 10 entre 1 et 9 ans, mais augmente ensuite pour atteindre plus de 35 scanners à 15 ans. Enfin, cette étude montre que les enfants exposés au scanner ont eu, dans la grande majorité, un seul examen par an, et selon les années, 11 à 16 % d'entre eux en ont passé plusieurs.

Le scanner et l'IRM (imagerie par résonance magnétique) ayant un nombre important d'indications communes et les recommandations des professionnels de santé allant dans le sens d'un transfert de certains actes scanographiques vers l'IRM, une étude de l'évolution des actes IRM a également été réalisée. Cette étude montre que, contrairement au scanner, la fréquence annuelle d'actes IRM augmente nettement (+59 %) sur la période étudiée.

Par ailleurs, l'IRSN a également réalisé une étude épidémiologique visant à évaluer le risque de cancer radio-induit suite à une exposition au scanner dans l'enfance. Lancée en 2009, la cohorte « Enfant Scanner » concerne environ 100 000 enfants exposés à un premier scanner avant l'âge de 10 ans, entre 2000 et 2010. Une première analyse portant sur environ 65 000 enfants a mis en évidence de faibles excès de risque de tumeurs cérébrales et de leucémies. L'inclusion d'enfants supplémentaires et la prolongation du suivi de la cohorte jusqu'en 2016 ont permis de confirmer les excès de risque précédemment observés. Ces résultats ont fait l'objet d'une publication en 2022 (30 ; 31).

De plus, au niveau européen, une étude a également été menée par le centre international de recherche sur le cancer (OMS-CIRC). Ce projet européen dénommé « EPI-CT » a été lancé pour quantifier l'excès de risque de cancer associé à l'exposition aux rayonnements ionisants due à la réalisation d'un ou plusieurs scanners dans l'enfance et chez le jeune adulte. L'étude a porté sur une cohorte d'1 million d'enfants et jeunes adultes qui ont bénéficié d'au moins un scanner dans 276 services de radiologie en Belgique, Danemark, France, Allemagne, Pays Bas, Norvège, Espagne, Suède et Grande Bretagne entre 1977 et 2014. Cette étude montre un excès de risque

de développer un cancer du cerveau après des examens scanners de la tête chez l'enfant et le jeune adulte ; ce risque augmente d'autant plus que la dose cumulée augmente (32). Pour 10 000 enfants ayant reçu un seul examen scanner de la tête (dose estimée à 38 mGy en moyenne), on s'attend à observer 1 cancer du cerveau attribuable à l'exposition aux rayonnements ionisants dans la période de 5 à 15 ans suivant l'examen<sup>8</sup>.

Comme illustré dans le présent rapport, il est à noter que, pour ce qui concerne l'encéphale et le thorax, les résultats en termes d'IDSV chez les enfants sont légèrement inférieurs aux NRD de la décision de l'ASN n°2019-DC-0667, jusqu'à 12 %. En outre, d'après les données des précédents rapports de l'IRSN, une tendance à la baisse, depuis 2011, des doses délivrées par les scanners est constatée pour les examens pédiatriques de l'encéphale, de l'abdomen-pelvis et du thorax (cf. figure 14 ci-après). Cette diminution est toutefois à considérer avec précaution du fait du faible nombre de données recueillies au cours de ces périodes.

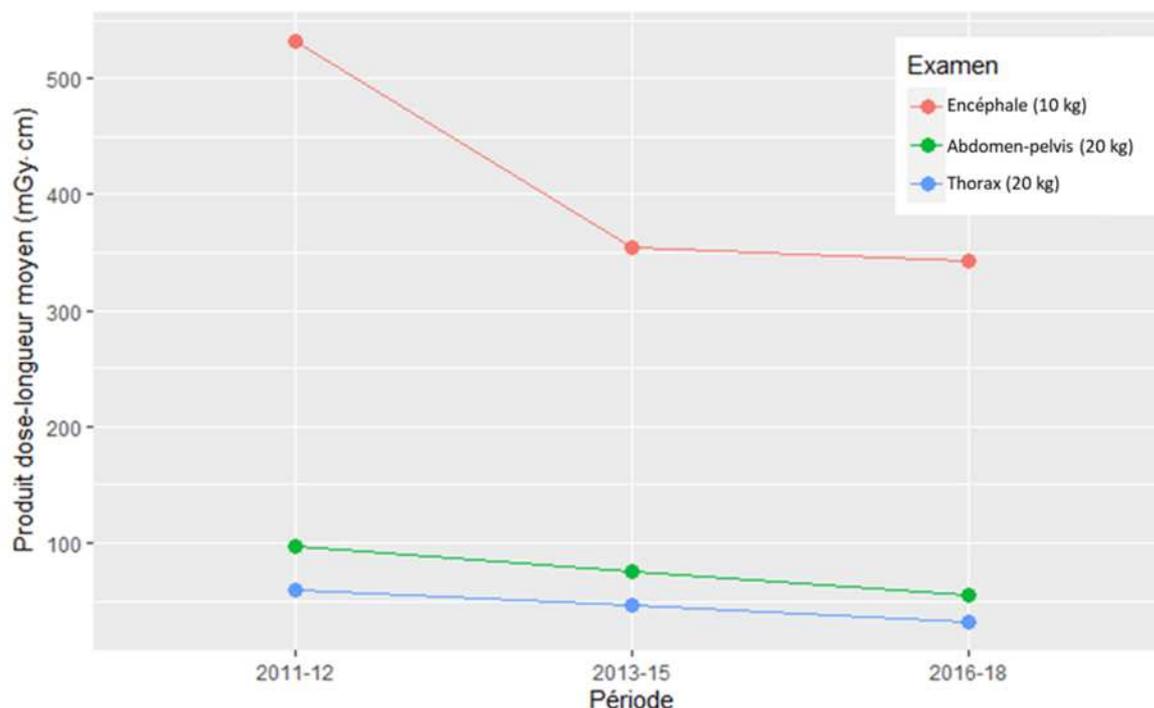


Figure 14 : Evolution dosimétrique en scanner (produit dose.longueur) chez les enfants, pour 3 régions anatomiques (encéphale 10 kg, abdomen-pelvis 20 kg et thorax 20 kg) suivies dans le cadre du système NRD

Il peut néanmoins être souligné que, du fait de la période de réalisation des examens scanner (antérieure à 2014) considérée dans les études « enfant scanner » et « EPI-CT » précitées, les niveaux de doses pris en compte dans le cadre de ces études sont plus élevés que les niveaux de dose délivrée en moyenne aujourd'hui pour un même examen.

En tout état de cause, ces études confortent l'importance des règles de radioprotection pour cette population pédiatrique particulièrement radiosensible, basées sur les principes de la justification et de l'optimisation des examens scanners, comme rappelé dans le guide de l'OMS récemment traduit en français (33).

Enfin, il convient de rappeler que dans son rapport de 2018 relatif au « parc de scanners et recommandations relatives à la radioprotection en imagerie médicale » (34), l'IRSN relevait, dans le domaine de la pédiatrie, une incohérence du système de remboursement des actes d'imagerie pouvant favoriser les examens radiologiques en défaveur des examens ne faisant pas appel aux rayonnements ionisants tels que l'IRM et l'échographie. La CCAM prévoit, en effet, l'application de « modificateurs » qui permettent de valoriser certaines circonstances particulières de réalisation des actes. Pour la pédiatrie, il existe des modificateurs, notamment en scanographie, pour les enfants de moins de 5 ans qui permettent de valoriser les circonstances particulières de réalisation de l'acte. Il n'en existe pas pour les examens non irradiants tels que l'échographie et l'IRM chez les enfants, alors que la problématique du temps nécessaire, notamment pour la sédation, existe aussi pour ces techniques.

<sup>8</sup> [https://www.irsn.fr/FR/Actualites\\_presse/Actualites/Pages/20221206\\_EPI-CT.aspx#.Y9jjV3CZPIU](https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20221206_EPI-CT.aspx#.Y9jjV3CZPIU)

## SYNTHESE – SCANOGRAPHIE

L'analyse des évaluations dosimétriques en scanographie montre :

- une participation des structures de scanographie ayant augmenté à près de 90 % ;
- pour les adultes :
- une distribution des examens choisis par les professionnels de santé pour les évaluations dosimétriques mettant en avant les examens du thorax (2<sup>e</sup> localisation en nombre de données transmises après l'encéphale), probablement du fait de la crise covid-19 ;
- un nombre de données transmises assez faible pour les examens introduits en 2019 lors de la dernière révision de la décision de l'ASN relative aux NRD ;
- pour l'ensemble des examens considérés, des 75<sup>es</sup> centiles de l'année 2021 en termes d'IDSV et de PDL inférieurs aux NRD de 14 % à 60 %, et inférieurs de peu à la VGD ;
- une baisse globale de 8 % des indicateurs de dose en scanographie par rapport à la période 2016-2018, qui confirme la baisse précédemment constatée de 12% par rapport à la période 2013-2015 ;
- en pédiatrie :
- une progression notable du nombre d'évaluations reçues mais le faible volume de données ne permet toujours pas une évaluation robuste des pratiques au niveau national ;
- pour ce qui concerne l'encéphale et le thorax, des résultats en termes d'IDSV légèrement inférieurs aux NRD, ce qui n'est pas le cas pour toutes les catégories en termes de PDL.

## RECOMMANDATIONS – SCANOGRAPHIE

L'analyse des évaluations dosimétriques en scanographie sur la période 2019-2021 conduit l'IRSN à émettre les recommandations suivantes :

- envisager, en priorité, une évolution des NRD en scanographie pour prendre en compte les indications cliniques ;
- prévoir, pour les examens pour lesquels un NRD par indication clinique ne serait pas défini, une révision à des valeurs de NRD chez l'adulte ;
- en pédiatrie :
  - étudier la pertinence de réviser les catégories de poids afin de s'aligner sur les recommandations européennes et de permettre ainsi des comparaisons ;
  - continuer à encourager les professionnels de santé à transmettre des données en rappelant qu'il est possible de recueillir des données sur une durée supérieure à un an.

# MEDECINE NUCLEAIRE

## 6.1 CONTRIBUTION DES SERVICES

Le recensement des services de médecine nucléaire a été réalisé d'après des informations publiées par l'ASN. Le nombre de services de médecine nucléaire recensés est ainsi de 231 fin 2015, 236 fin 2017 (35) et 239 en 2021 (36).

La figure 15 ci-après présente l'évolution du nombre de services de médecine nucléaire ayant transmis des résultats d'évaluations dosimétriques pour les années 2004 à 2021.

La participation est stabilisée depuis 2014, avec aux alentours de 90 % des services ayant transmis des données.

En médecine nucléaire, comme dans le précédent bilan, la répartition de l'origine des données entre le secteur public et le secteur privé à but lucratif est équilibrée (cf. figure 16 ci-après), sauf dans le cas particulier de la pédiatrie et de la perfusion cérébrale. Cette répartition de l'origine des données est cohérente avec la répartition du parc entre les secteurs public et privé (35). Pour la pédiatrie et la perfusion cérébrale, les données proviennent essentiellement du secteur public, ce qui pourrait s'expliquer par la spécificité de ce type d'examen avec un faible taux d'envoi de données.

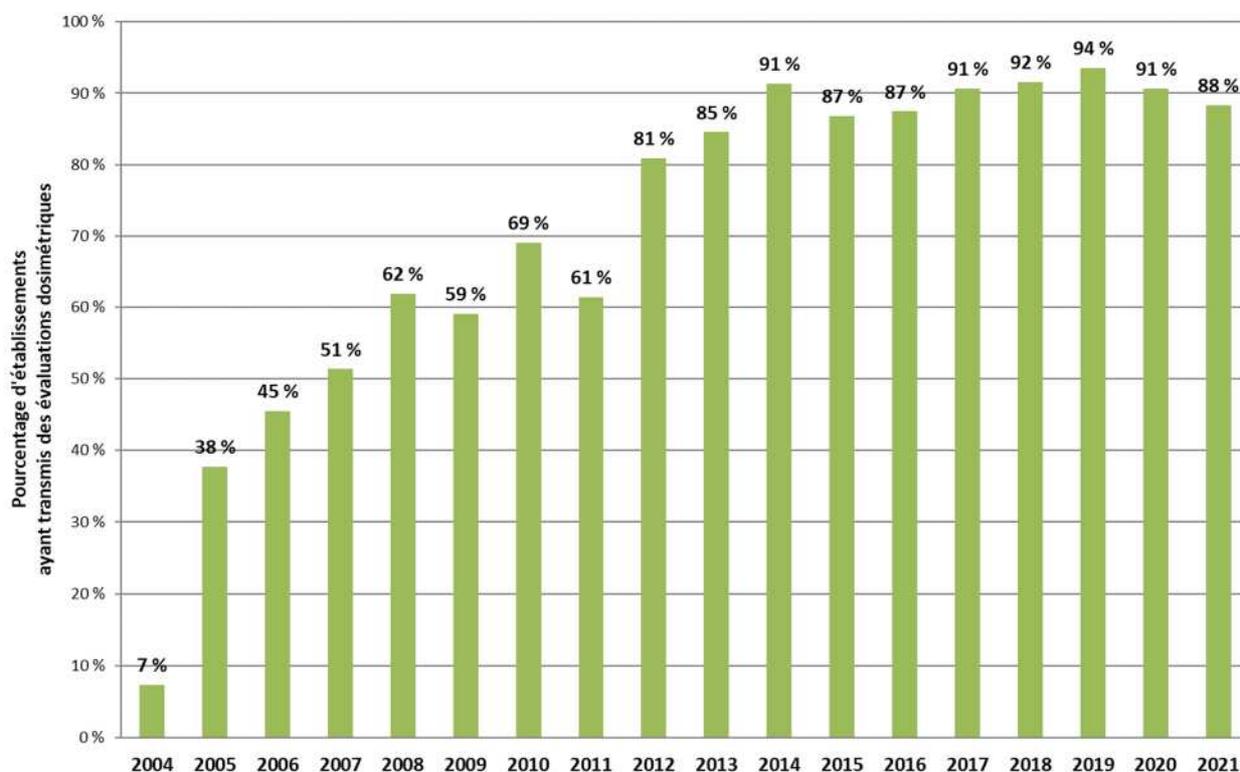


Figure 15 : Evolution de la participation annuelle des établissements pratiquant des actes de médecine nucléaire depuis 2004.

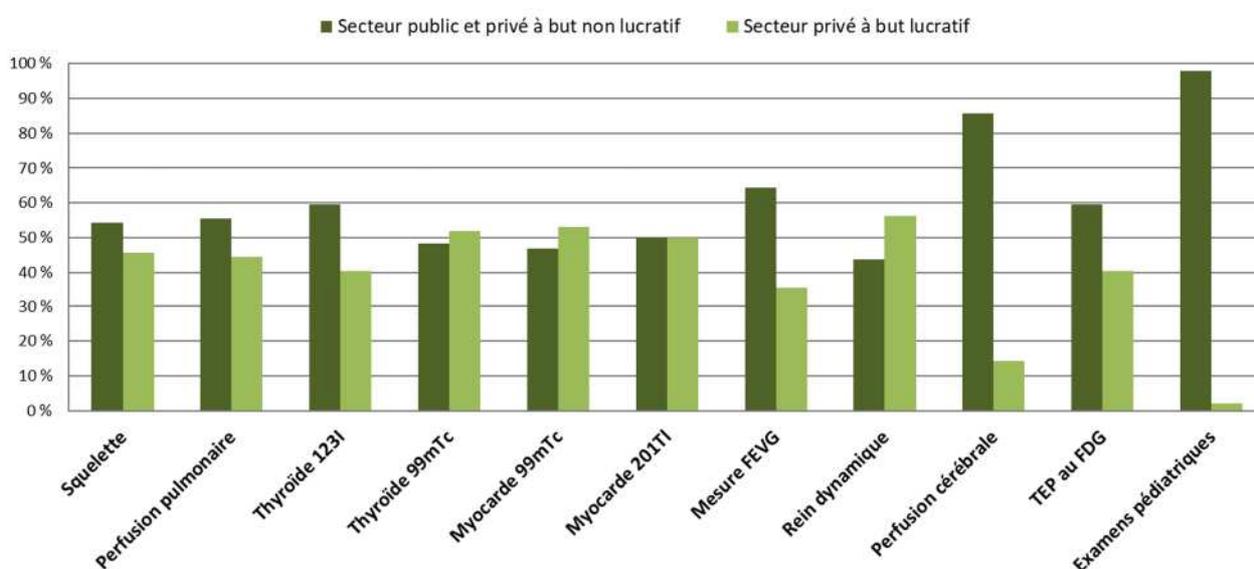


Figure 16 : Origine des données exploitées au titre des NRD, sur la période 2019-2021, selon le type d'examen, en médecine nucléaire.

## 6.2 DISTRIBUTION DES DONNEES PAR TYPE D'EXAMEN

### Examens réalisés chez l'adulte

La figure 17 ci-après présente la répartition, en pourcentage, des évaluations dosimétriques transmises par les professionnels de médecine nucléaire à l'IRSN par type d'examen, suivant la liste définie par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667, complétée par la proportion de données ayant pu être exploitée par l'IRSN.

Le domaine de la pédiatrie est représenté tous examens confondus afin de situer le volume de données pédiatriques par rapport à l'ensemble des données transmises en médecine nucléaire. Il est détaillé au chapitre suivant.

Le nombre d'évaluations dosimétriques concernant les examens TEP devance maintenant celui de la scintigraphie du squelette qui était l'examen faisant l'objet du plus grand nombre d'évaluations dosimétriques de façon récurrente depuis 2004. Cela est dû au fait que des données sont dorénavant reçues pour la partie scanographique des examens TEP, ce qui augmente le volume global relatif à ces examens (partie médecine nucléaire seule, partie scanner seule ou les deux).

Le nombre d'évaluations relatives à la TEP au <sup>18</sup>F-FDG et les examens pédiatriques ont ainsi augmenté de 4 points depuis le précédent rapport en lien avec les modifications réglementaires apportées par la décision de l'ASN de 2019.

Selon les examens, le taux de données exploitées sur la période 2019-2021 varie de 56 % à 86 %. Les données transmises non exploitées sont quasi-exclusivement des données redondantes (type d'examens et installations identiques). En effet, pour des questions statistiques et afin d'éviter une surreprésentation de certains établissements, seule l'évaluation dosimétrique la plus récente a été prise en compte dans le calcul des indicateurs nationaux. Cela est particulièrement vrai pour la TEP au <sup>18</sup>F-FDG qui est l'examen pour lequel le plus grand nombre de données est reçu. De plus, pour la TEP, certains appareils sont gérés par des entités juridiques dédiées à cette activité (GIE, GCS...) qui envoient tous les ans des données concernant cet examen. Les évaluations répétées pour un même examen sur la période de trois ans conservent néanmoins un intérêt pour les centres à des fins de suivi des doses délivrées.

La scintigraphie rénale dynamique regroupe la scintigraphie au DTPA et au MAG3. Or, la scintigraphie rénale au DTPA ne représente que 8 % des données reçues pour cette catégorie d'examen soit moins de 1% de l'ensemble des données reçues pour tous les examens confondus de médecine nucléaire. Ce faible nombre de données reçues est certainement lié à des difficultés d'approvisionnement pour ce médicament et à un faible nombre d'examens réalisés. Par ailleurs, cet examen représente peu d'enjeux en termes dosimétriques, il pourrait donc être envisagé de le retirer de la liste des examens concernés par les NRD. De la même manière, les examens de tomoscintigraphie cérébrale de perfusion à l'ECD et à l'HMPAO sont ceux ayant fait l'objet du plus faible nombre d'évaluations dosimétriques transmises. Ceci est dû au fait que les examens cérébraux sont de plus en plus réalisés à l'aide d'une TEP. Il pourrait donc également être envisagé de retirer ces examens de la liste des examens concernés par les NRD.

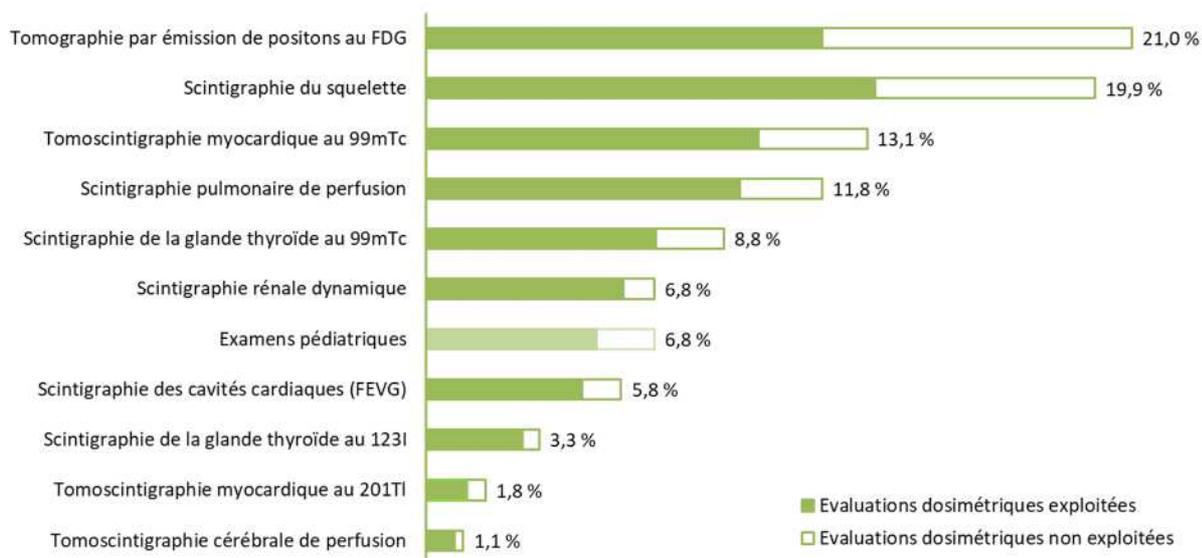


Figure 17 : Répartition par type d'examen des évaluations dosimétriques de médecine nucléaire dont les résultats ont été transmis à l'IRSN de 2019 à 2021 (nombre total d'évaluations transmises : 1642).

## Examens réalisés chez l'enfant

Le volume d'évaluations transmises en médecine nucléaire pédiatrique reste faible, de l'ordre de 6 % de l'ensemble des données reçues. Ce nombre a toutefois augmenté de 4 points par rapport au bilan précédent.

La décision de l'ASN n°2019-DC-0667 rend dorénavant obligatoire la réalisation d'évaluations dosimétriques dès lors que 5% des actes effectués sur un dispositif médical concernent des enfants (moins de 18 ans). Ces nouvelles dispositions ont permis d'améliorer le nombre de données transmises mais celui-ci reste insuffisant pour disposer d'une analyse robuste. Le détail des données transmises est présenté sur la figure 18 ci-après.

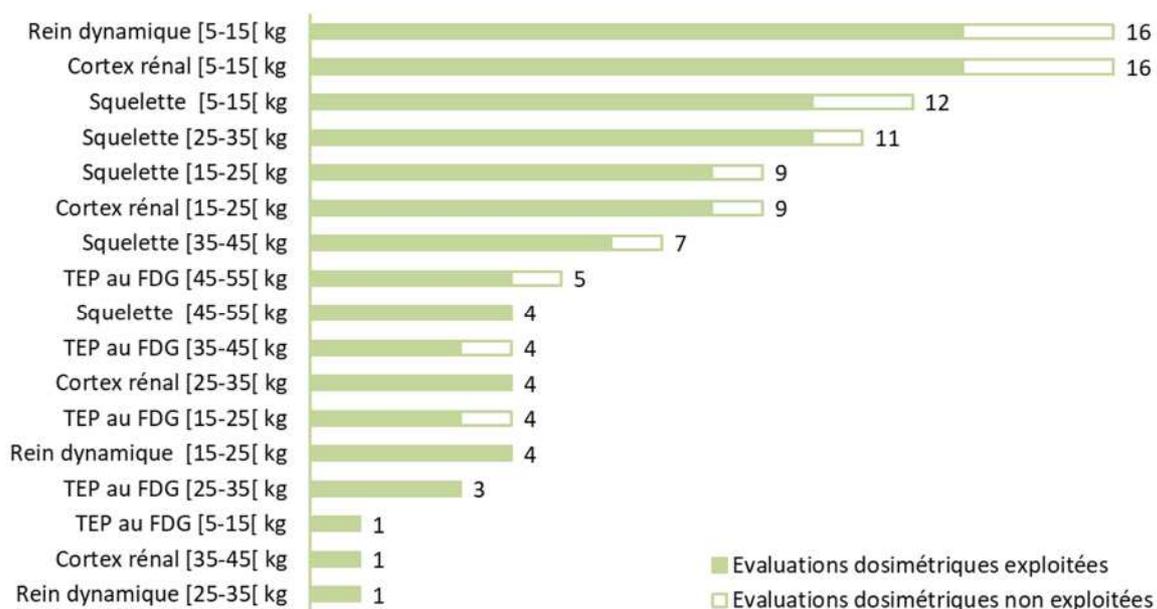


Figure 18 : Répartition par examen du nombre d'évaluations dosimétriques de médecine nucléaire chez l'enfant dont les résultats ont été transmis à l'IRSN de 2019 à 2021 (nombre total d'évaluations transmises : 111).

## 6.3 SYNTHÈSE DES RESULTATS EN MEDECINE NUCLEAIRE

### — Examens réalisés chez l'adulte

Les tableaux 10 et 11 ci-après présentent la synthèse de l'analyse des données transmises pour l'ensemble des examens de médecine nucléaire soumis à la réglementation sur les NRD (en dehors de la partie scanographique des examens TEP). Les tableaux 12 et 13 ci-après présentent, quant à eux, les résultats des analyses des données collectées entre 2019 et 2021 pour ce qui concerne la partie scanographique des examens TEP introduite par la décision de l'ASN de 2019, respectivement en termes d'IDSV et de PDL.

Dans ces tableaux, sont présentés pour la période 2019-2021 :

- le nombre d'évaluations exploitées,
- le poids médian des patients concernés par les données collectées,
- les NRD en vigueur,
- les valeurs issues des données collectées du 50<sup>e</sup> centile (50<sup>e</sup>) [et du 75<sup>e</sup> centile pour la partie scanographique d'un acte TEP-TDM au FDG],
- le rapport des 75<sup>e</sup> et 25<sup>e</sup> centiles,
- le positionnement du 50<sup>e</sup> centile [ou du 75<sup>e</sup> centile pour la partie scanographique d'un acte TEP-TDM au FDG] par rapport au NRD en vigueur (% NRD),
- le pourcentage d'évaluations dosimétriques reçues sur la période au-dessus du NRD en vigueur (> NRD),
- et la variation du 50<sup>e</sup> centile sur la période par rapport à la valeur de 2018 publiée dans le bilan précédent.

Les résultats pour chaque type d'examen sur la période 2019-2021 sont détaillés dans l'annexe au présent rapport.

A noter que, pour ce qui concerne la scintigraphie rénale dynamique au DTPA et la tomographie cérébrale de perfusion à l'ECD et à l'HMPAO, le positionnement de la médiane par rapport au NRD en vigueur ne peut toujours pas être exploité dans ce bilan car le nombre de données n'est pas suffisant.

Pour tous les autres examens, l'analyse montre, sur la période 2019-2021, que les médianes des activités administrées sont inférieures au NRD en vigueur de 1 à 22 %. Il en est de même pour les médianes des activités massiques administrées qui sont inférieures au NRD en vigueur de 1 à 26 %. Les écarts les plus importants sont relevés pour le TEP-FDG, les activités et les activités massiques administrées sont respectivement inférieures aux NRD en vigueur de 22 % et 26 %.

La baisse globale des valeurs des indicateurs dosimétriques observée sur la période 2016-2018 (3 % par rapport à la période 2013-2015) se confirme sur ce bilan (4 % par rapport à la période 2016-2018).

Pour ce qui concerne la partie scanographique des examens TEP introduite par la décision de l'ASN de 2019, les résultats sont également inférieurs aux NRD en termes de PDL et d'IDSV, que ce soit pour le balayage jusqu'à mi-cuisse ou jusqu'aux pieds. Les écarts les plus importants sont relevés pour le balayage tête-pieds, de l'ordre de 30 %.

Tableau 10 : Synthèse des résultats d'analyse des données de médecine nucléaire, par type d'examen chez l'adulte, pour les données de la période 2019-2021, en termes d'activité administrée.

Type d'examen	Médicament radiopharmaceutique / protocole	N 2019-2021	Poids médian (kg)	Activité administrée (MBq)		Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD	Variation
				NRD	50 <sup>e</sup>				
Squelette	<sup>99m</sup> Tc HDP/DPD	219	72,0	670	662	1,13	-1%	40 %	+0%
Perfusion pulmonaire	<sup>99m</sup> Tc MAA	153	72,5	225	194	1,49	-14%	35 %	-7%
Thyroïde	<sup>123</sup> I (iodure de sodium)	47	70,0	8	7,5	1,25	-6%	36 %	-4%
	<sup>99m</sup> Tc (pertechnétate de sodium)	112	69,8	110	108	1,44	-2%	46 %	+18%
Myocarde avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique	<sup>99m</sup> Tc	136	77,5	285	267	1,22	-6%	29 %	-4%
	1 jour/1 <sup>e</sup> inj.	136	77,5	785	760	1,23	-3%	38 %	-1%
	MIBI/tétrofosmine	26	79,3	615	550	1,45	-11%	23 %	-12%
	2 jours/2 <sup>e</sup> inj.	26	79,3	615	535	1,50	-13%	19 %	-10%
	<sup>201</sup> Tl	20	75,5	110	101	1,44	-8%	20 %	-5%
	chlorure de thallium Réinjection	18	75,5	37	35	1,66	-5%	33 %	-5%
Mesure FEVG	<sup>99m</sup> Tc sérum albumine humaine/érythrocytes	76	70,5	740	733	1,08	-1%	36 %	-1%
Rein dynamique	<sup>99m</sup> Tc MAG3	87	69,0	180	177	1,63	-2%	43 %	-2%
	<sup>99m</sup> Tc DTPA	9	68,0	255	168	1,41	-	11 %	-32%
Perfusion cérébrale	<sup>99m</sup> Tc ECD	2	71,0	800	727	1,03	-	0 %	+2%
	<sup>99m</sup> Tc HMPAO	12	70,0	695	656	1,24	-	42 %	-1%
TEP FDG	<sup>18</sup> F FDG	193	70,0	245	191	1,35	-22%	8 %	-10%

Tableau 11 : Synthèse des résultats d'analyse des données de médecine nucléaire, par type d'examen chez l'adulte, pour les données de la période 2019-2021, en termes d'activité massique administrée.

Type d'examen	Médicament radiopharmaceutique / protocole	N 2019-2021	Poids médian (kg)	Activité massique (MBq/kg)		Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD	Variation
				NRD	50 <sup>e</sup>				
Squelette	<sup>99m</sup> Tc HDP/DPD	219	72,0	9,5	9,2	1,12	-4%	29 %	-1%
Myocarde avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique	1 jour/1 <sup>e</sup> inj.	136	77,5	3,7	3,5	1,23	-6%	29 %	-4%
	<sup>99m</sup> Tc	136	77,5	10,3	9,7	1,21	-6%	33 %	-3%
	MIBI/tétrofosmine	26	79,3	7,7	7,0	1,52	-9%	27 %	-5%
	2 jours/2 <sup>e</sup> inj.	26	79,3	7,7	7,0	1,48	-9%	15 %	-7%
	<sup>201</sup> Tl	20	75,5	1,4	1,38	1,45	-1%	40 %	+2%
	chlorure de thallium Réinjection	18	75,5	0,5	0,48	1,58	-5%	17 %	-1%
TEP-FDG	<sup>18</sup> F FDG	193	70,0	3,5	2,6	1,24	-26%	6 %	-14%

Tableau 12 : Synthèse des analyses réalisées sur la partie scanographique d'un acte TEP-TDM au FDG corps entier pour ce qui concerne le balayage jusqu'à mi-cuisses et jusqu'aux pieds, chez l'adulte, pour les données de la période 2019-2021, en termes d'indice de dose scanographique du volume (IDSV).

Type d'examen	N 2019-2021	IDSV (mGy)				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD
		NRD	VGD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>			
TEP-TDM au FDG tête- mi-cuisses	100	7	5	5,5	4,7	1,36	-21%	4 %
TEP-TDM au FDG tête- pieds	32	7	5	4,7	4,1	1,41	-33%	0 %

Tableau 13 : Synthèse des analyses réalisées sur la partie scanographique d'un acte TEP-TDM au FDG corps entier pour ce qui concerne le balayage jusqu'à mi-cuisses et jusqu'aux pieds, chez l'adulte, pour les données de la période 2019-2021, en termes de produit dose.longueur (PDL).

Type d'examen	N 2019-2021	PDL (mGy.cm)				Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	% NRD	> NRD
		NRD	VGD	75 <sup>e</sup>	50 <sup>e</sup>			
TEP-TDM au FDG tête- mi-cuisses	100	650	500	566,4	493,1	1,39	-13 %	10 %
TEP-TDM au FDG tête- pieds	32	1200	900	817,4	726,5	1,49	-32 %	0 %

## Examens réalisés chez l'enfant

Les résultats sont présentés dans le tableau 14 ci-après.

Dix-sept types d'examens (en tenant compte des classes de poids) ont donné lieu à des évaluations dosimétriques. Quatre d'entre eux seulement comportent un nombre d'évaluations transmises supérieur ou égal à 10, permettant ainsi de commenter les résultats des analyses statistiques : scintigraphie du cortex rénal au <sup>99m</sup>Tc-MAG3 (5 à <15 kg), scintigraphie rénale dynamique au <sup>99m</sup>Tc-MAG3 (5 à <15 kg) et scintigraphie du squelette au <sup>99m</sup>Tc-HDP / <sup>99m</sup>Tc – DPD (5 à <15 kg et 25 à <35 kg).

Pour ces quatre examens, l'analyse montre, sur la période 2019-2021, des écarts entre les médianes des activités administrées par rapport au NRD en vigueur compris entre - 17 % et + 20 %.

Bien que sur la période 2019-2021 un plus grand nombre d'examens ait donné lieu à des évaluations que sur les périodes précédentes, la quantité de données reçues reste encore faible pour avoir une vision claire des pratiques et pour mettre à jour les NRD en vigueur, et ce malgré les évolutions réglementaires concernant la pédiatrie.

Tableau 14 : Synthèse des résultats d'analyse des données de médecine nucléaire, par type d'examen chez l'enfant.

Type d'examen	Classe de poids (kg)	N	Poids médian (kg)	Activité injectée (MBq)		Rapport 75 <sup>e</sup> /25 <sup>e</sup>	%NRD	>NRD
				NRD	50 <sup>e</sup>			
Rein dynamique	[5-15[	13	9,0	25	20,7	1,29	-17%	15%
	[15-25[	4	18,0	35	33,1	1,11	-	0%
	[25-35[	1	29,0	45	40,9	-	-	0%
	[35-45[	0	-	50	-	-	-	-
Cortex rénal	[5-15[	13	10,0	20	23,9	1,57	20%	69%
	[15-25[	8	19,8	35	39,3	1,64	-	50%
	[25-35[	4	27,8	50	41,7	1,20	-	25%
	[35-45[	1	40,0	60	67,7	-	-	100%
Squelette	[5-15[	10	11,3	95	103,6	1,09	9%	90%
	(15-25[	8	18,3	170	153,1	1,08	-	13%
	(25-35[	10	30,0	240	237,6	1,05	-1%	30%
	[35-45[	6	39,3	310	298,9	1,05	-	0%
	[45-55[	4	50,5	375	404,8	1,27	-	50%
TEP au FDG	[5-15[	1	12,9	40	68,7	-	-	100%
	[15-25[	3	20,0	70	70,2	1,07	-	67%
	[25-35[	3	29,5	100	100,8	1,17	-	67%
	[35-45[	3	40,5	125	124,5	1,20	-	33%
	[45-55[	4	50,0	150	140,4	1,26	-	50%

## FOCUS - MEDECINE NUCLEAIRE

### SCINTIGRAPHIE PULMONAIRE : ENQUETE CONDUITE EN 2022 ET RECOMMANDATIONS

La scintigraphie pulmonaire est un examen qui peut comprendre deux phases : la scintigraphie de ventilation réalisée soit avec des aérosols technétiés soit avec du krypton 81m, et la scintigraphie de perfusion pulmonaire. Cet examen peut comprendre l'une, l'autre ou les deux phases. Lorsque des aérosols technétiés sont utilisés, la scintigraphie de ventilation précède, en général, la scintigraphie de perfusion. L'activité de <sup>99m</sup>Tc (macroagrégats d'albumine - MAA) administrée pour l'examen de perfusion doit, dans ce cas, être suffisamment élevée pour masquer le signal de la ventilation (rapport 1:4 entre les activités administrées pour la ventilation et la perfusion) selon les recommandations de la SFMN (37)). Ce n'est pas le cas quand il n'y a pas eu d'examen de ventilation préalable ou quand cet examen est réalisé avec du krypton 81m (la différence d'énergie des raies gamma permet d'ailleurs de réaliser les acquisitions de ventilation et de perfusion simultanément).

A ce jour, un seul NRD est défini pour la scintigraphie pulmonaire de perfusion à 225 MBq. Les données reçues par l'IRSN agrègent des examens réalisés avec ou sans ventilation au <sup>99m</sup>Tc. Le NRD ainsi déterminé est certainement trop élevé pour les procédures sans ventilation ou avec une ventilation au krypton 81m et vraisemblablement sous-évalué pour les procédures incluant une ventilation au technétium 99m.

Dans le bilan paru en 2020 pour la période 2016-2018 (27), l'IRSN avait recommandé la réalisation d'une étude spécifique pour distinguer les examens réalisés avec ou sans ventilation au <sup>99m</sup>Tc afin de pouvoir proposer une définition plus pertinente du NRD actuellement en vigueur. Cette étude a été menée durant l'été 2022 par l'IRSN avec l'aide des sociétés savantes concernées (AFTMN, SFMN, SFPM et SoFRA).

#### Données collectées

L'objectif était de recueillir de manière rétrospective ou prospective, auprès de services volontaires, des séries d'activités de MAA administrées aux patients adultes (au moins 30), en distinguant les trois procédures : perfusion après ventilation au technétium (Technegas...), perfusion avec ventilation au krypton et perfusion seule.

Comme les activités administrées en scintigraphie pulmonaire ne dépendent pas de la morphologie des patients, seules les valeurs d'activité (en MBq) étaient demandées. Étaient exclus de l'étude les examens portant sur des patients mineurs (< 18 ans), des patientes enceintes et les recherches de shunts pulmonaires.

Les professionnels de la médecine nucléaire ont largement participé : 94 établissements ont envoyé des données dont 60% d'établissements publics ou assimilés (CLCC inclus) (cf. figure 19 ci-après). 72 établissements utilisent les aérosols technétiés ; 30 établissements utilisent le krypton et un établissement réalise uniquement des examens sans ventilation. Certains établissements utilisent à la fois le krypton et les aérosols technétiés.

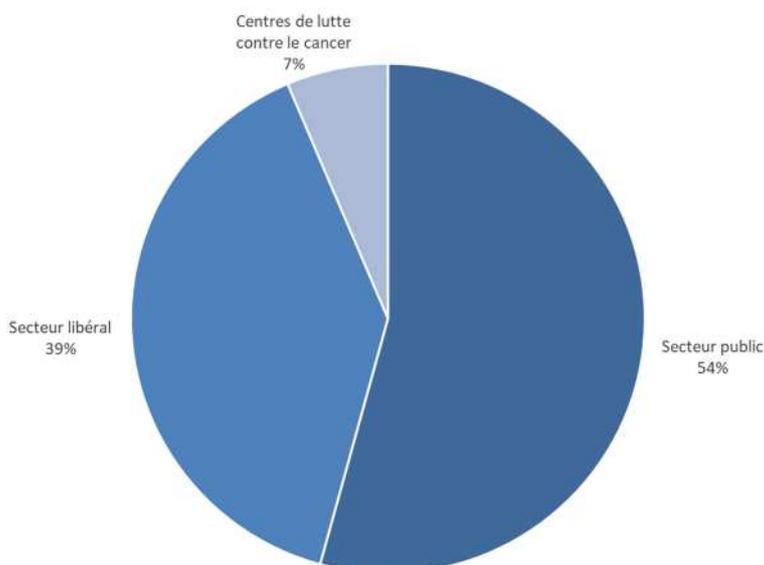


Figure 19 : Répartition de la typologie des établissements ayant répondu à l'enquête

Pour avoir suffisamment de données pour l'enquête, l'IRSN a particulièrement sollicité les établissements utilisant le krypton. Or ceux-ci sont en large majorité publics (93 %). Cela explique la légère surreprésentation des établissements publics dans le cadre de cette enquête.

## Résultats

Une analyse des données a été réalisée pour comparer les activités de MAA administrées en fonction du type de procédures (cf. figure 20 ci-après).

Une analyse a également été réalisée, spécifiquement pour les examens sans ventilation, dans les établissements réalisant également certains examens avec ventilation, en dissociant les utilisateurs de Krypton ou d'aérosols technétiés (cf. figure 21 ci-après). Les établissements utilisateurs à la fois de Kr et d'aérosols Tc ont été considérés comme utilisateurs de Kr car dans ce cas de figure ils utilisent plus le Kr que le Tc et pour beaucoup d'entre eux le Tc n'est utilisé qu'en « dépannage ». En effet, une plus forte dispersion des résultats pour les examens sans ventilation que pour les examens avec ventilation a nécessité d'aller plus loin dans l'analyse sur cette catégorie.

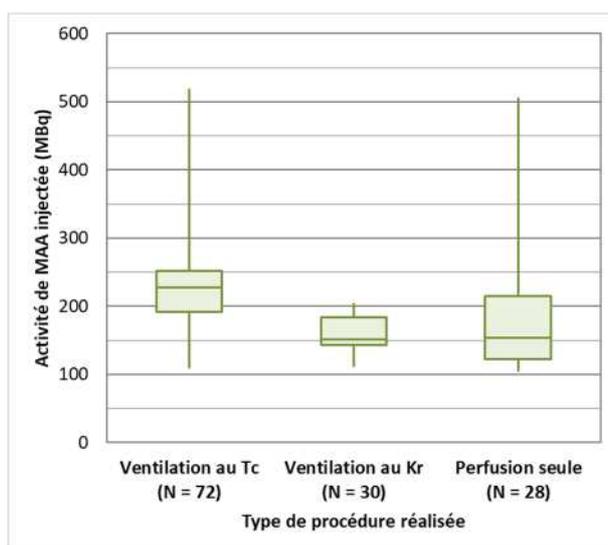


Figure 20 : Distribution des activités médianes administrées par type de procédure réalisée : avec ventilation au Tc, ventilation au Kr ou sans ventilation.

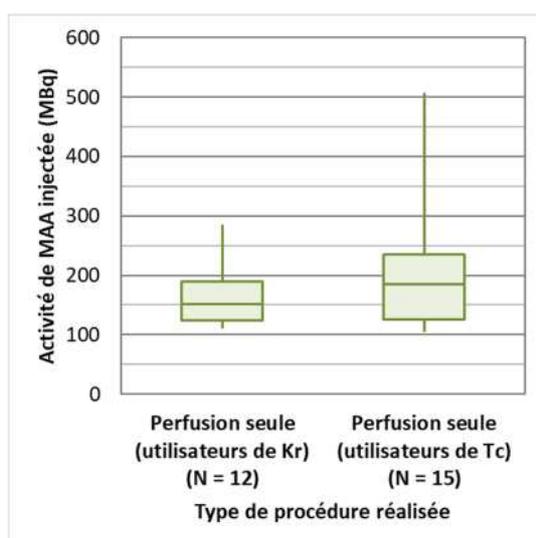


Figure 21 : Distribution des activités médianes administrées par type de procédure réalisée pour ce qui concerne les examens sans ventilation pour les utilisateurs habituels de Kr, et sans ventilation pour les utilisateurs habituels d'aérosols Tc (les établissements utilisateurs à la fois de Kr et d'aérosols Tc ont été considérés comme utilisateurs de Kr)

Tableau 15 : Synthèse des résultats d'analyse des distributions des activités médianes administrées par type de procédure réalisée pour ce qui concerne les examens avec ventilation au Tc, ventilation au Kr ou sans ventilation, sans ventilation pour les utilisateurs habituels de Kr, et sans ventilation pour les utilisateurs habituels d'aérosols Tc (les établissements utilisateurs à la fois de Kr et d'aérosols Tc ont été considérés comme utilisateurs de Kr)

Indicateur	Examens avec ventilation au Tc	Examens avec ventilation au Kr	Examens sans ventilation	Examens sans ventilation pour les utilisateurs de Kr	Examens sans ventilation pour les utilisateurs de Tc
Nombre d'établissements	72	30	28	12	15
Nombre de patients	4556	2294	924	358	526
50 <sup>e</sup> centile des activités administrées (MBq)	228,1	150,7	153,5	151,5	185,6

L'analyse des données collectées, présentée en figure 20 ci-avant, montre que les 50<sup>e</sup> centiles des activités administrées par établissement, pour ce qui concerne les examens avec ventilation au krypton ou sans ventilation, sont très proches l'un de l'autre (2 % de différence) et de l'ordre de 155 MBq, et très inférieures au NRD en vigueur (225 MBq). La médiane des activités pour les examens avec ventilation au technétium est de l'ordre de 230 MBq, donc légèrement supérieure au NRD en vigueur, et plus élevée que le 50<sup>e</sup> centile du recueil de la période 2019-2021 (194 MBq) pour lequel les différents types de procédures ne sont pas séparés (cf. tableau 15 ci-avant).

Ces résultats confirment donc la différence pressentie en termes d'activité de MAA administrée entre les examens avec ventilation au technétium d'une part, et les examens avec ventilation au krypton ou sans ventilation d'autre part.

L'analyse séparée des données des examens sans ventilation entre les utilisateurs habituels de krypton et les utilisateurs d'aérosols technétiés, présentée figure 21 ci-avant, montre que ces derniers injectent, dans l'ensemble, des activités plus élevées (médiane de 186 MBq contre 152 MBq). Il semble donc exister une marge d'optimisation pour une partie des utilisateurs d'aérosols technétiés, habitués à utiliser des activités plus élevées de MAA, lorsqu'ils réalisent des examens sans ventilation.

#### Recommandations pour faire évoluer le NRD relatif à la scintigraphie pulmonaire

Sur la base des résultats de l'enquête, l'IRSN recommande donc de remplacer le NRD en vigueur par deux nouvelles valeurs de NRD :

- 230 MBq pour les examens avec ventilation au technétium 99m,
- 155 MBq pour les examens avec ventilation au krypton 81m ou sans ventilation.

## SYNTHESE – MEDECINE NUCLEAIRE

L'analyse des évaluations dosimétriques en médecine nucléaire montre :

- une participation des services stabilisée depuis 2014, aux environs de 90 %
- un nombre de données très faible pour certains examens (scintigraphie rénale dynamique au DTPA et tomoscintigraphies cérébrales de perfusion à l'ECD et à l'HMPAO) ;
- des médianes des activités administrées inférieures au NRD en vigueur chez les adultes de 1 à 22 % ;
- une baisse globale de 4 % des indicateurs de dose en médecine nucléaire par rapport à la période 2016-2018, qui confirme la baisse précédemment constatée de 3% par rapport à la période 2013-2015 ;
- pour les acquisitions scanographiques des examens TEP, des résultats inférieurs aux NRD en termes d'IDSV et de PDL ;
- des données encore trop peu nombreuses en pédiatrie.

## RECOMMANDATIONS – MEDECINE NUCLEAIRE

Pour la médecine nucléaire, l'IRSN émet les recommandations suivantes :

- réviser, sur la base de l'étude menée par l'IRSN, le NRD relatif à la scintigraphie pulmonaire de perfusion en remplaçant le NRD en vigueur par deux nouvelles valeurs de NRD :
  - 230 MBq pour les examens avec ventilation au technétium 99m,
  - 155 MBq pour les examens avec ventilation au krypton 81m ou sans ventilation ;
- en pédiatrie :
  - étudier la pertinence de réviser les catégories de poids afin de s'aligner sur les recommandations européennes et de permettre ainsi des comparaisons,
  - continuer à encourager les professionnels de santé à transmettre des données en rappelant qu'il est possible de recueillir des données sur une durée supérieure à un an ;
- sur la base de la consultation des parties prenantes :
  - envisager de supprimer les NRD pour les examens devenus trop peu fréquents, tels que l'illustrent les résultats du présent rapport :
    - o scintigraphie rénale au DTPA,
    - o scintigraphie cérébrale à l'ECD et HMPAO ;
  - définir un seul NRD en termes d'activité massique (MBq/kg) pour les examens qui s'y prêtent, plutôt qu'un couple activité et activité massique comme c'est le cas actuellement,
  - réfléchir à la mise en place de NRD pour de nouveaux examens en particulier en TEP, tels que :
    - o la TEP cérébrale au <sup>18</sup>F-FDG,
    - o la TEP à la <sup>18</sup>F-Choline,
    - o la TEP à la <sup>18</sup>F-DOPA (cerveau, corps entier),
    - o la TEP au gallium 68 (récepteurs de la somatostatine, PSMA) ;en priorisant les enquêtes à mener en fonction de la fréquence de réalisation ;
  - réfléchir, dans un second temps, à la mise en place de NRD pour de nouveaux examens en scintigraphie, tels que, par exemple :
    - o la scintigraphie des glandes parathyroïdes en double isotope (iode 123 et <sup>99m</sup>Tc-MIBI),
    - o la scintigraphie cérébrale au DaTSCAN ;
  - réfléchir à la mise en place de NRD pour des acquisitions scanographiques du tronc et du corps entier associées aux scintigraphies osseuses.

# LES NRD : SYNTHÈSE, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

## 7.1 SYNTHÈSE

De l'analyse des données collectées de 2019 à 2021, l'IRSN retient les éléments suivants :

- une participation des structures de radiologie conventionnelle toujours limitée autour de 50 % et de l'ordre de 90 % en scanographie et en médecine nucléaire ;
- une forte mobilisation des professionnels de santé dans la mise en œuvre des nouveaux NRD en radiologie interventionnelle ;
- une augmentation du nombre de données transmises en pédiatrie mais encore insuffisante pour permettre une analyse robuste des pratiques dans ce domaine ;
- des indicateurs dosimétriques en dessous des NRD en vigueur chez l'adulte dans tous les domaines. Les 75<sup>es</sup> (50<sup>e</sup> pour la médecine nucléaire) centiles de l'année 2021 se trouvent sous les NRD en vigueur de :
  - 20 % à 30 % en radiologie conventionnelle,
  - 30 % à 54 % en radiologie interventionnelle,
  - 14 % à 60 % en scanographie,
  - 1 à 22 % en médecine nucléaire,
- une baisse globale des indicateurs dosimétriques par rapport à la période 2016-2018 de :
  - 19 % en radiologie conventionnelle,
  - 8 % en scanographie,
  - 4 % en médecine nucléaire,
- des hétérogénéités de résultats pouvant illustrer une diversité des pratiques et/ou d'indications, d'une part en radiologie conventionnelle pédiatrique pour l'examen de TOGD et la cystographie rétrograde, d'autre part en radiologie interventionnelle pour la vertébroplastie.

## 7.2 RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

Sur la base de l'analyse des évaluations dosimétriques transmises à l'IRSN au cours de la période 2019-2021, de résultats d'analyses complémentaires conduites par l'IRSN en collaboration avec les professionnels de santé et de la consultation de ces derniers, ainsi que d'avis d'expertise produits à la demande de l'ASN, l'IRSN formule les recommandations suivantes :

- **en pédiatrie**, dans tous les domaines :
  - **poursuivre les efforts** pour la transmission des données en rappelant qu'il est possible de recueillir des données sur une durée supérieure à un an,
  - étudier la pertinence de **réviser les catégories de poids** afin de s'aligner sur les recommandations européennes et de permettre ainsi des comparaisons ;
- **réviser les valeurs de NRD** dans tous les domaines, en priorisant la scanographie ;
- **suivre l'évolution** des résultats de certains actes et, éventuellement, revoir à terme la définition de ces NRD sur la base du retour d'expérience depuis 2019, notamment :
  - TOGD et cystographie rétrograde en radiologie conventionnelle pédiatrique ;
  - vertébroplastie en radiologie interventionnelle ;
- **faire évoluer** la définition de certains NRD et les données collectées :
  - en radiologie interventionnelle :
    - ajouter le kerma dans l'air au point de référence comme indicateur dosimétrique complémentaire au PDS et au temps de scopie ;
    - envisager d'augmenter le nombre de données de patients à considérer pour chaque évaluation transmise. Pour cela, il conviendra d'étudier la pertinence d'un envoi de données massif depuis les DACS sans les poids et tailles des patients, dans l'objectif d'obtenir des données moyennes plus représentatives de la pratique clinique ;
  - en médecine nucléaire :
    - réviser le NRD relatif à la scintigraphie pulmonaire de perfusion en remplaçant le NRD en vigueur par deux nouvelles valeurs de NRD : 230 MBq pour les examens avec ventilation au

- technétium 99m et 155 MBq pour les examens avec ventilation au krypton 81m ou sans ventilation ;
- définir un seul NRD en termes d'activité massique (MBq/kg) pour les examens qui s'y prêtent.
- en scanographie : faire évoluer les NRD pour prendre en compte les indications cliniques ;
- **définir de nouveaux NRD**, en particulier :
  - en radiologie conventionnelle :
    - en mammographie, définir un NRD en mammographie numérique basé sur les doses cliniques et non plus les doses mesurées lors du contrôle de qualité et introduire un NRD en tomosynthèse mammaire en prenant en compte l'avis émis par l'IRSN en décembre 2021 (16) ;
    - en CBCT dentaire, introduire un NRD pour certaines indications en prenant en compte l'avis émis par l'IRSN en janvier 2023 (17) ;
  - en radiologie interventionnelle : envisager, en concertation avec les professionnels de santé, de créer un NRD pour deux actes de rythmologie considérés comme les plus irradiants et les actes de cardiologie interventionnelle réalisés dans des blocs opératoires ou des salles hybrides, et non dans des salles de radiologie dédiées ;
  - en médecine nucléaire :
    - réfléchir, en concertation avec les professionnels de santé, à la mise en place de NRD pour de nouveaux examens en particulier en TEP, ainsi que, dans un second temps, pour de nouveaux examens en scintigraphie ;
    - réfléchir à la mise en place de NRD pour des acquisitions scanographiques du tronc et du corps entier associées aux scintigraphies osseuses ;
- **envisager la suppression des NRD pour certains examens devenus peu fréquents**, tels que la scintigraphie rénale au DTPA ainsi que la scintigraphie cérébrale à l'ECD et HMPAO en médecine nucléaire ou le rachis dorsal de profil en radiologie conventionnelle.

Enfin, comme souligné dans l'avis IRSN n°2020-00169<sup>9</sup> sur la radiothérapie guidée par l'image, la mise en place d'une démarche d'optimisation de type NRD et la définition des valeurs de référence d'indices de dose pour les acquisitions scanners réalisées dans le cadre de la préparation en radiothérapie pourrait être envisagée.

## 7.3 CONCLUSIONS

Ce septième bilan de l'analyse des données françaises relatives aux niveaux de référence diagnostiques permet d'établir un état des lieux de la mise en œuvre des nouvelles modalités introduites par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667 en particulier en pédiatrie et en radiologie interventionnelle.

Les résultats en termes de participation illustrent l'adhésion des professionnels du domaine de la radiologie interventionnelle au dispositif des NRD.

Le nombre d'évaluations transmises en pédiatrie est en augmentation dans tous les domaines mais reste cependant insuffisant pour une analyse robuste des pratiques. Il convient de poursuivre les efforts dans ce domaine.

Enfin la diminution des indicateurs dosimétriques qui se trouvent en dessous des NRD en vigueur chez l'adulte dans tous les domaines illustre une tendance générale à la baisse des expositions et justifie une révision des valeurs de NRD. La mise en œuvre de cette révision pourrait être l'occasion de réfléchir à l'évolution de la liste des examens en concertation avec les professionnels de santé concernés.

<sup>9</sup> <https://www.irsn.fr/sites/default/files/documents/expertise/avis/2020/Avis-IRSN-2020-00169.pdf>

# GLOSSAIRE

## Abréviations

<b>ADF</b>	Association dentaire française
<b>AFTMN</b>	Association française des techniciens en médecine nucléaire
<b>AIEA</b>	Agence internationale de l'énergie atomique
<b>AMM</b>	autorisation de mise sur le marché
<b>ANSM</b>	Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé
<b>AP</b>	antéro-postérieur
<b>ASN</b>	Autorité de sûreté nucléaire
<b>ASP</b>	abdomen sans préparation
<b>CCAM</b>	classification commune des actes médicaux
<b>CBCT</b>	cone beam computed tomography (imagerie volumétrique par faisceau conique)
<b>CDF</b>	Chirurgiens-dentistes de France
<b>CE</b>	Commission Européenne
<b>CIPR</b>	Commission internationale de protection radiologique
<b>CLCC</b>	centre de lutte contre le cancer
<b>CNPCV</b>	Conseil national professionnel cardiovasculaire
<b>CQE</b>	contrôle de qualité externe
<b>CRD</b>	Commission radioprotection dentaire
<b>DACS</b>	Dose archiving and communication system
<b>De</b>	dose à l'entrée
<b>DFD</b>	distance foyer-détecteur
<b>DFP</b>	distance foyer-peau
<b>DGOS</b>	Direction générale de l'offre de soins
<b>DMG</b>	dose moyenne à la glande
<b>DOCS</b>	dépistage organisé du cancer du sein
<b>DOPA</b>	dihydroxyphénylalanine
<b>DPC</b>	développement professionnel continu
<b>DTPA</b>	acide diéthylène triamine penta acétique
<b>EANM</b>	European association of nuclear medicine
<b>ECD</b>	ethylenedicysteine diester (dichlorhydrate de bicisate)
<b>FDG</b>	fluorodésoxyglucose
<b>FEVG</b>	fraction d'éjection ventriculaire gauche
<b>FNMR</b>	Fédération nationale des médecins radiologues
<b>FSDL</b>	Fédération des syndicats dentaires libéraux
<b>G4</b>	Conseil professionnel de la radiologie française

<b>GACI</b>	Groupe athérome coronaire et cardiologie interventionnelle de la Société française de cardiologie
<b>HMPAO</b>	hexa-méthyl-propyl-amineoxime
<b>IDSV</b>	indice de dose scanographique du volume
<b>IMC</b>	indice de masse corporelle
<b>IRSN</b>	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
<b>MAA</b>	macroagrégats d'albumine
<b>MAV</b>	malformations artérioveineuses
<b>MRP</b>	médicament radiopharmaceutique
<b>NRD</b>	niveau de référence diagnostique
<b>OMS</b>	Organisation mondiale de la Santé
<b>ONCD</b>	Ordre national des chirurgiens-dentistes
<b>OPT</b>	orthopantomographie
<b>PA</b>	postéro-antérieur
<b>PDL</b>	produit dose.longueur
<b>PDS</b>	produit dose.surface
<b>PIR</b>	pratiques interventionnelles radioguidées
<b>PSMA</b>	prostate spécifique membrane antigène
<b>SFIPP</b>	Société francophone d'imagerie pédiatrique et prénatale
<b>SFMN</b>	Société française de médecine nucléaire et imagerie moléculaire
<b>SFPM</b>	Société française de physique médicale
<b>SFR</b>	Société française de radiologie
<b>SoFRa</b>	Société française de radiopharmacie
<b>TA</b>	thorax-abdomen
<b>TAP</b>	thorax-abdomen-pelvis
<b>TAVI</b>	transcatheter aortic valve implantation (implantation d'une valve aortique biologique par voie percutanée)
<b>TDM</b>	tomodensitométrie
<b>TEP</b>	tomographie par émission de positons
<b>TOGD</b>	transit œso-gastro-duodéal
<b>UD</b>	Union dentaire
<b>VGD</b>	valeur guide diagnostique

## Intitulés des types d'examen de médecine nucléaire

<b>Squelette <sup>99m</sup>Tc</b>	Scintigraphie du squelette au <sup>99m</sup> Tc MDP/HMDP/DPD
<b>Perfusion pulmonaire</b>	Scintigraphie pulmonaire de perfusion au <sup>99m</sup> Tc- macroagrégats
<b>Thyroïde <sup>99m</sup>Tc</b>	Scintigraphie de la glande thyroïde au <sup>99m</sup> Tc
<b>Thyroïde <sup>123</sup>I</b>	Scintigraphie de la glande thyroïde à l' <sup>123</sup> I
<b>Myocarde <sup>99m</sup>Tc</b>	Tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au <sup>99m</sup> Tc- MIBI/Tétrofosmine (1 <sup>e</sup> / 2 <sup>e</sup> injections)
<b>Myocarde <sup>201</sup>Tl</b>	Tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au <sup>201</sup> Tl-Chlorure (1 <sup>e</sup> / 2 <sup>e</sup> injections)
<b>FEVG</b>	Scintigraphie des cavités cardiaques pour mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche à l'équilibre au <sup>99m</sup> Tc-sérumalbumine/érythrocytes
<b>Rein dynamique</b>	Scintigraphie rénale dynamique au <sup>99m</sup> Tc-DTPA/ <sup>99m</sup> Tc-MAG3
<b>Perfusion cérébrale</b>	Tomoscintigraphie cérébrale de perfusion au <sup>99m</sup> Tc-HMPAO/ <sup>99m</sup> Tc-ECD
<b>TEP-FDG</b>	Tomographie par émission de positons au <sup>18</sup> F-fluorodéoxyglucose

# REFERENCES

- (1) Arrêté du 12 février 2004 relatif aux niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Journal officiel de la République Française du 16 mars 2004.
- (2) ICRP, 1996. Radiological protection and safety in medicine. ICRP Publication 73. Ann ICRP 26(2).
- (3) European Commission, 1999. Radiation Protection N°109. European Guidance on diagnostic reference levels (DRLs) for medical exposures.
- (4) Directive 97/43/Euratom du Conseil du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales, remplaçant la directive 84/466/Euratom. Journal officiel de l'Union européenne du 9 juillet 1997.
- (5) Directive 2013/59/Euratom du conseil du 5 décembre 2013 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire contre les dangers résultant de l'exposition aux rayonnements ionisants et abrogeant les directives 89/618/Euratom, 90/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom. Journal officiel de l'Union européenne du 17 janvier 2014.
- (6) Décision n°2019-DC-0667 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 18 avril 2019 relative aux modalités d'évaluation des doses de rayonnements ionisants délivrées aux patients lors d'un acte de radiologie, de pratiques interventionnelles radioguidées ou de médecine nucléaire et à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques associés. Bulletin officiel de l'ASN du 29 avril 2019.
- (7) Arrêté du 24 octobre 2011 relatif aux niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Journal officiel de la République Française du 14 janvier 2012.
- (8) Arrêté du 23 mai 2019 portant homologation de la décision n° 2019-DC-0667 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 18 avril 2019 relative aux modalités d'évaluation des doses de rayonnements ionisants délivrées aux patients lors d'un acte de radiologie, de pratiques interventionnelles radioguidées ou de médecine nucléaire et à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques associés. Journal officiel de la République Française du 30 mai 2019.
- (9) IRSN, 2012. Analyse des données relatives à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Bilan 2009-2010. Rapport PRP-HOM/2012-12.
- (10) IRSN, 2014. Analyse des données relatives à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Bilan 2011-2012. Rapport PRP-HOM/2014-9.
- (11) IRSN, 2016. Analyse des données relatives à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Bilan 2013-2015. Rapport PRP-HOM-2016-00006.
- (12) Décision du 30 janvier 2006 fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de mammographie numérique, modifiée par la décision du 22 novembre 2010 et celle du 23 novembre 2012, fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de mammographie numérique. Journal officiel de la République Française du 11 mars 2006.
- (13) Décision du 8 décembre 2008 fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de radiologie dentaire. Journal officiel de la République Française du 26 décembre 2008.
- (14) IEC 2010. Medical electrical equipment: part 2-43-particular requirements for the safety of x-ray equipment for interventional procedures. Report 60601. 2nd ed. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, 2010
- (15) ANSM, 2020. Décision du 15 janvier 2020 fixant les modalités du contrôle de qualité des installations de mammographie numérique.
- (16) IRSN, 2020. Exposition de la population aux rayonnements ionisants due aux actes d'imagerie médicale diagnostique réalisés en France en 2017 ; Rapport IRSN/2020-00564.
- (17) European Commission 2018, Directorate-General for Energy, European guidelines on diagnostic reference levels for paediatric imaging, Publications Office, 2018, <https://data.europa.eu/doi/10.2833/486256>
- (18) IRSN, 2020. Expertise portant sur la qualité d'image et la dose délivrée en mammographie numérique CR. Avis IRSN n°2020-00071

- (19) IRSN, 2021. Révision de la décision ASN sur les niveaux de référence diagnostiques (NRD) en imagerie médicale – Mammographie numérique 2D CR, DR et tomosynthèse. Avis IRSN n°2021-00193
- (20) IRSN, 2023. Révision de la décision ASN sur les niveaux de référence diagnostiques (NRD) en imagerie médicale – CBCT dentaire. Avis IRSN n°2023-00006
- (21) FINESS Extraction des autorisations d'activités de soins disponible via <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/finess-extraction-des-autorisations-dactivites-de-soins/>
- (22) MCO actes CCAM par établissements (Open CCAM) disponible via <https://www.scansante.fr/opendata/pmsi-mco/ccam>
- (23) SFPM, 2017 . Niveau de référence en radiologie interventionnelle. Rapport SFPM n°32I
- (24) J. Greffier et al., 2019. Patient dose reference levels in surgery: a multicenter study. *European Radiology* 29 pp. 674–681.
- (25) ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. *Ann. ICRP* 46 (1).
- (26) JL. Georges et al., 2017. Radiation Doses to Patients in Interventional Coronary Procedures—Estimation of Updated National Reference Levels by Dose Audit. *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 175, Issue 1, June 2017, Pages 17–25, <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw261>
- (27) 452154IRSN, 2020. Analyse des données relatives à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Bilan 2016-2018. Rapport IRSN 2020-00306
- (28) European Commission 2021, Directorate-General for Energy, Jaschke, W., Clark, J., Hierath, M., et al., European study on clinical diagnostic reference levels for X-ray medical imaging: EUCLID, Publications Office, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2833/>
- (29) IRSN, 2022. Actes scanner chez les enfants en France sur la période 2012-2018 et Exposition radiologique associée. Rapport IRSN 2022-00242
- (30) A. Foucault et al., 2022. Childhood cancer risks estimates following CT scans: an update of the French CT cohort study. *European Radiology*. 2022. doi : 10.1007/s00330-022-08602-z.
- (31) MO. Bernier et al., 2019. Cohort Profile: the EPI-CT study: A European pooled epidemiological study to quantify the risk of radiation-induced cancer from paediatric CT. *Int J Epidemiol*. 2019; 48(2):379-381.
- (32) M. Hauptmann et al. 2023. Brain cancer after radiation exposure from CT examinations of children and young adults: results from the EPI-CT cohort study. *Lancet Oncol*. 2023 Jan;24(1):45-53. doi: 10.1016/S1470-2045(22)00655-6.
- (33) OMS, 2016. Communiquer sur les risques liés aux rayonnements ionisants en imagerie pédiatrique disponible via [https://www.irsn.fr/FR/Actualites\\_presse/Actualites/Pages/20220401\\_guide-oms-imagerie-pediatrique.aspx#.YqdfnRrP3IU](https://www.irsn.fr/FR/Actualites_presse/Actualites/Pages/20220401_guide-oms-imagerie-pediatrique.aspx#.YqdfnRrP3IU)
- (34) IRSN, 2018. Etat des lieux du parc français des scanners, analyse de l'impact de l'année de construction sur les doses délivrées aux patients et recommandations relatives aux bonnes pratiques de radioprotection en imagerie médicale rapport parc scanner. Avis IRSN/2018-00117
- (35) ASN, 2019. Médecine nucléaire en France état du parc, des moyens humains et des activités en 2017.
- (36) ASN, 2022. Bilan des inspections 2021 - la radioprotection dans les installations De médecine nucléaire in vivo disponible via <https://www.asn.fr/espace-professionnels/activites-medicales/medecine-nucleaire/bilan-des-inspections-en-medecine-nucleaire/bilan-des-inspections-en-medecine-nucleaire-realisees-par-l-asn-2021>
- (37) SFBMN, 2021. Guide pour la rédaction de protocoles pour la scintigraphie pulmonaire. Version 1.1 (2021) disponible via [https://www.cnp-mn.fr/wp-content/uploads/2021/11/Prot\\_SFMM\\_ScintiPulmonaire18022021.pdf](https://www.cnp-mn.fr/wp-content/uploads/2021/11/Prot_SFMM_ScintiPulmonaire18022021.pdf)

---

# ANNEXE

## ANALYSES DETAILLEES PAR DOMAINE D'ACTIVITE ET PAR TYPE D'EXAMEN

## Radiologie Conventielle chez l'adulte – Thorax de face (PA)

Analyse des données 2019-2021

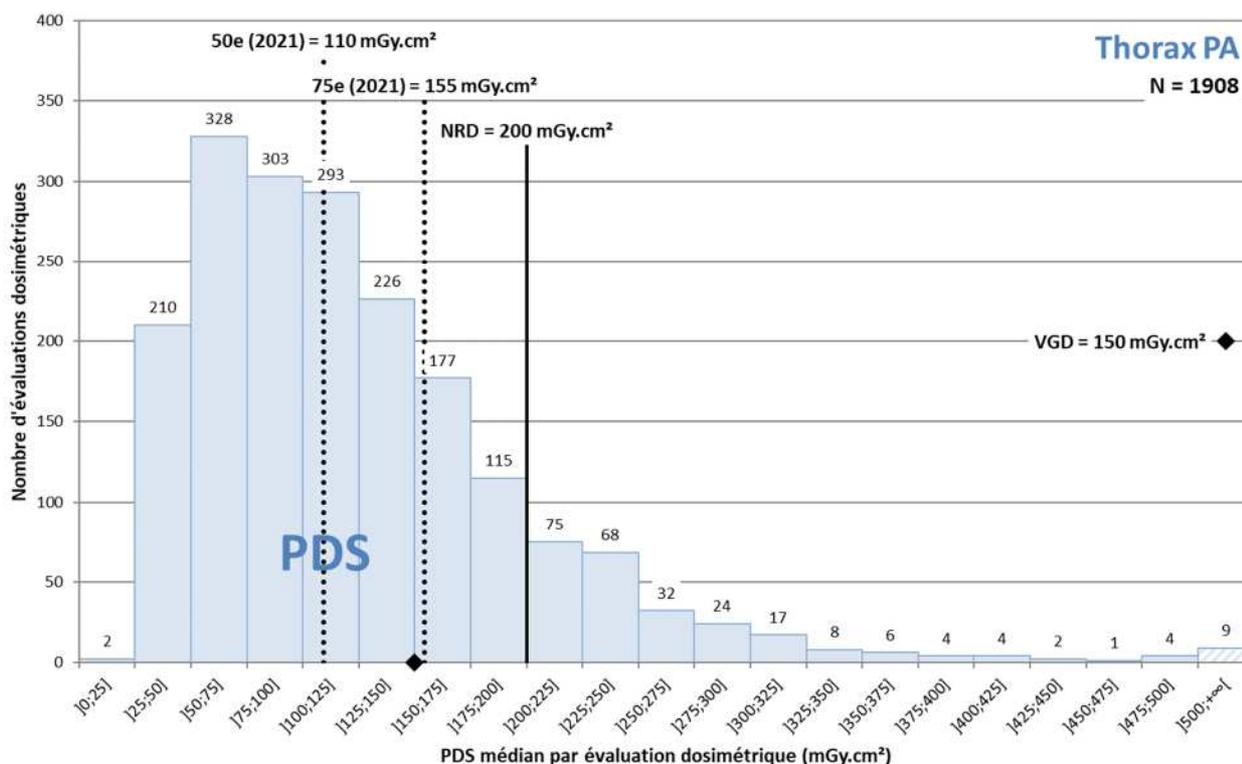


Figure 22 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de face (postéro-antérieur) chez l'adulte.

Tableau 16 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de face (postéro-antérieur) chez l'adulte.

### Thorax de face (postéro-antérieur)

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	200	
VGD en vigueur	150	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	1908	621

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75e centile	160	155
50e centile	110	110
Valeurs minimale - maximale	24 - 830	24 - 677
Nombre de dépassements du NRD	254 (13 %)	64 (10 %)

## Évolution depuis 2011

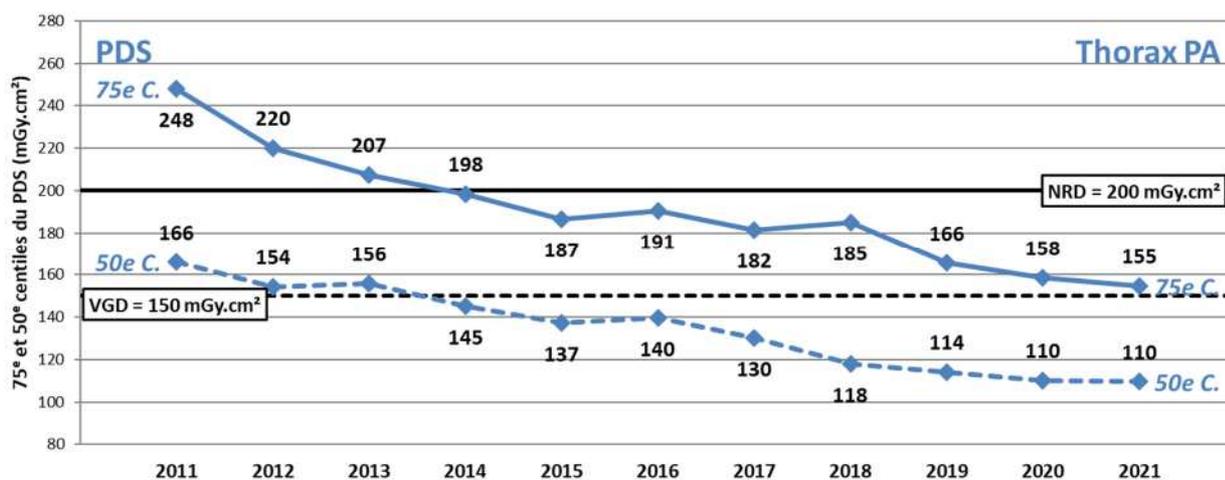


Figure 23 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen du thorax de face (postéro-antérieur) chez l'adulte.

## Radiologie Conventielle chez l'adulte - Thorax de profil

Analyse des données 2019-2021

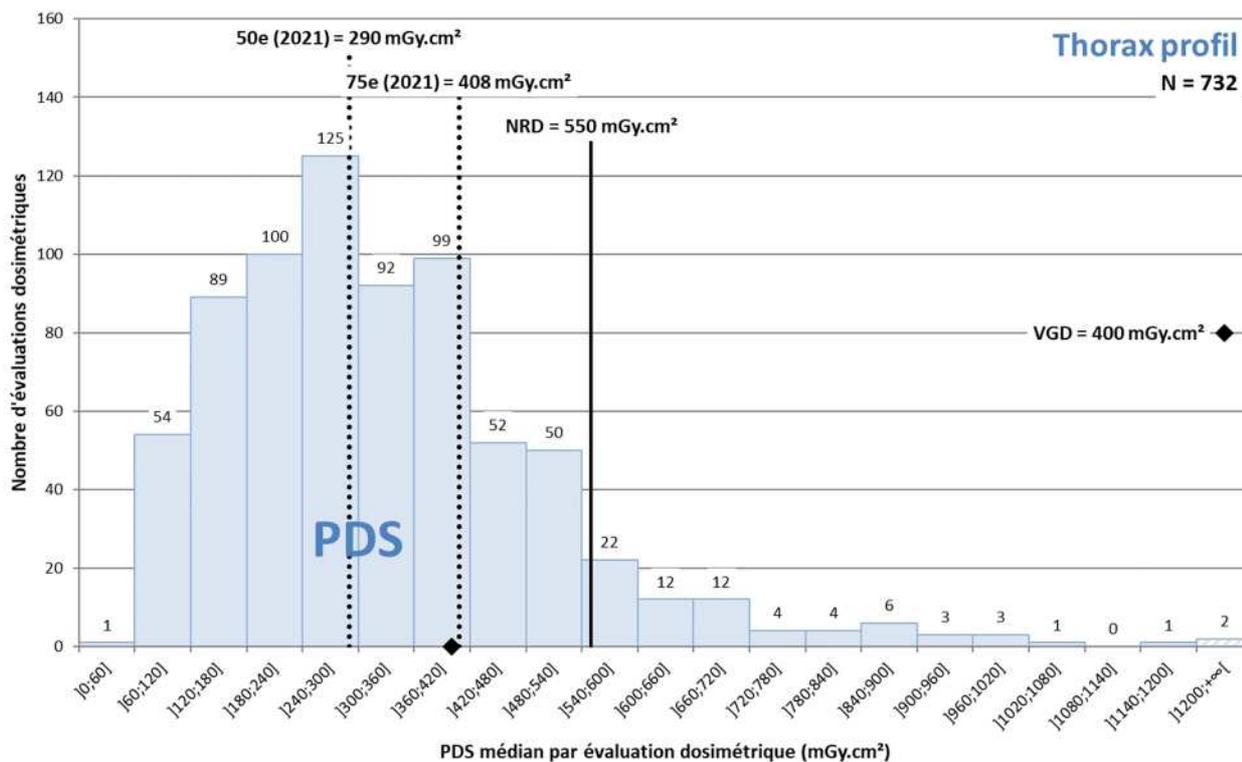


Figure 24 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de profil chez l'adulte.

Tableau 17 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de profil chez l'adulte.

### Thorax de profil

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	550	
VGD en vigueur	400	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	732	259

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75 <sup>e</sup> centile	412	408
50 <sup>e</sup> centile	300	290
Valeurs minimale - maximale	54 - 1607	75 - 1607
Nombre de dépassements du NRD	64 (9 %)	15 (6 %)

## Évolution depuis 2011

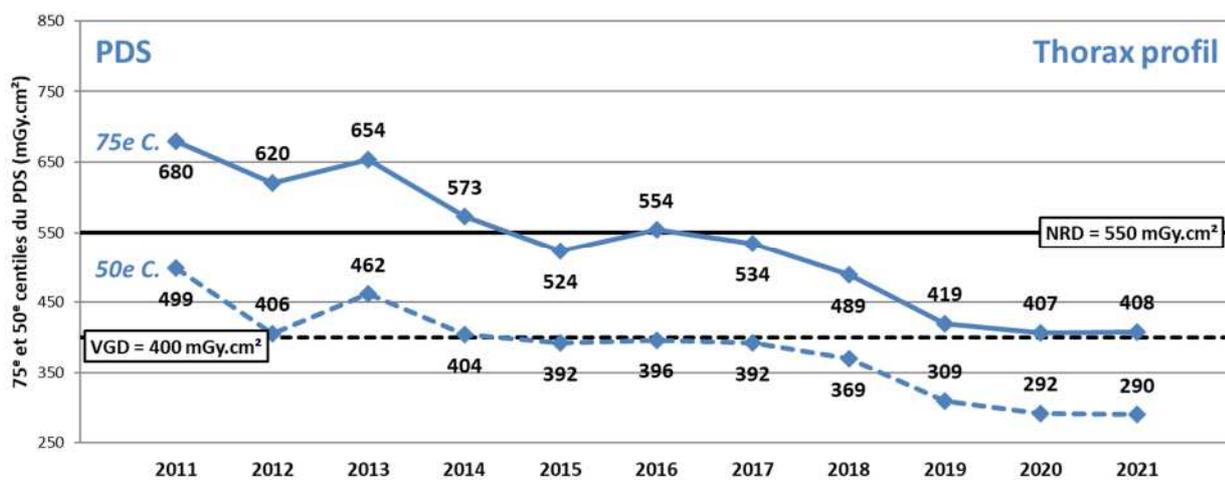


Figure 25 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen du thorax de profil chez l'adulte.

## Radiologie Conventielle chez l'adulte – Abdomen sans préparation

Analyse des données 2019-2021

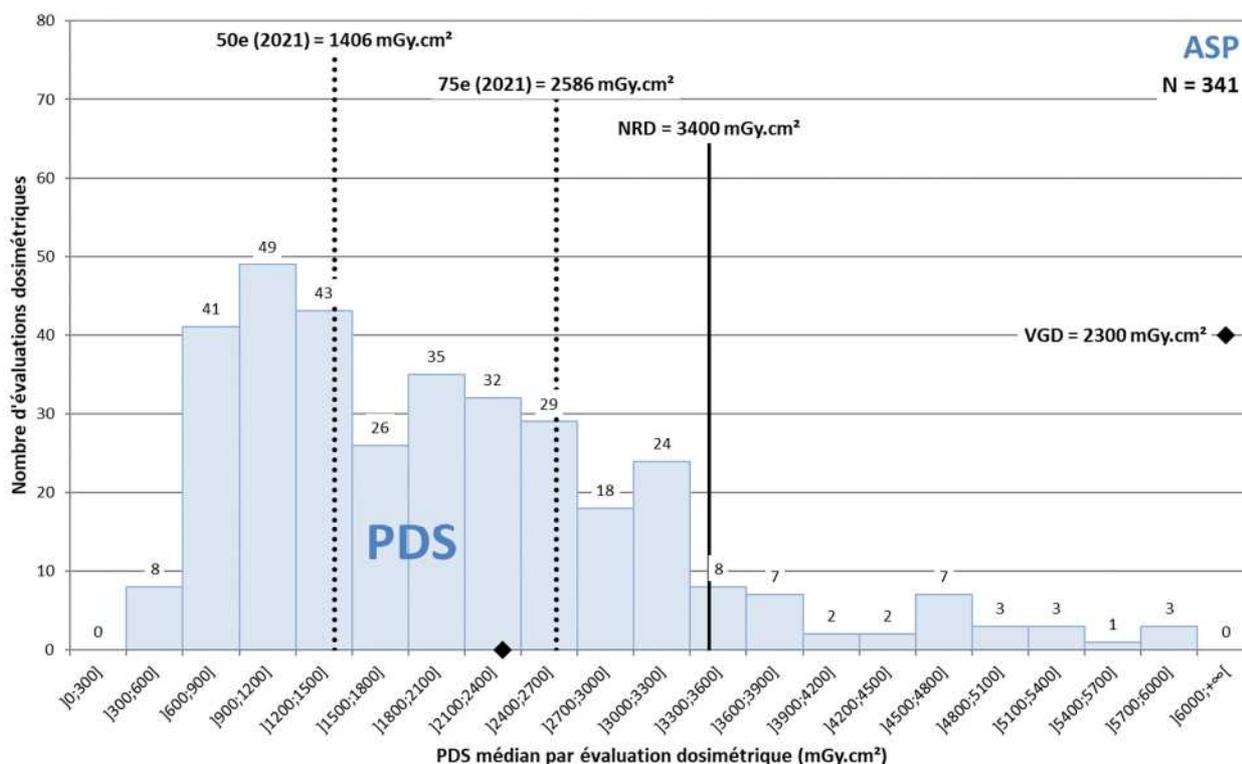


Figure 26 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'abdomen sans préparation chez l'adulte.

Tableau 18 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'abdomen sans préparation chez l'adulte.

### Abdomen sans préparation

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm²)	
NRD en vigueur	3400	
VGD en vigueur	2300	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	341	110

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm²)	
75° centile	2604	2586
50° centile	1819	1406
Valeurs minimale - maximale	391 - 5840	391 - 5720
Nombre de dépassements du NRD	33 (10 %)	8 (7 %)

## Évolution depuis 2011

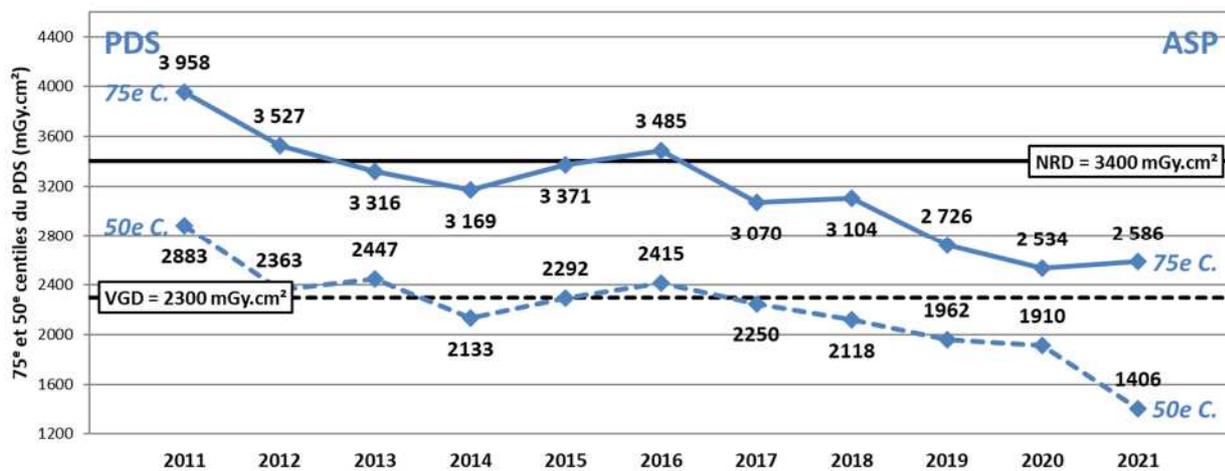


Figure 27 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen de l'abdomen sans préparation chez l'adulte.

## Radiologie Conventielle chez l'adulte – Bassin de face (AP)

Analyse des données 2019-2021

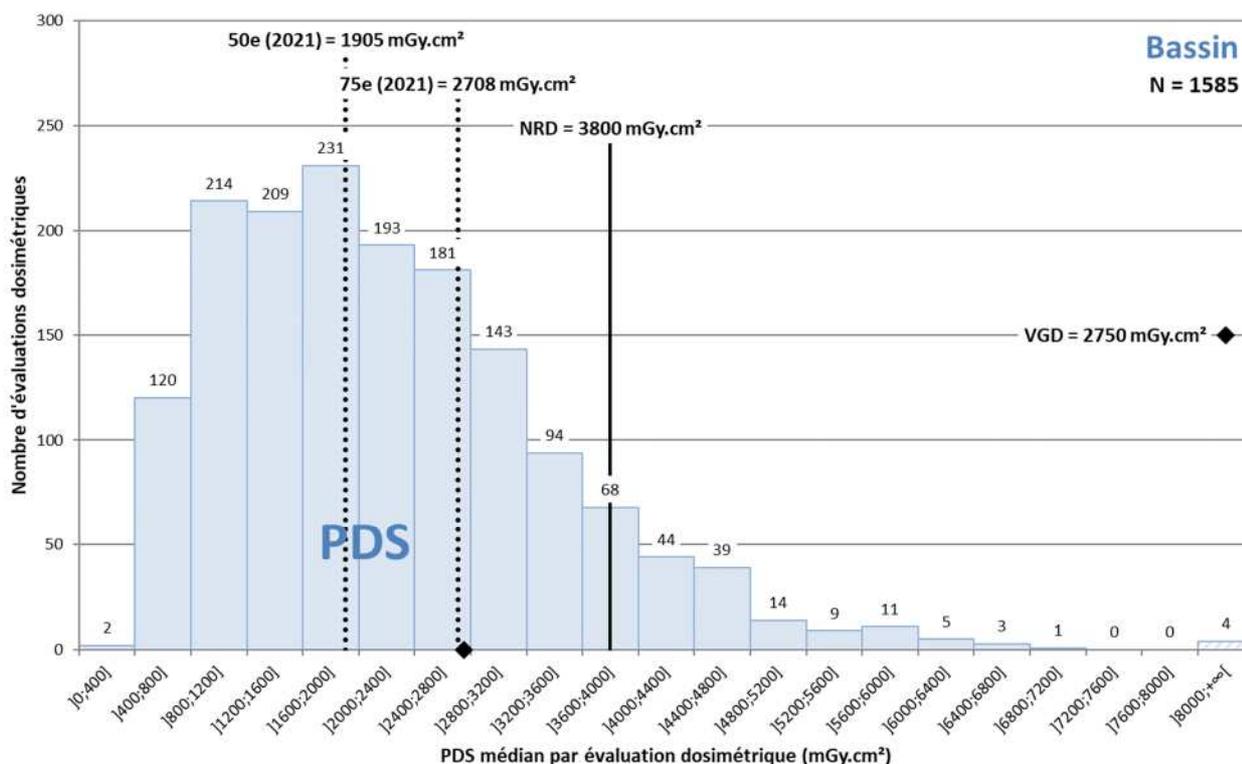


Figure 28 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du bassin de face (antéro-postérieur) chez l'adulte.

Tableau 19 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du bassin de face (antéro-postérieur) chez l'adulte.

### Bassin de face (antéro-postérieur)

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm²)	
NRD en vigueur	3800	
VGD en vigueur	2750	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	1585	503

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm²)	
75° centile	2895	2708
50° centile	2045	1905
Valeurs minimale - maximale	365 - 13052	365 - 8099
Nombre de dépassements du NRD	162 (10 %)	40 (8 %)

## Évolution depuis 2011

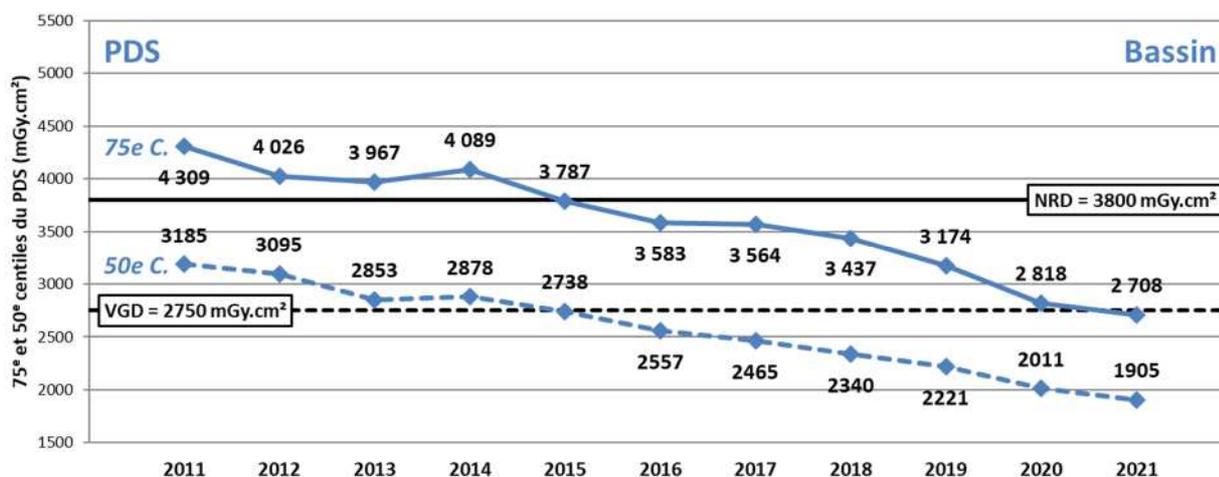


Figure 29 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen du bassin de face (antéro-postérieur) chez l'adulte.

## Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Hanche

Analyse des données 2019-2021

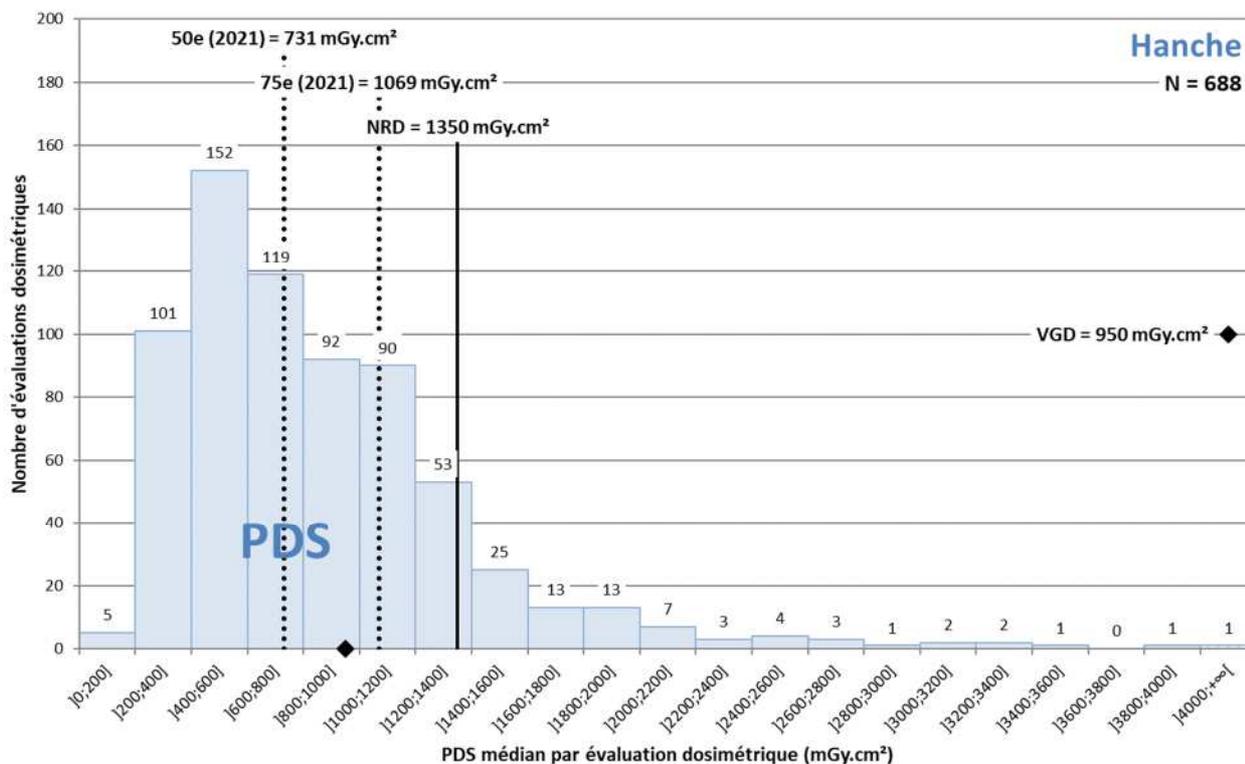


Figure 30 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la hanche (face ou profil) chez l'adulte.

Tableau 20 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la hanche (face ou profil) chez l'adulte.

### Hanche

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	1350	
VGD en vigueur	950	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	688	231

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75° centile	1088	1069
50° centile	737	731
Valeurs minimale - maximale	167 - 4400	178 - 3140
Nombre de dépassements du NRD	88 (13 %)	24 (10 %)

## Évolution depuis 2011

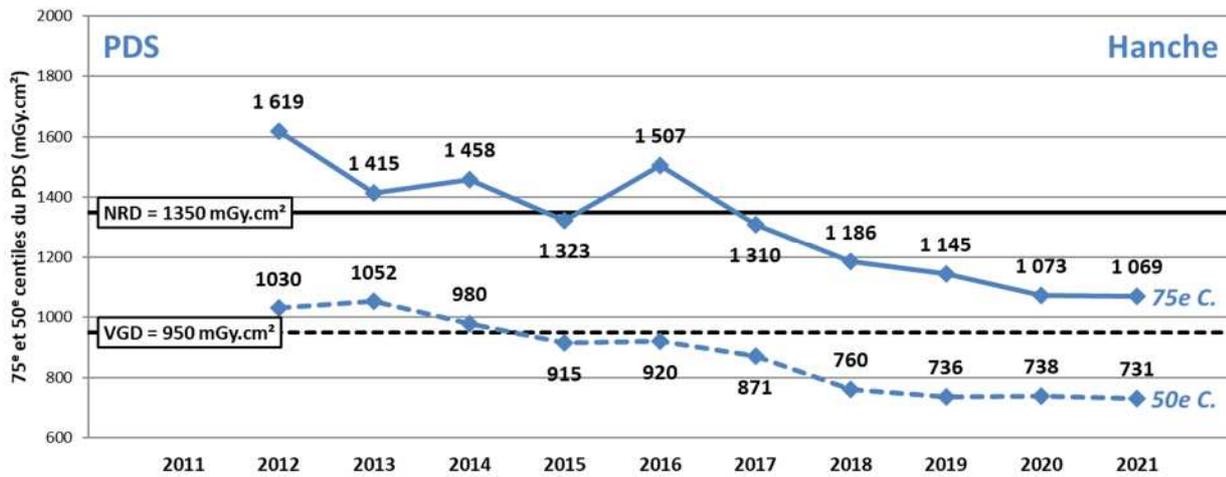


Figure 31 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen de la hanche (face ou profil) chez l'adulte.

L'examen radiographique de la hanche (face ou profil) a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par l'arrêté du 24 octobre 2011. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2012.

## Radiologie Conventiennelle chez l'adulte – Rachis cervical

Analyse des données 2019-2021

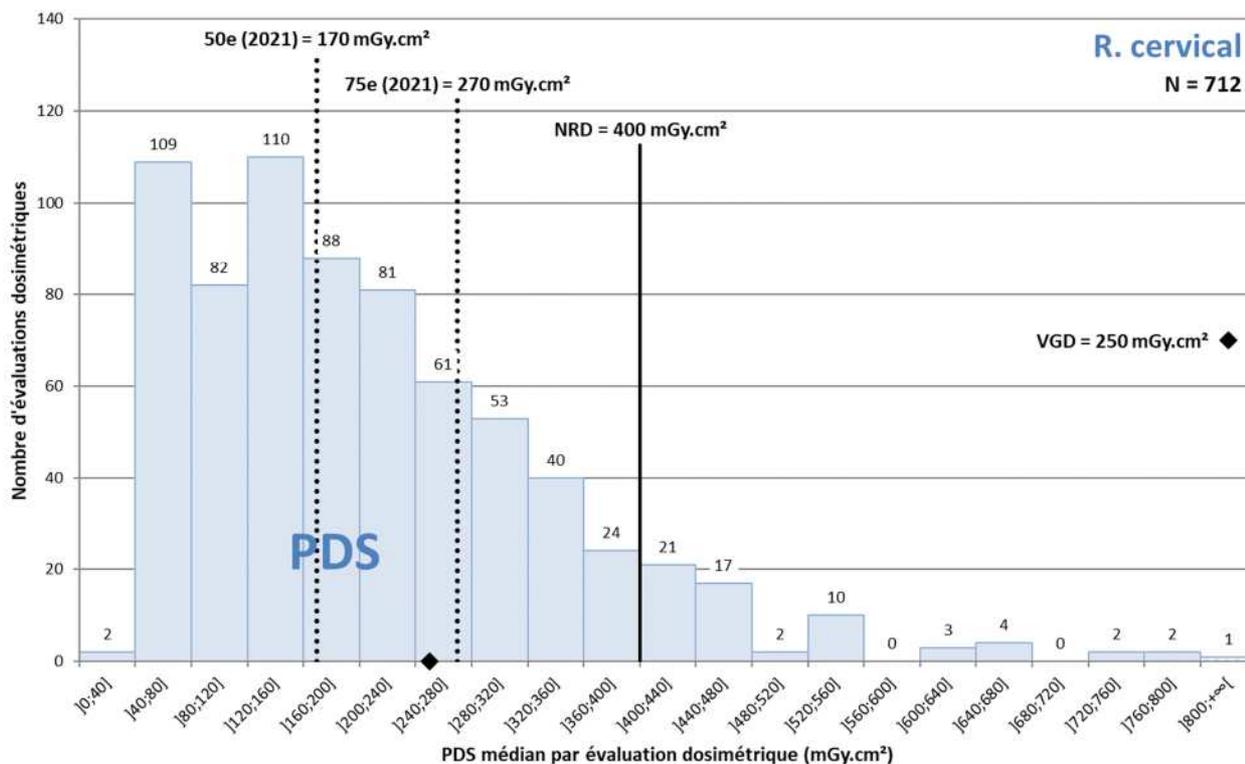


Figure 32 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis cervical (face ou profil) chez l'adulte.

Tableau 21 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis cervical (face ou profil) chez l'adulte.

### Rachis cervical

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	400	
VGD en vigueur	250	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	712	248

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75° centile	281	270
50° centile	183	170
Valeurs minimale - maximale	33 - 850	33 - 676
Nombre de dépassements du NRD	62 (9 %)	15 (6 %)

## Évolution depuis 2011

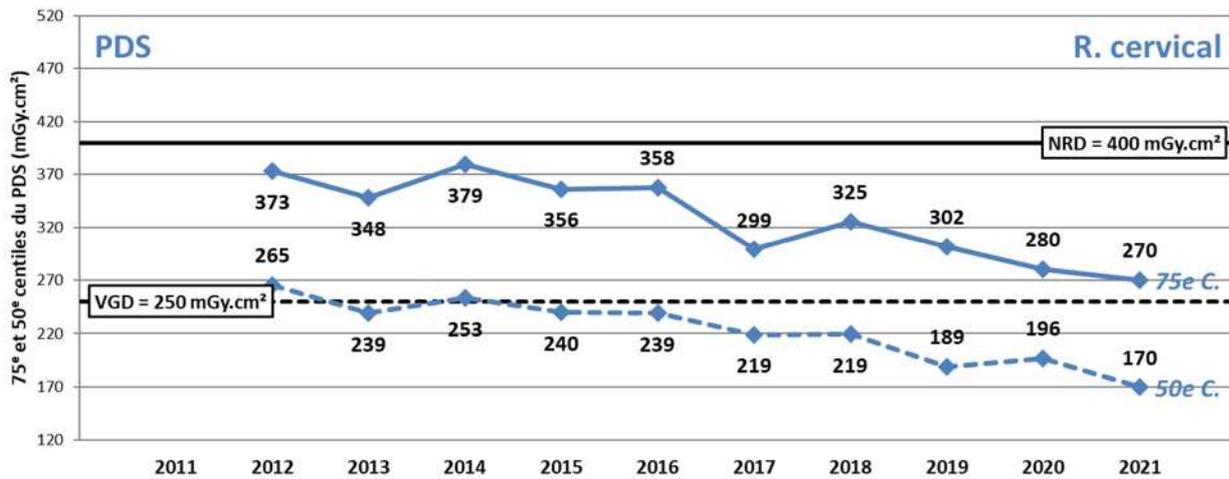


Figure 33 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen du rachis cervical (face ou profil) chez l'adulte.

L'examen radiographique du rachis cervical (face ou profil) a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par l'arrêté du 24 octobre 2011. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2012.

## Radiologie Conventielle chez l'adulte – Rachis dorsal de face

Analyse des données 2019-2021

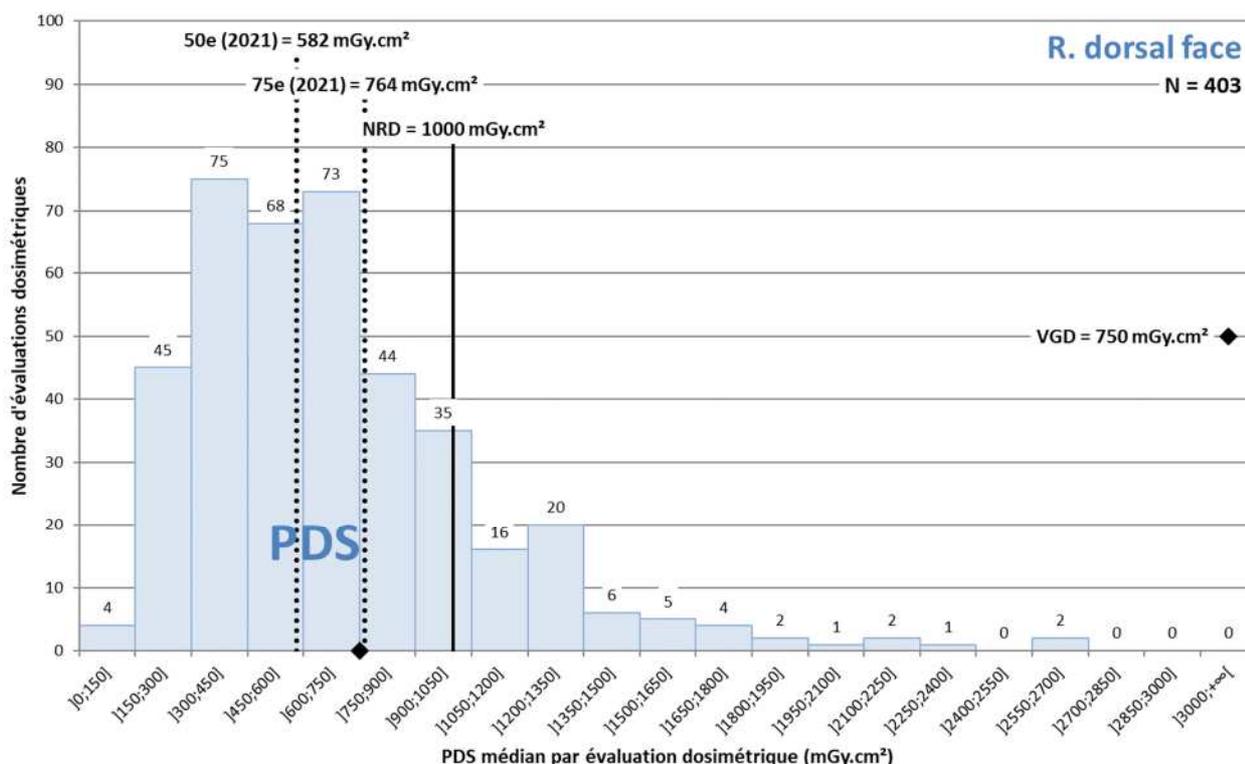


Figure 34 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis dorsal de face chez l'adulte.

Tableau 22 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis dorsal de face chez l'adulte.

### Rachis dorsal de face

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	1000	
VGD en vigueur	750	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	403	154

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75° centile	870	764
50° centile	630	582
Valeurs minimale - maximale	130 - 2700	130 - 1795
Nombre de dépassements du NRD	65 (16 %)	16 (10 %)

## Évolution depuis 2011

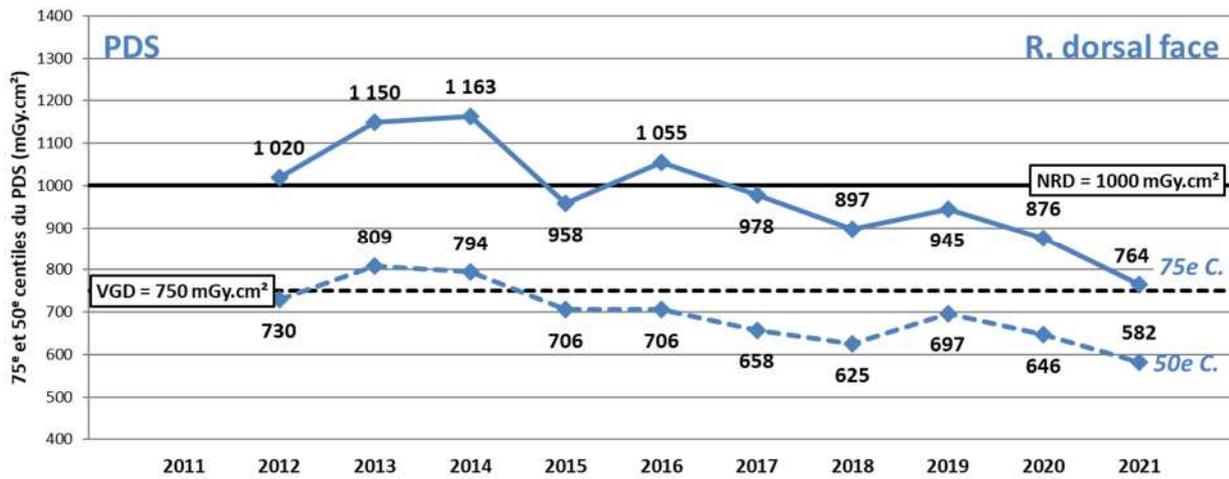


Figure 35 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen du rachis dorsal de face chez l'adulte.

L'examen radiographique du rachis dorsal de face a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par l'arrêté du 24 octobre 2011. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2012.

## Radiologie Conventiennelle chez l'adulte – Rachis dorsal de profil

Analyse des données 2019-2021

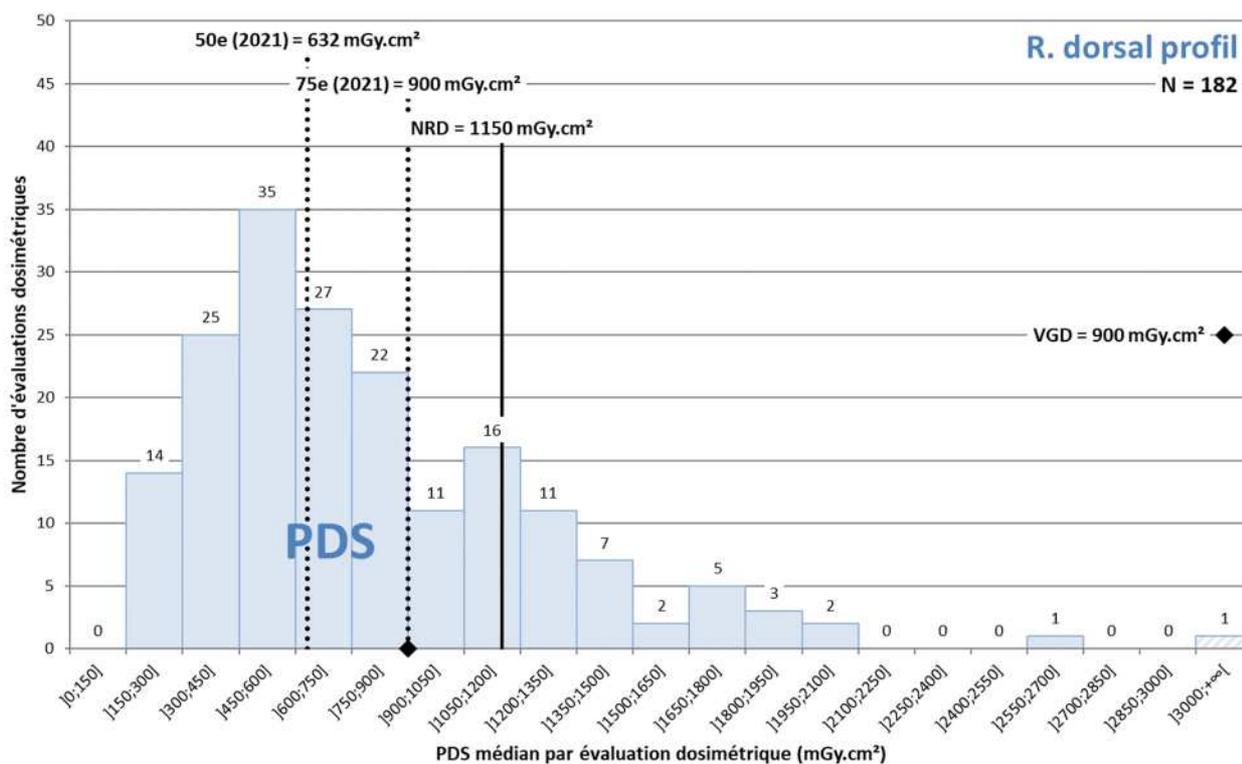


Figure 36 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis dorsal de profil chez l'adulte.

Tableau 23 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis dorsal de profil chez l'adulte.

### Rachis dorsal de profil

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	1150	
VGD en vigueur	900	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	182	58

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75 <sup>e</sup> centile	1083	900
50 <sup>e</sup> centile	693	632
Valeurs minimale - maximale	155 - 3280	181 - 3280
Nombre de dépassements du NRD	36 (20 %)	11 (19 %)

## Évolution depuis 2011

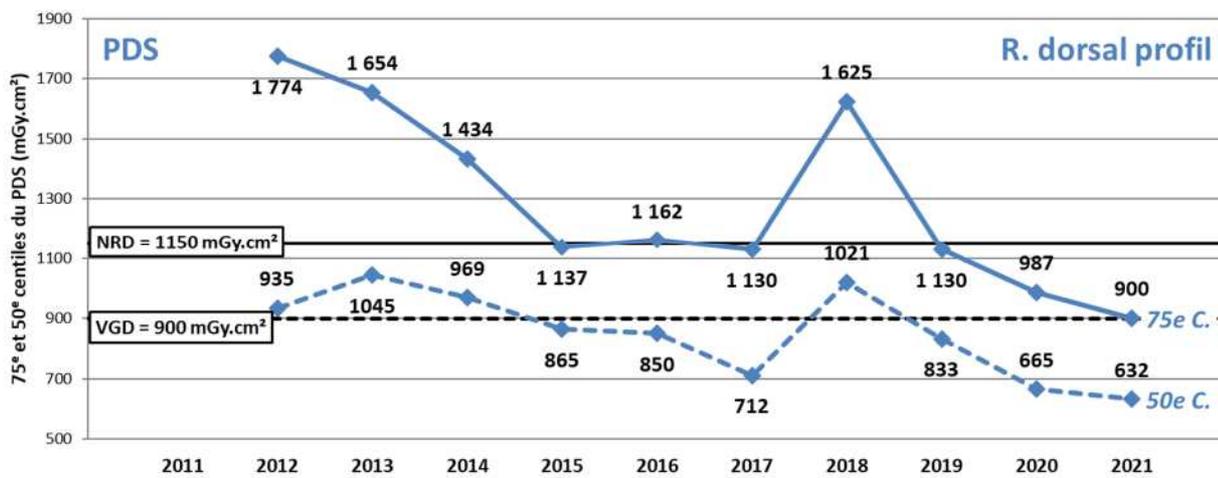


Figure 37 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen du rachis dorsal de profil chez l'adulte.

L'examen radiographique du rachis dorsal de profil a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par l'arrêté du 24 octobre 2011. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2012.

## Radiologie Conventionnelle chez l'adulte – Rachis lombaire de face

Analyse des données 2019-2021

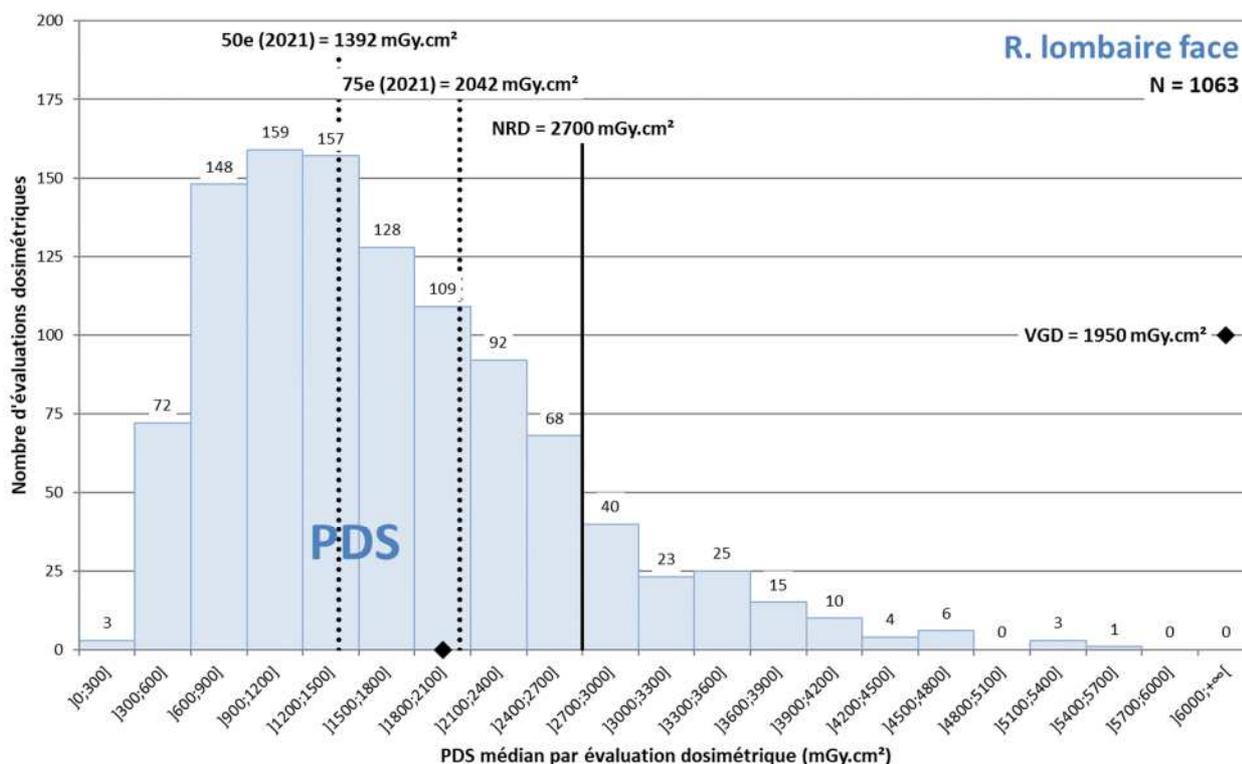


Figure 38 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis lombaire de face chez l'adulte.

Tableau 24 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis lombaire de face chez l'adulte.

### Rachis lombaire de face

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	2700	
VGD en vigueur	1950	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	1063	366

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75 <sup>e</sup> centile	2160	2042
50 <sup>e</sup> centile	1481	1392
Valeurs minimale - maximale	265 - 5430	265 - 5170
Nombre de dépassements du NRD	127 (12 %)	39 (11 %)

## Évolution depuis 2011

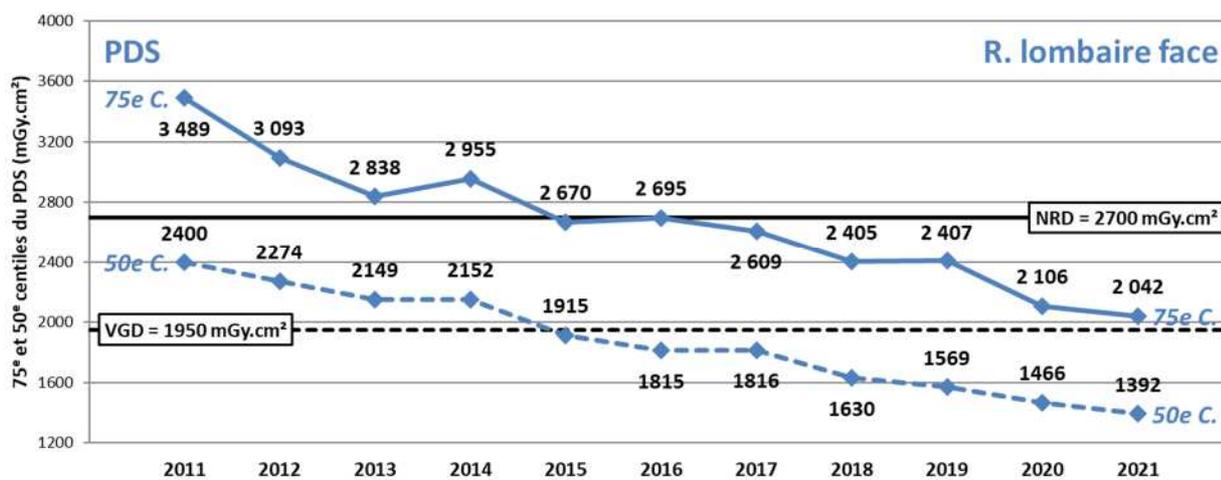


Figure 39 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen du rachis lombaire de face chez l'adulte.

## Radiologie Conventielle chez l'adulte – Rachis lombaire de profil

Analyse des données 2019-2021

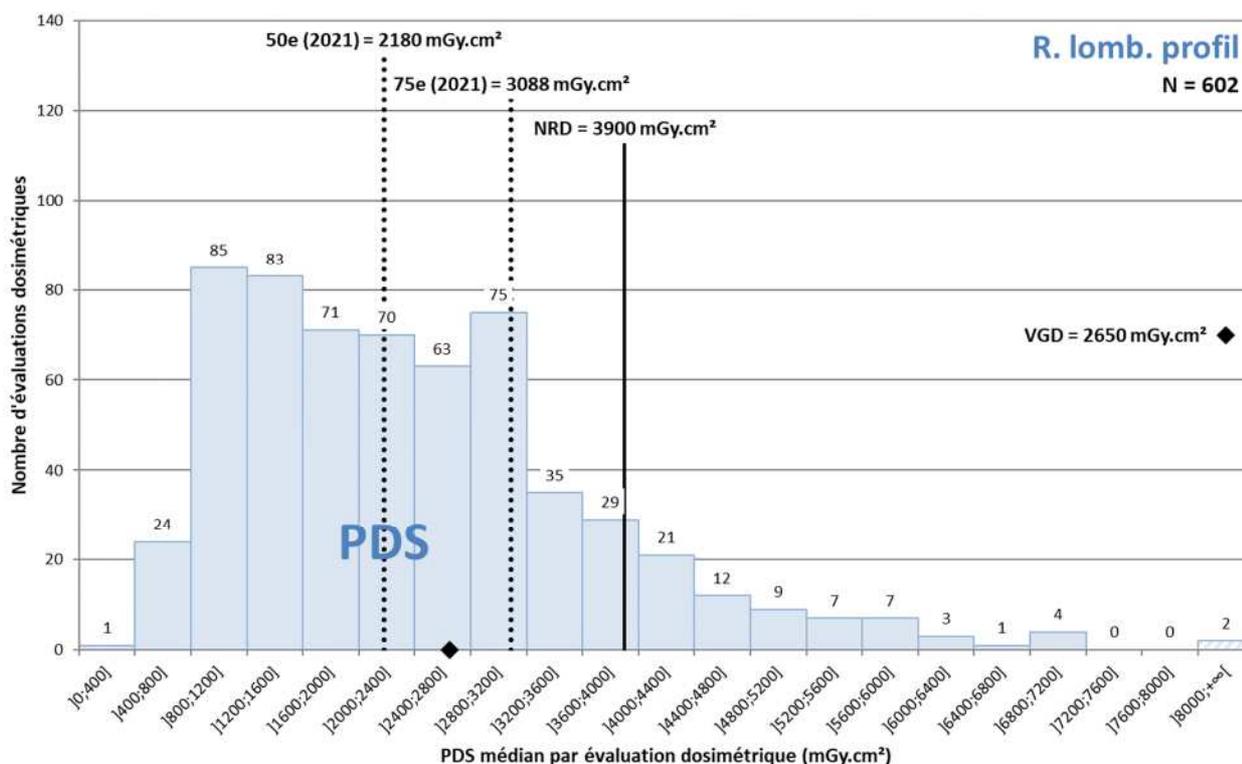


Figure 40 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis lombaire de profil chez l'adulte.

Tableau 25 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis lombaire de profil chez l'adulte.

### Rachis lombaire de profil

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	3900	
VGD en vigueur	2650	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	602	228

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75° centile	3098	3088
50° centile	2181	2180
Valeurs minimale - maximale	369 - 9645	369 - 9645
Nombre de dépassements du NRD	74 (12 %)	30 (13 %)

## Évolution depuis 2011

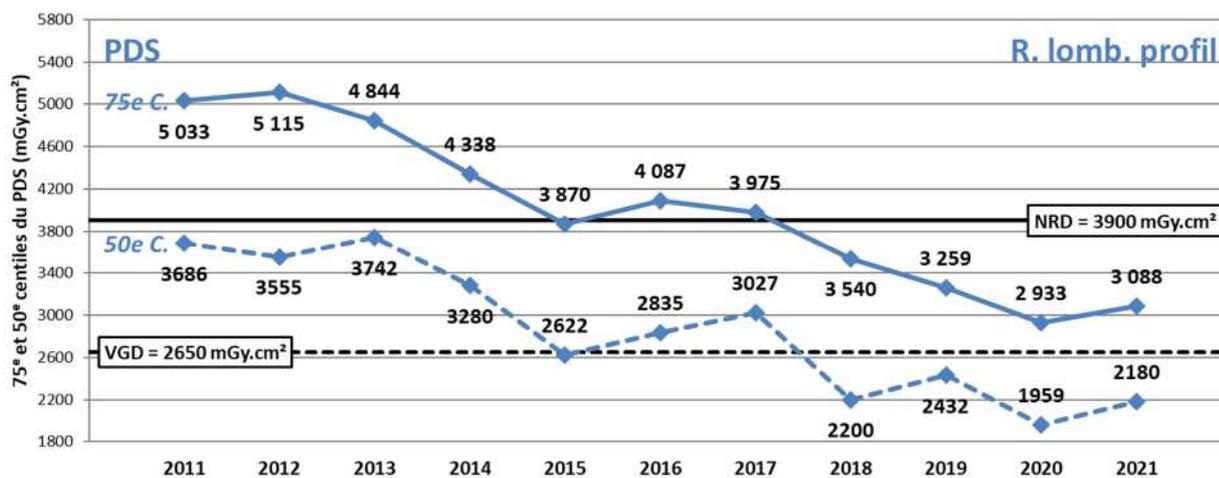


Figure 41 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'examen du rachis lombaire de profil chez l'adulte.

## Radiologie Conventielle chez l'adulte – Orthopantomographie

Analyse des données 2019-2021

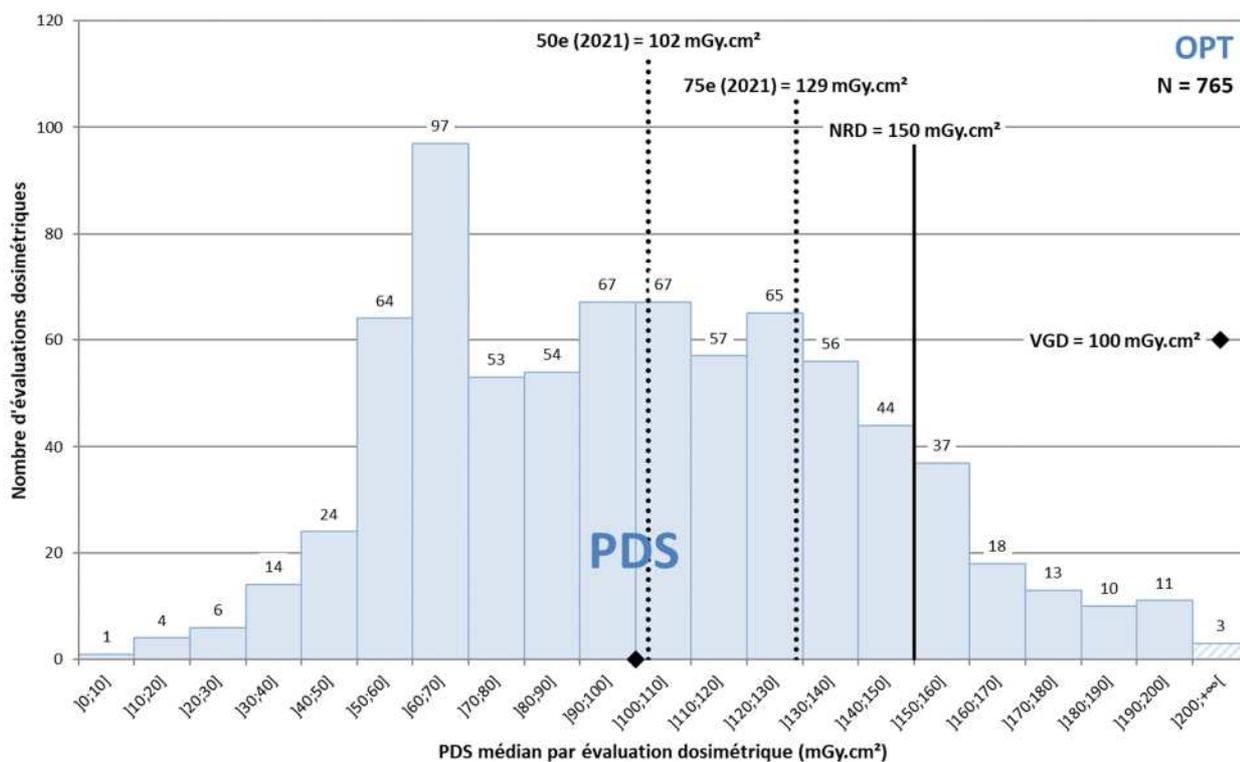


Figure 42 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'orthopantomographie chez l'adulte.

Tableau 26 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'orthopantomographie chez l'adulte.

### Orthopantomographie

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
NRD en vigueur	150	
VGD en vigueur	100	

Période considérée	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	765	238

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )	
75 <sup>e</sup> centile	130	129
50 <sup>e</sup> centile	100	102
Valeurs minimale - maximale	9 - 244	17 - 199
Nombre de dépassements du NRD	92 (12 %)	29 (12 %)

## Évolution depuis 2011

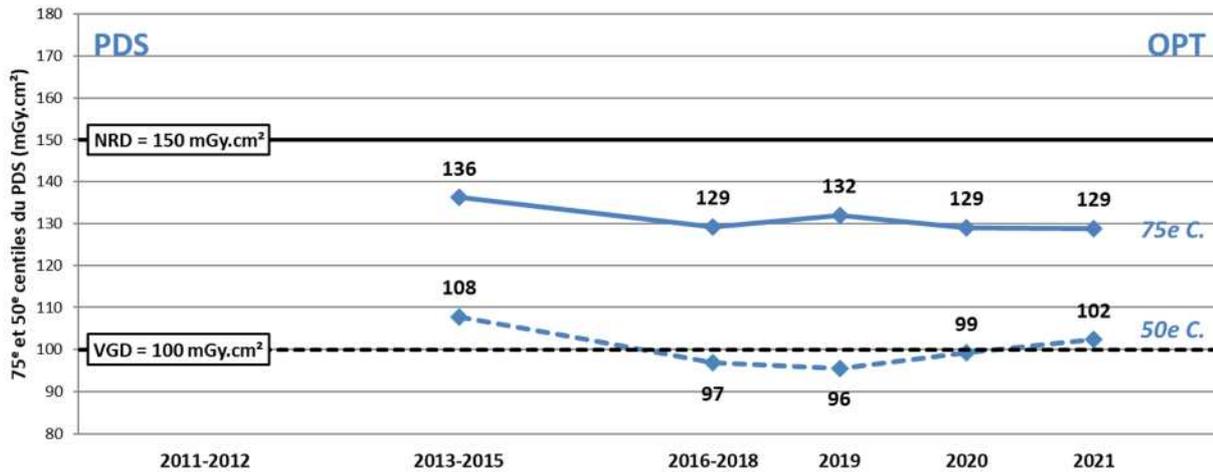


Figure 43 : Évolution des 75e et 50e centiles du PDS pour l'orthopantomographie chez l'adulte.

L'orthopantomographie a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par l'arrêté du 24 octobre 2011. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2012. Le nombre d'évaluations reçues en 2012 avait été jugé insuffisant pour leur exploitation.

A partir de 2019, le nombre de données reçues étant suffisant une analyse des résultats par année a pu être possible. Avant cela l'analyse se faisait sur une période de 3 ans.

## Radiologie Conventiennelle chez l'enfant – Thorax de face (AP) chez l'enfant de 5 à < 10 kg

Analyse des données 2019-2021

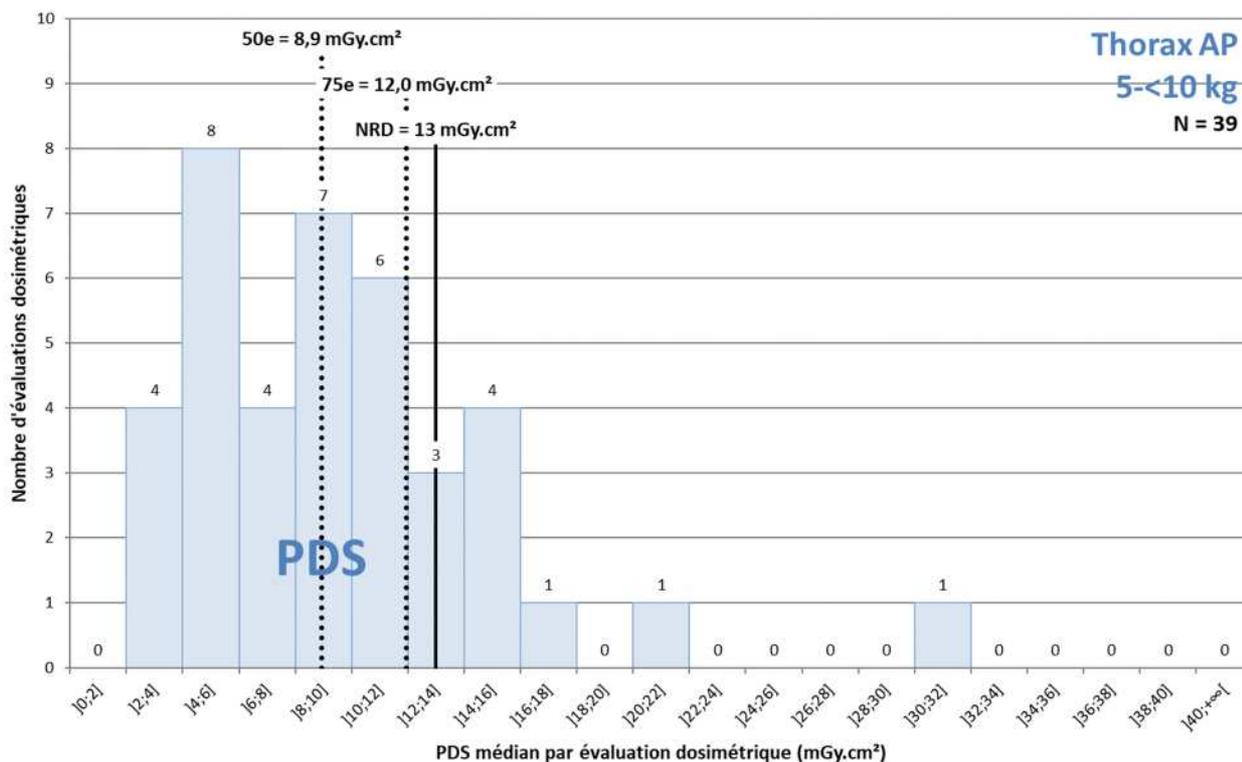


Figure 44 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de face (antéro-postérieur) chez l'enfant de 5 à moins de 10 kg.

Tableau 27 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de face (AP) chez l'enfant de 5 à moins de 10 kg.

### Thorax de face (AP) chez l'enfant de 5 à < 10 kg

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm²)
NRD en vigueur	13
VGD en vigueur	-

Période considérée	2019-2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	39

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm²)
75° centile	12,0
50° centile	8,9
Valeurs minimale - maximale	2,2 - 31,4
Nombre de dépassements du NRD	8 (21 %)

### Évolution depuis 2011

Compte-tenu du nombre très faible d'évaluations dosimétriques reçues chaque année, il n'apparaît pas pertinent de présenter une courbe dont les variations sont plus liées à la faiblesse statistique des données qu'à l'évolution des doses délivrées au fil du temps. De plus les catégories de poids ont évoluées sur la période.

## Radiologie Conventielle chez l'enfant – Thorax de face (PA) chez l'enfant de 10 à < 20 kg

Analyse des données 2019-2021

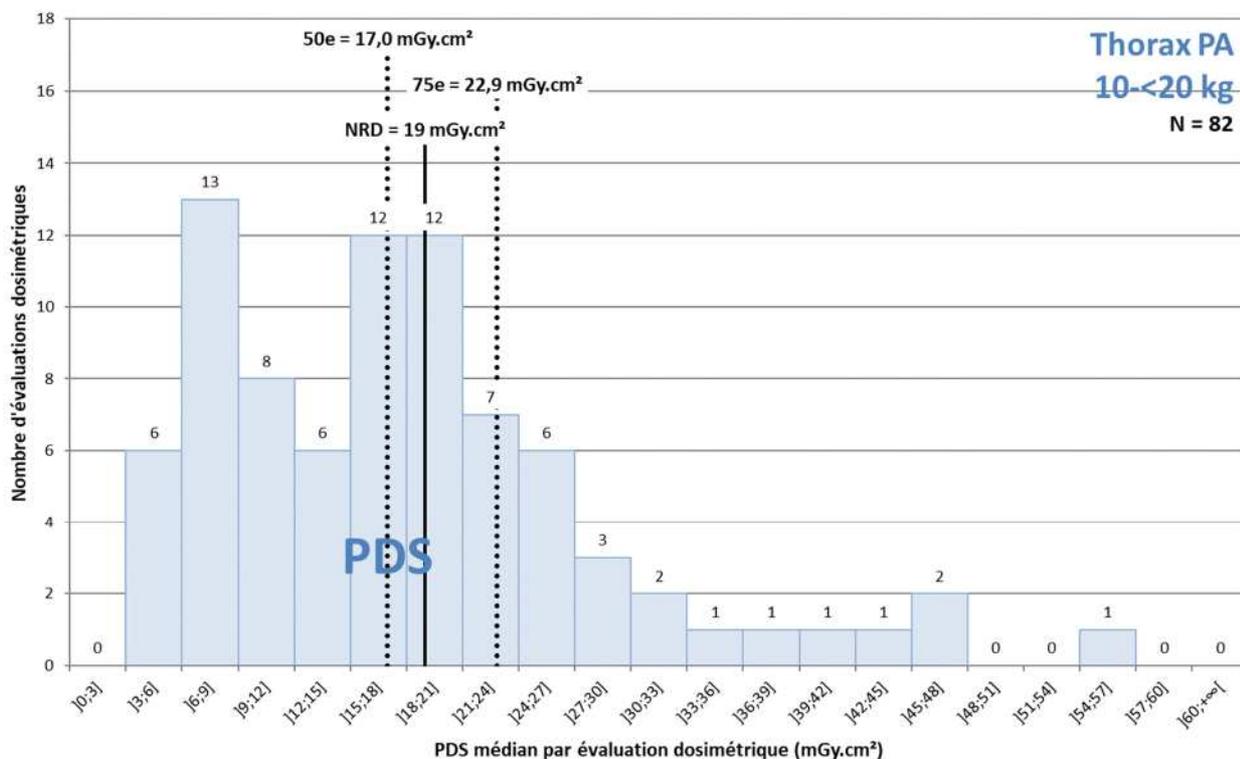


Figure 45 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de face (postéro-antérieur) chez l'enfant de 10 à moins de 20 kg.

Tableau 28 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de face (PA) chez l'enfant de 10 à moins de 20 kg.

### Thorax de face (PA) chez l'enfant de 10 à < 20 kg

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )
NRD en vigueur	19
VGD en vigueur	-

Période considérée	2019-2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	82

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )
75 <sup>e</sup> centile	22,9
50 <sup>e</sup> centile	17,0
Valeurs minimale - maximale	3,7 - 55,0
Nombre de dépassements du NRD	33 (40 %)

### Évolution depuis 2011

Compte-tenu du nombre très faible d'évaluations dosimétriques reçues chaque année, il n'apparaît pas pertinent de présenter une courbe dont les variations sont plus liées à la faiblesse statistique des données qu'à l'évolution des doses délivrées au fil du temps. De plus les catégories de poids ont évoluées sur la période.

## Radiologie Conventielle chez l'enfant – Thorax de face (PA) chez l'enfant de 20 à < 30 kg

Analyse des données 2019-2021

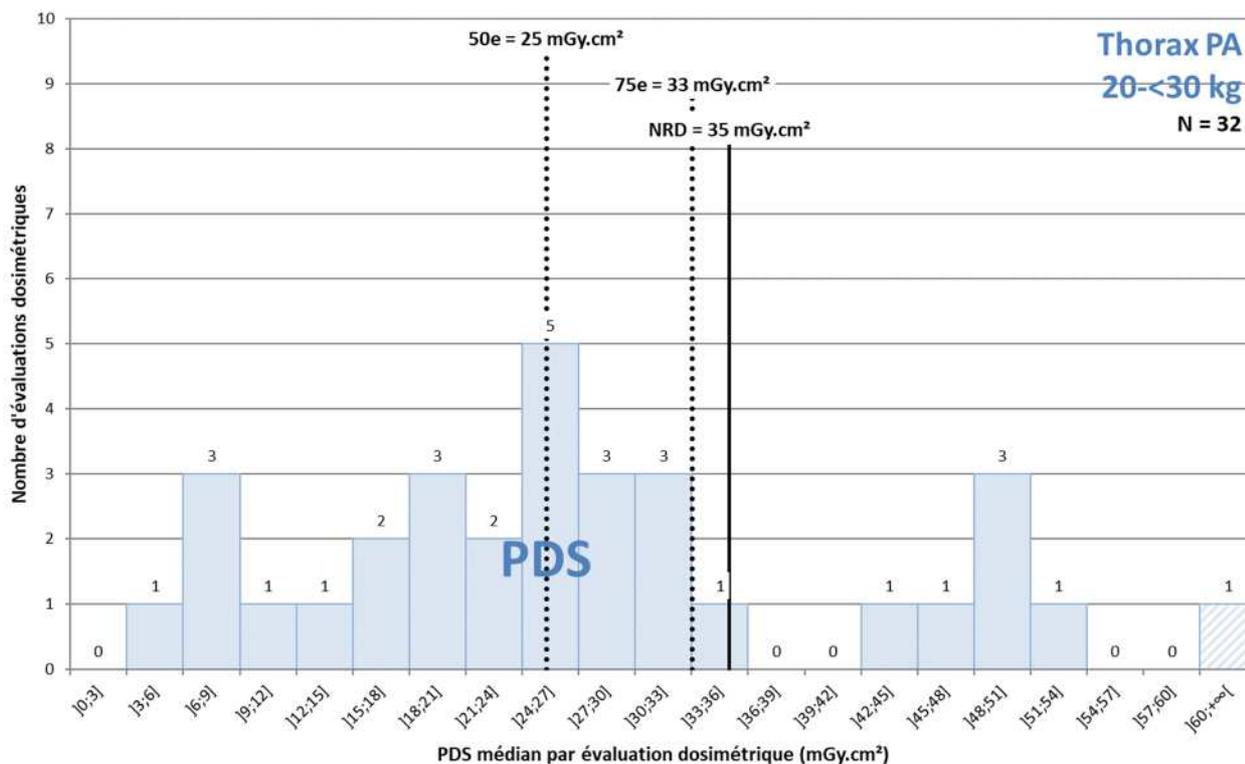


Figure 46 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de face (postéro-antérieur) chez l'enfant de 20 à moins de 30 kg.

Tableau 29 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax de face (PA) chez l'enfant de 20 à moins de 30 kg.

### Thorax de face (PA) chez l'enfant de 20 à < 30 kg

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )
NRD en vigueur	35
VGD en vigueur	-
<hr/>	
Période considérée	2019-2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	32
<hr/>	
Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )
75 <sup>e</sup> centile	33
50 <sup>e</sup> centile	25
Valeurs minimale - maximale	6 - 66
Nombre de dépassements du NRD	7 (22 %)

### Évolution depuis 2011

Compte-tenu du nombre très faible d'évaluations dosimétriques reçues chaque année, il n'apparaît pas pertinent de présenter une courbe dont les variations sont plus liées à la faiblesse statistique des données qu'à l'évolution des doses délivrées au fil du temps. De plus les catégories de poids ont évoluées sur la période.

## Radiologie Conventiennelle chez l'enfant – Bassin (AP) chez l'enfant de 15 à < 25 kg

Analyse des données 2019-2021

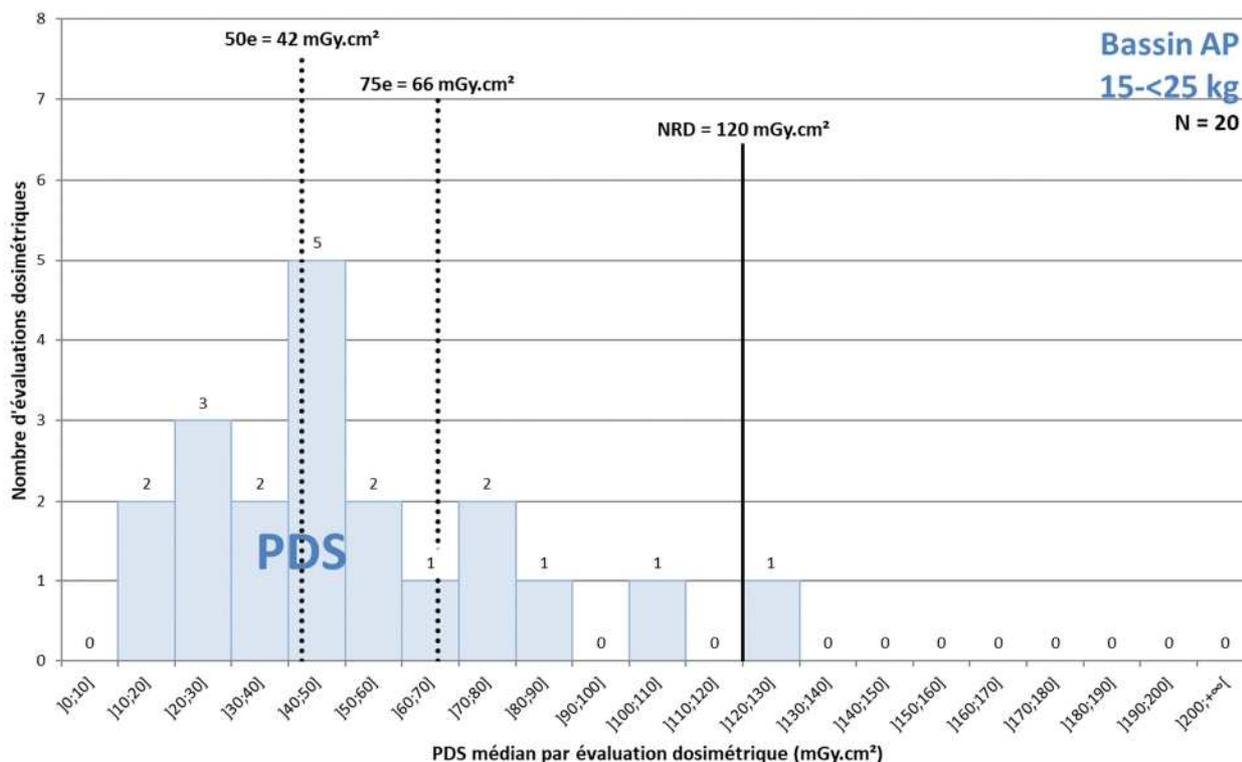


Figure 47 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du bassin (antéro-postérieur) chez l'enfant de 15 à moins de 25 kg.

Tableau 30 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du bassin (AP) chez l'enfant de 15 à moins de 25 kg.

### Bassin (AP) chez l'enfant de 15 à < 25 kg

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )
NRD en vigueur	120
VGD en vigueur	-
<hr/>	
Période considérée	2019-2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	20
<hr/>	
Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm <sup>2</sup> )
75 <sup>e</sup> centile	66
50 <sup>e</sup> centile	42
Valeurs minimale - maximale	13 - 129
Nombre de dépassements du NRD	1 (5 %)

### Évolution depuis 2011

Compte-tenu du nombre très faible d'évaluations dosimétriques reçues chaque année, il n'apparaît pas pertinent de présenter une courbe dont les variations sont plus liées à la faiblesse statistique des données qu'à l'évolution des doses délivrées au fil du temps. De plus les catégories de poids ont évoluées sur la période.

## Radiologie Conventiennelle chez l'enfant – Rachis total face (hors technologie chambre à fils) chez l'enfant de 30 à < 50 kg

Analyse des données 2019-2021

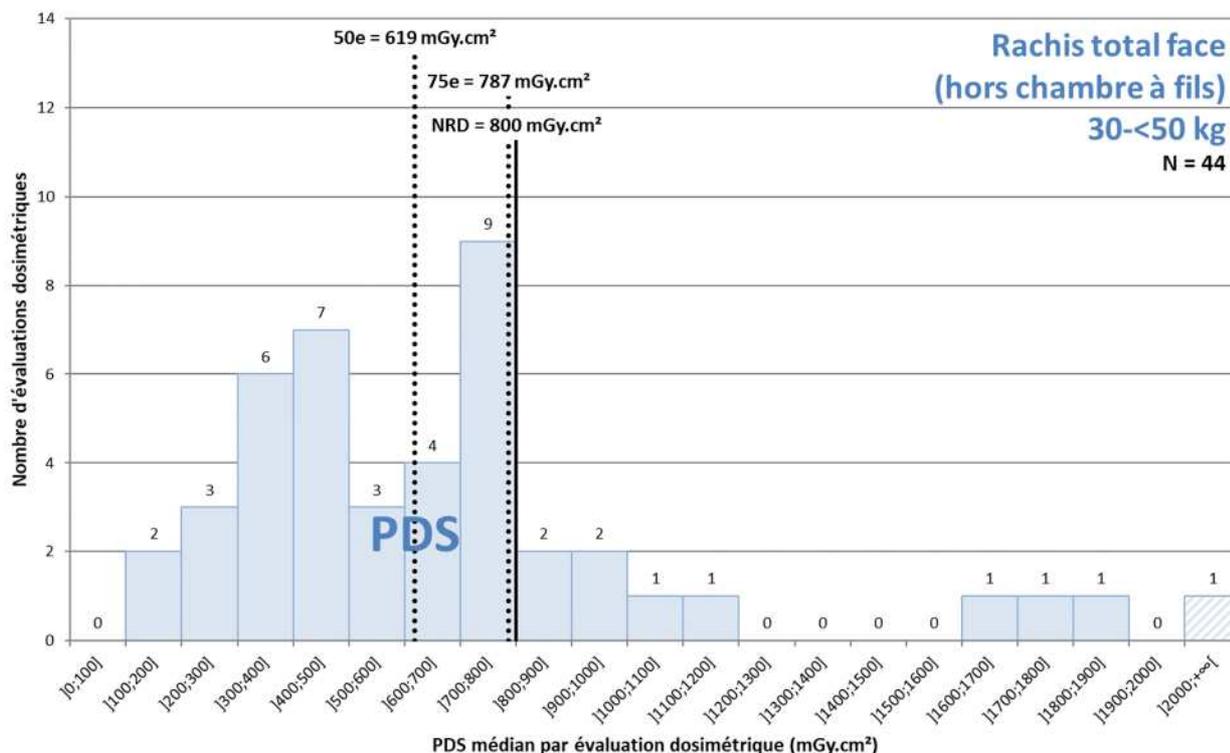


Figure 48 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis total face (hors technologie chambre à fils) chez l'enfant de 30 à moins de 50 kg.

Tableau 31 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis total face (hors technologie chambre à fils) chez l'enfant de 30 à moins de 50 kg.

### Rachis total face (hors technologie chambre à fils) chez l'enfant de 30 à < 50 kg

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm²)
NRD en vigueur	800
VGD en vigueur	-

Période considérée	2019-2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	44

Grandeur dosimétrique	PDS (mGy.cm²)
75° centile	787
50° centile	619
Valeurs minimale - maximale	156 - 2185
Nombre de dépassements du NRD	10 (23 %)

### Évolution depuis 2011

Compte-tenu du nombre très faible d'évaluations dosimétriques reçues chaque année, il n'apparaît pas pertinent de présenter une courbe dont les variations sont plus liées à la faiblesse statistique des données qu'à l'évolution des doses délivrées au fil du temps. De plus les catégories de poids ont évoluées sur la période.

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Coronarographie

Analyse des données 2019-2021

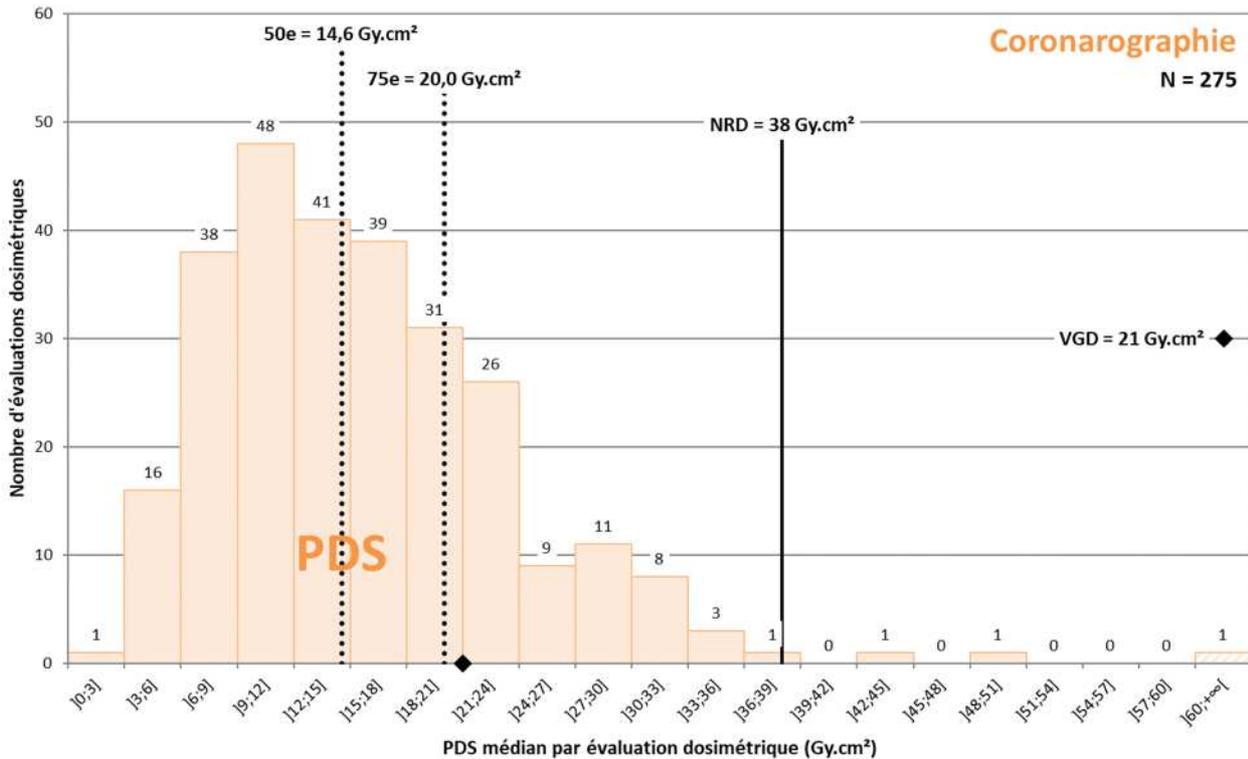


Figure 49 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la coronarographie.

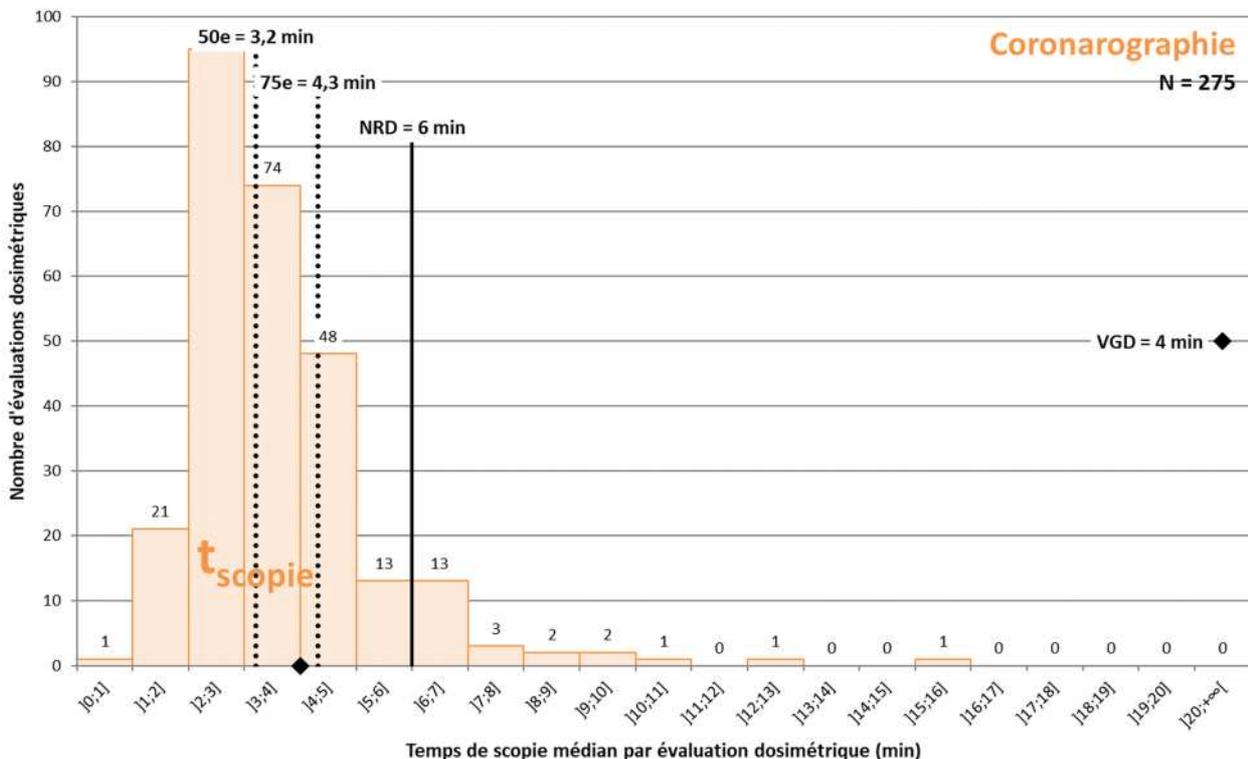


Figure 50 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la coronarographie.

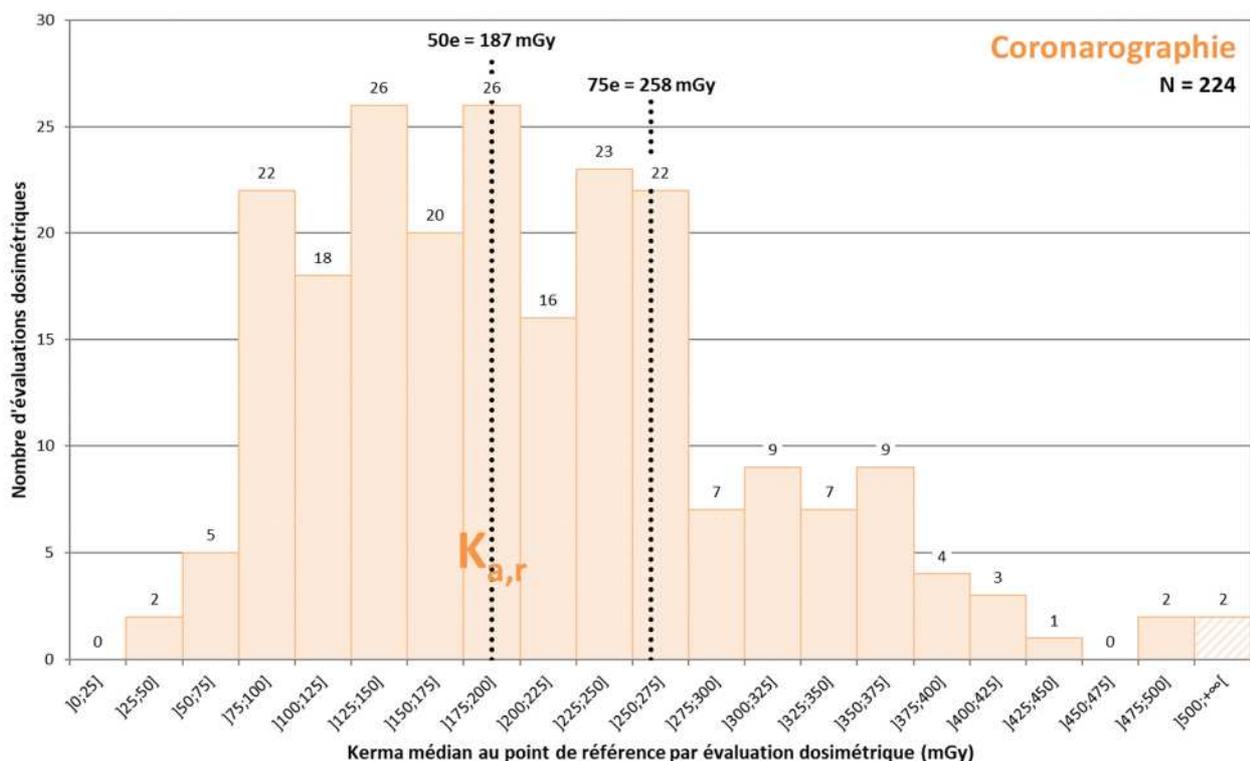


Figure 51 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la coronarographie.

Tableau 32 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultants des évaluations dosimétriques réalisées pour la coronarographie.

### Coronarographie

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	38	6	-
VGD en vigueur	21	4	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	275	275	224

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75° centile	20,0	4,3	258
50° centile	14,6	3,2	187
Valeurs minimale - maximale	2,4 - 65,8	0,9 - 15,3	38 - 563
Nombre de dépassements du NRD	4 (1,5 %)	23 (8,4 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Angioplastie des artères coronaires

Analyse des données 2019-2021

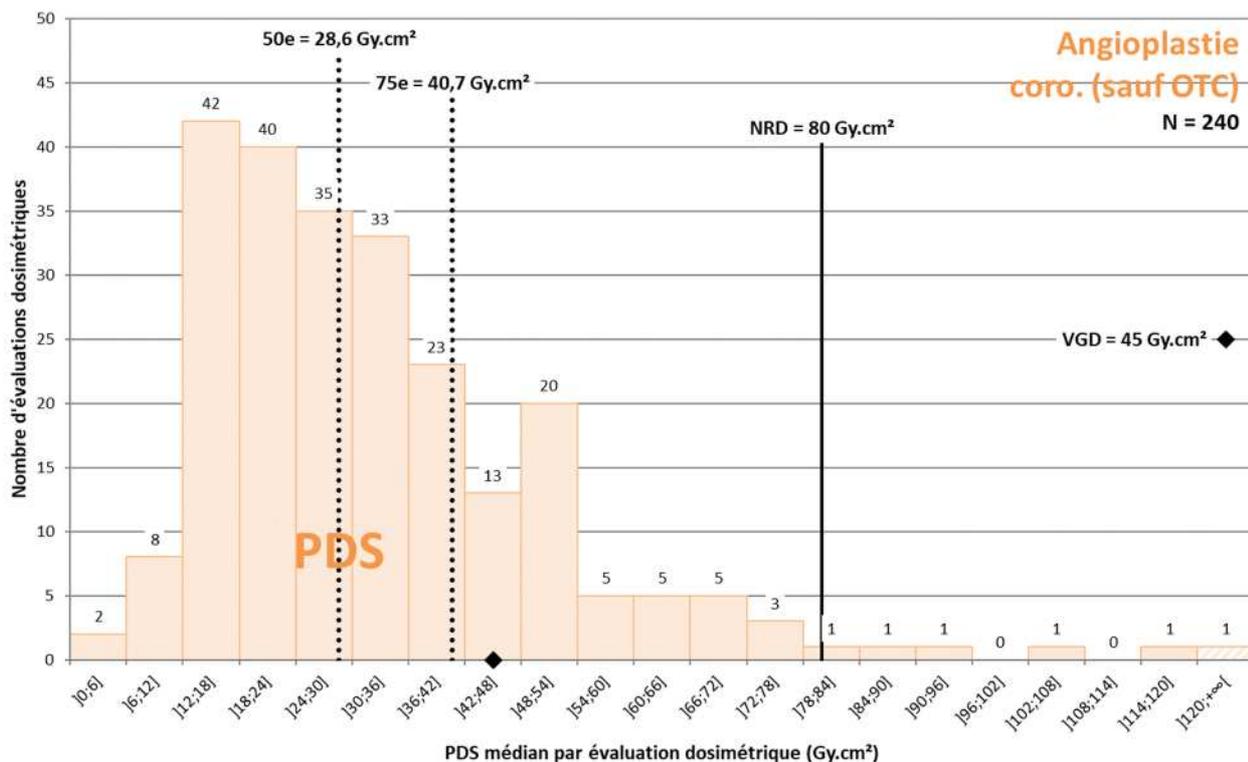


Figure 52 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'angioplastie des artères coronaires (sauf pour occlusion totale chronique).

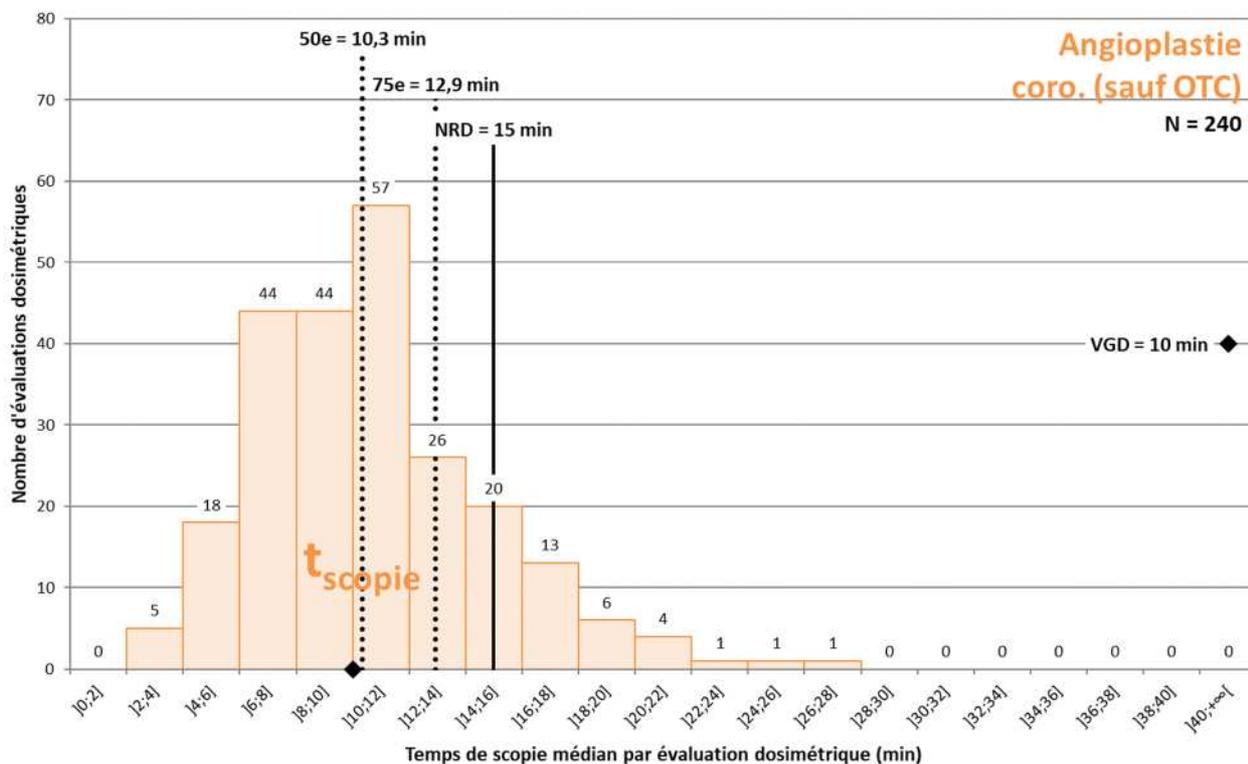


Figure 53 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques pour l'angioplastie des artères coronaires (sauf pour occlusion totale chronique).

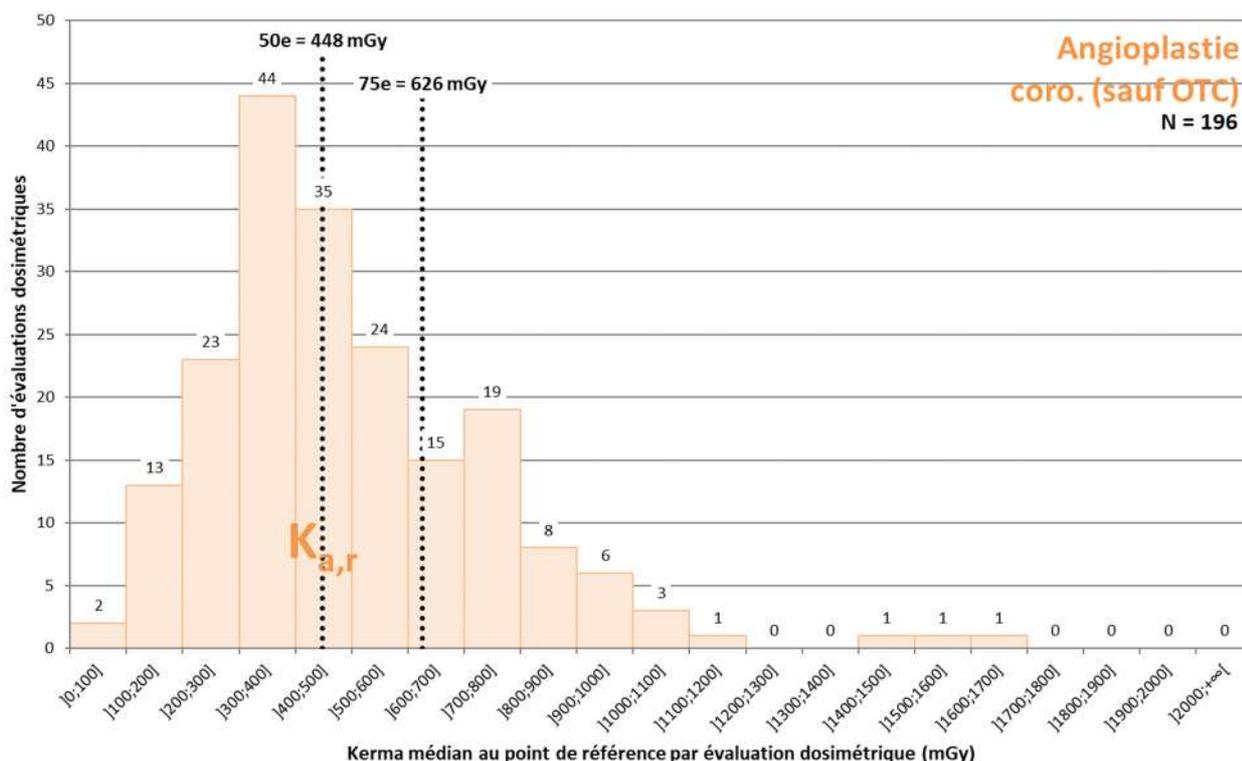


Figure 54 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'angioplastie des artères coronaires (sauf pour occlusion totale chronique).

Tableau 33 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence et résultants des évaluations dosimétriques réalisées pour l'angioplastie des artères coronaires (sauf pour occlusion totale chronique).

### Angioplastie des artères coronaires (sauf occlusion totale chronique)

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	80	15	-
VGD en vigueur	45	10	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	240	240	196

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75 <sup>e</sup> centile	40,7	12,9	626
50 <sup>e</sup> centile	28,6	10,3	448
Valeurs minimale - maximale	2,7 - 128,5	3,1 - 26,4	34 - 1696
Nombre de dépassements du NRD	5 (2,1 %)	36 (15,0 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Artériographie cérébrale

Analyse des données 2019-2021

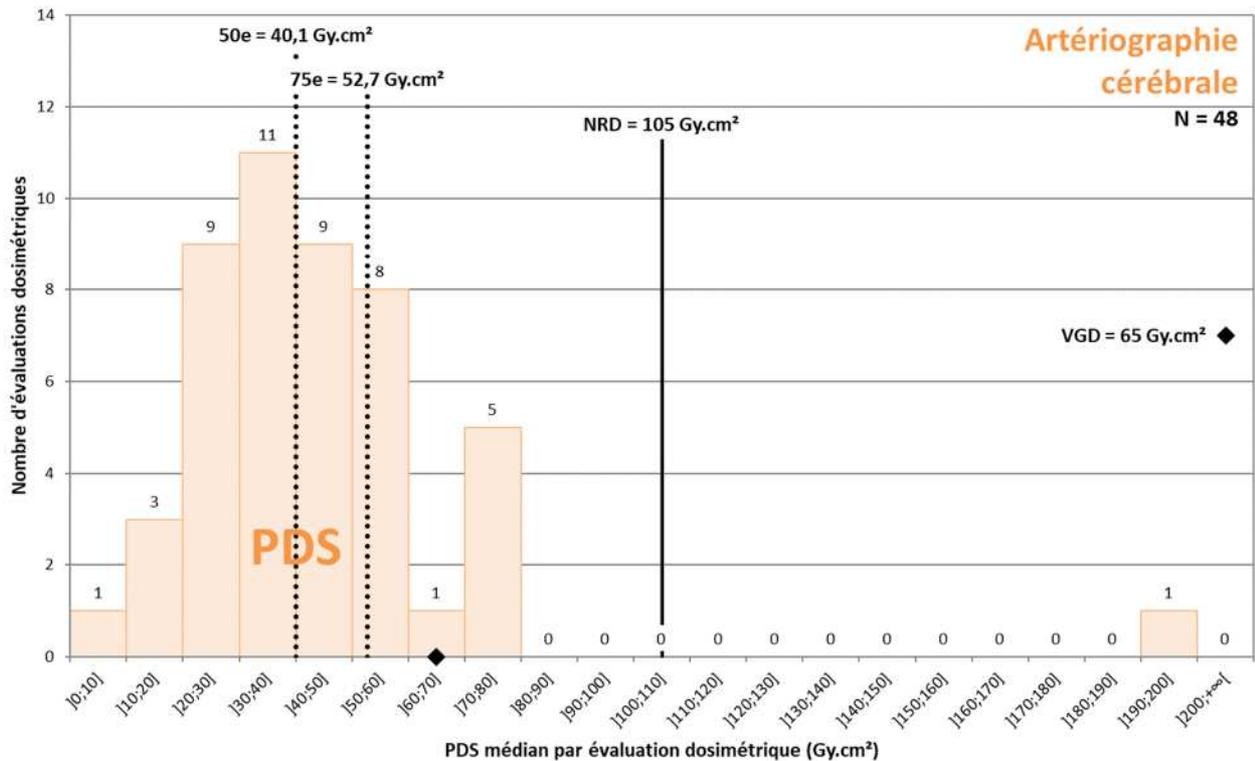


Figure 55 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'artériographie cérébrale (3 axes ou plus).

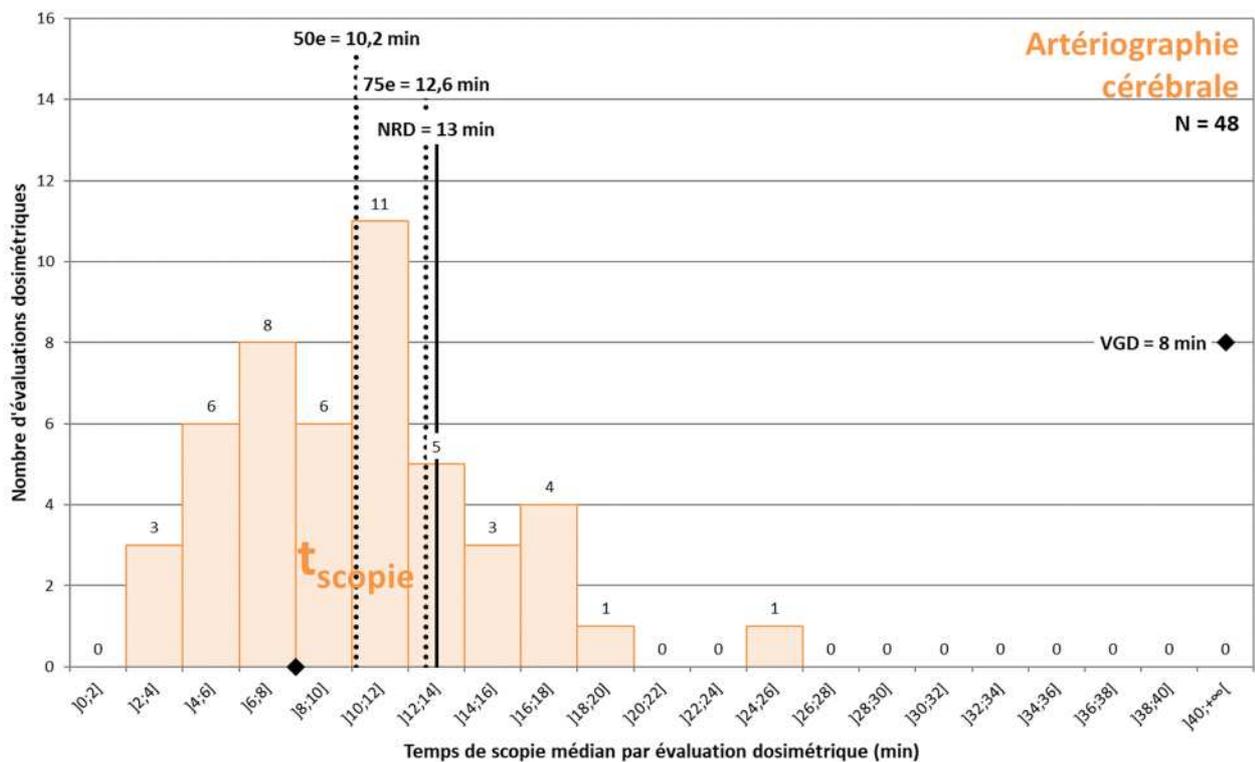


Figure 56 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'artériographie cérébrale (3 axes ou plus).

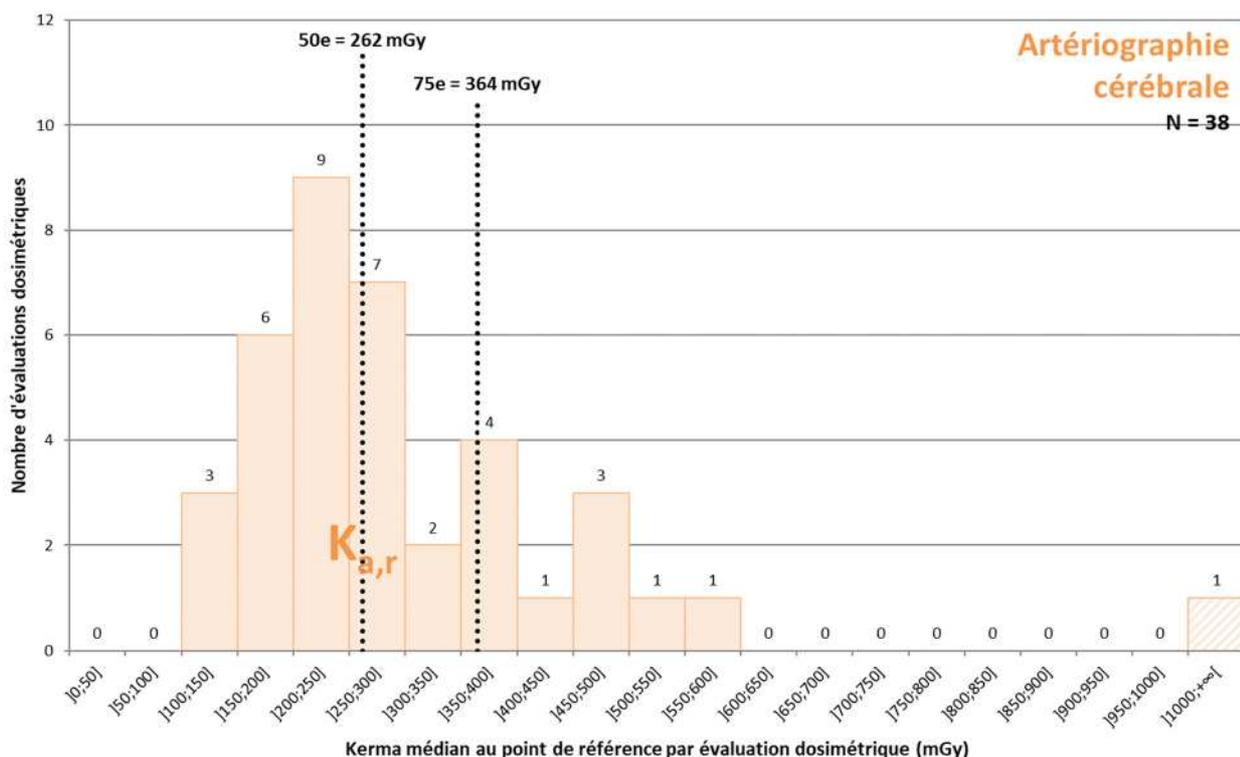


Figure 57 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'artériographie cérébrale (3 axes ou plus).

Tableau 34 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'artériographie cérébrale (3 axes ou plus).

### Artériographie cérébrale (3 axes ou plus)

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	105	13	-
VGD en vigueur	65	8	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	48	48	38

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75° centile	52,7	12,6	364
50° centile	40,1	10,2	262
Valeurs minimale - maximale	9,7 - 199,2	2,0 - 24,4	133 - 1239
Nombre de dépassements du NRD	1 (2,1 %)	12 (25,0 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Embolisation d'un anévrisme cérébral

Analyse des données 2019-2021

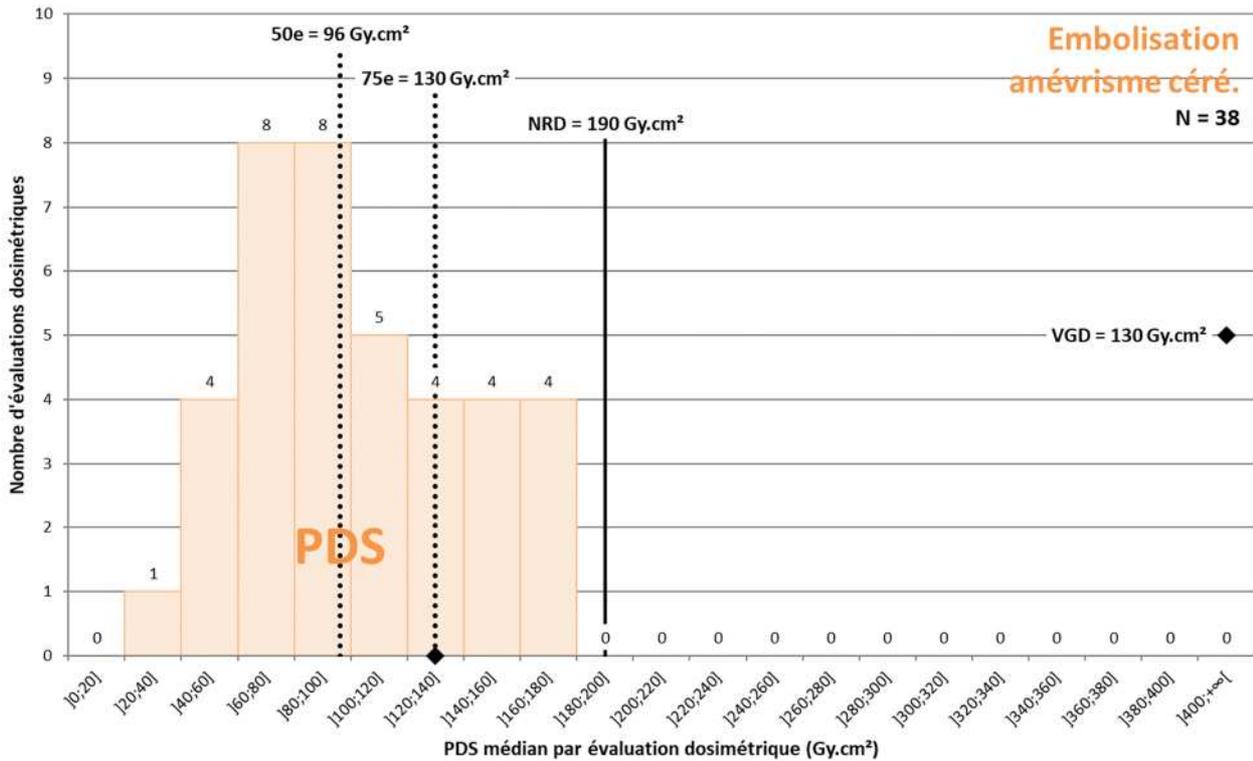


Figure 58 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation d'un anévrisme cérébral.

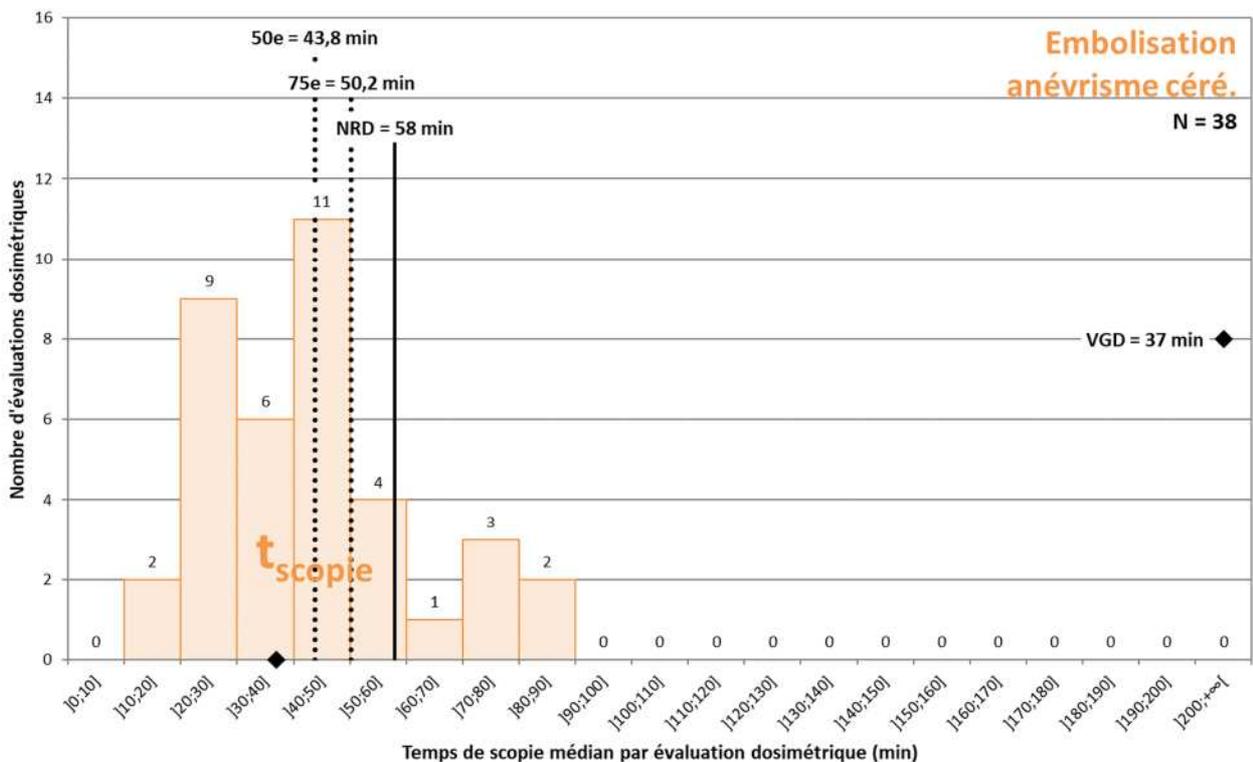


Figure 59 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation d'un anévrisme cérébral.

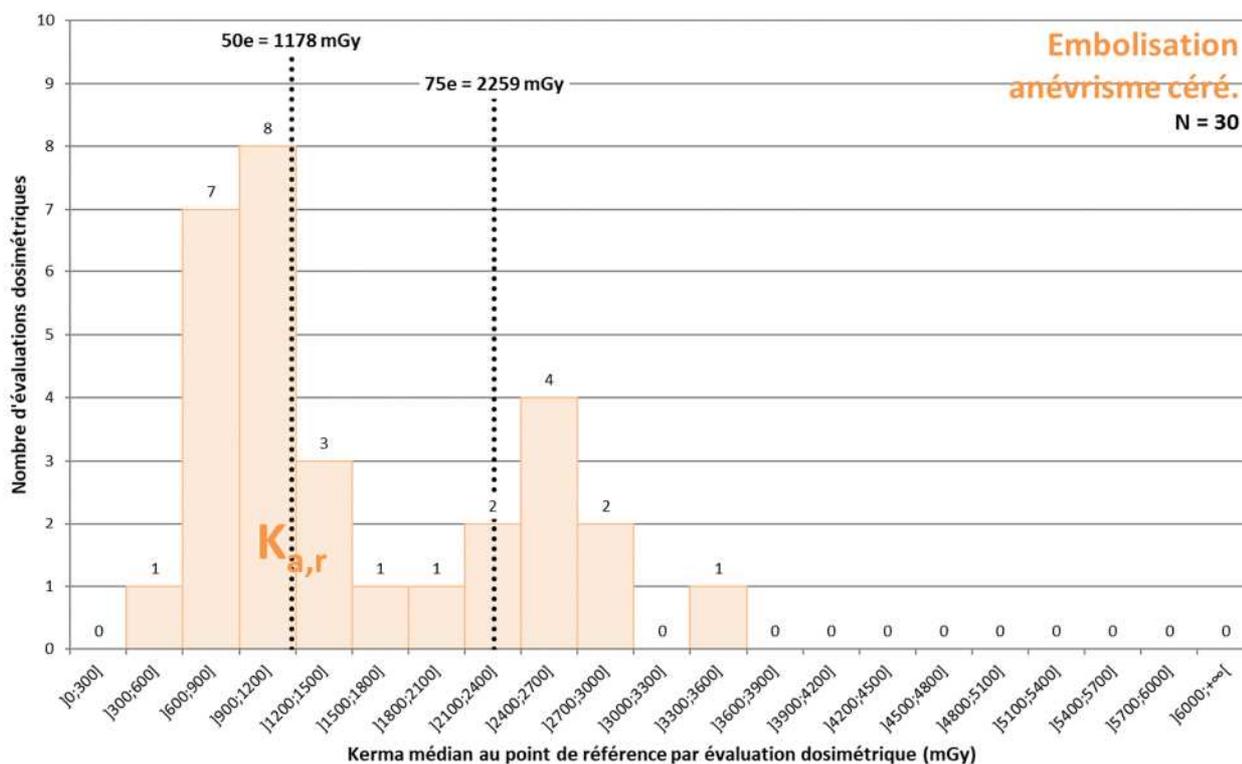


Figure 60 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation d'un anévrisme cérébral.

Tableau 35 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultants des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation d'un anévrisme cérébral.

### Embolisation d'un anévrisme cérébral

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	190	58	-
VGD en vigueur	130	37	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	38	38	30

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75 <sup>e</sup> centile	130	50,2	2259
50 <sup>e</sup> centile	96	43,8	1178
Valeurs minimale - maximale	24 - 179	18,9 - 84,6	581 - 3414
Nombre de dépassements du NRD	0	6 (15,8 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Chimio-embolisation hépatique

Analyse des données 2019-2021

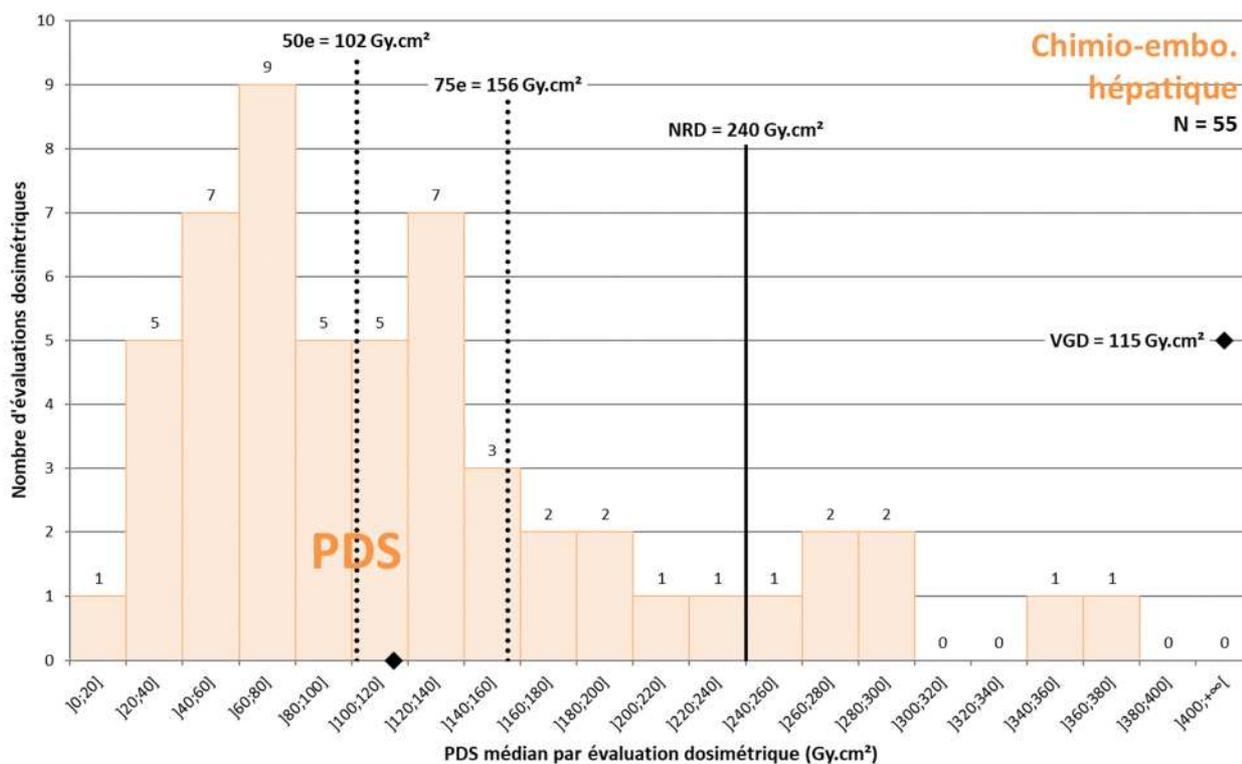


Figure 61 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la chimio-embolisation hépatique.

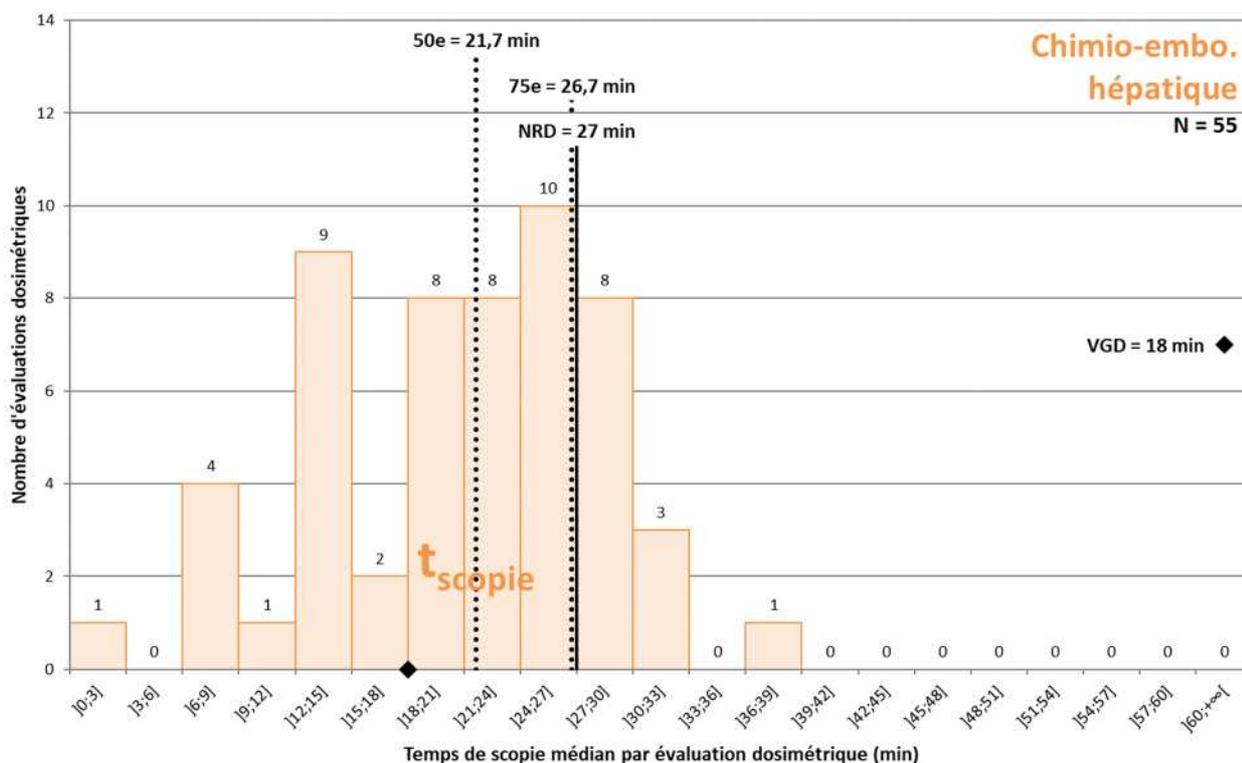


Figure 62 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la chimio-embolisation hépatique.

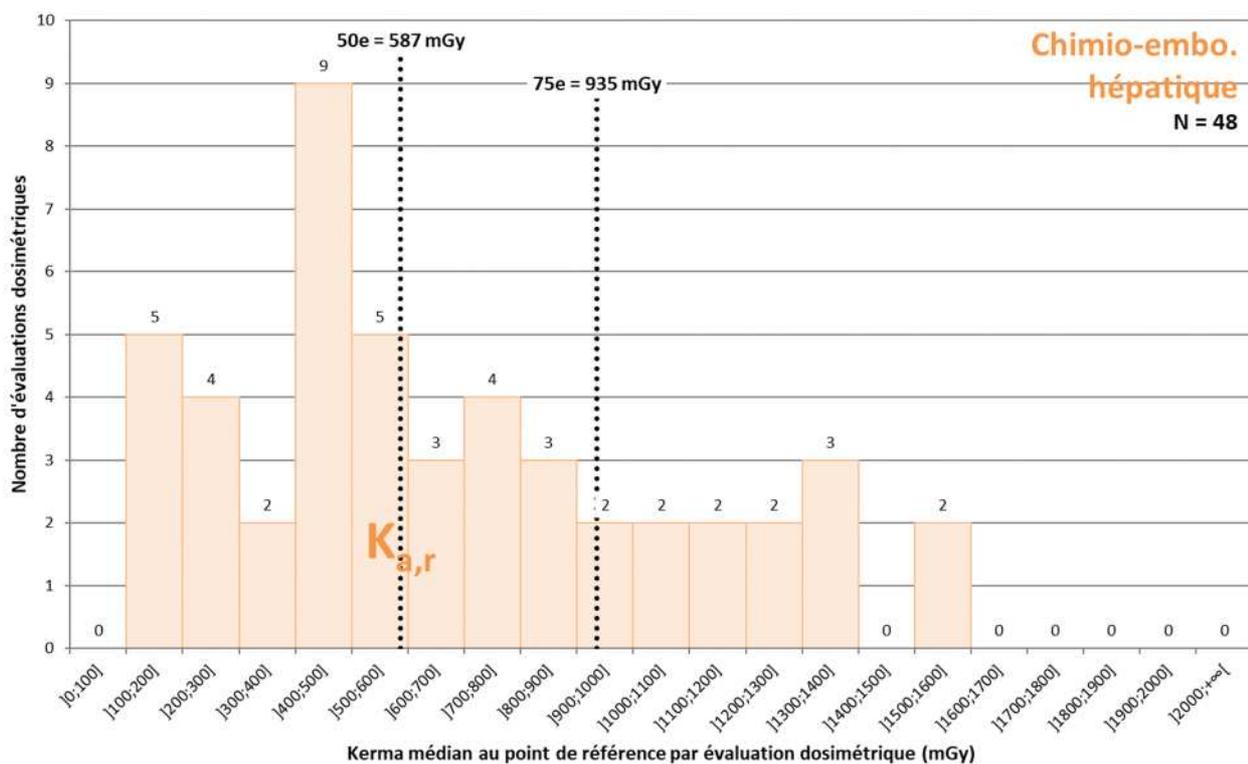


Figure 63 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la chimio-embolisation hépatique.

Tableau 36 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultants des évaluations dosimétriques réalisées pour la chimio-embolisation hépatique.

### Chimio-embolisation hépatique

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	240	27	-
VGD en vigueur	115	18	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	55	55	48

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75 <sup>e</sup> centile	155,5	26,7	935
50 <sup>e</sup> centile	101,7	21,7	587
Valeurs minimale - maximale	7,1 - 365,8	1,1 - 38,0	115 - 1518
Nombre de dépassements du NRD	7 (12,7 %)	12 (21,8 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Embolisation des artères bronchiques

Analyse des données 2019-2021

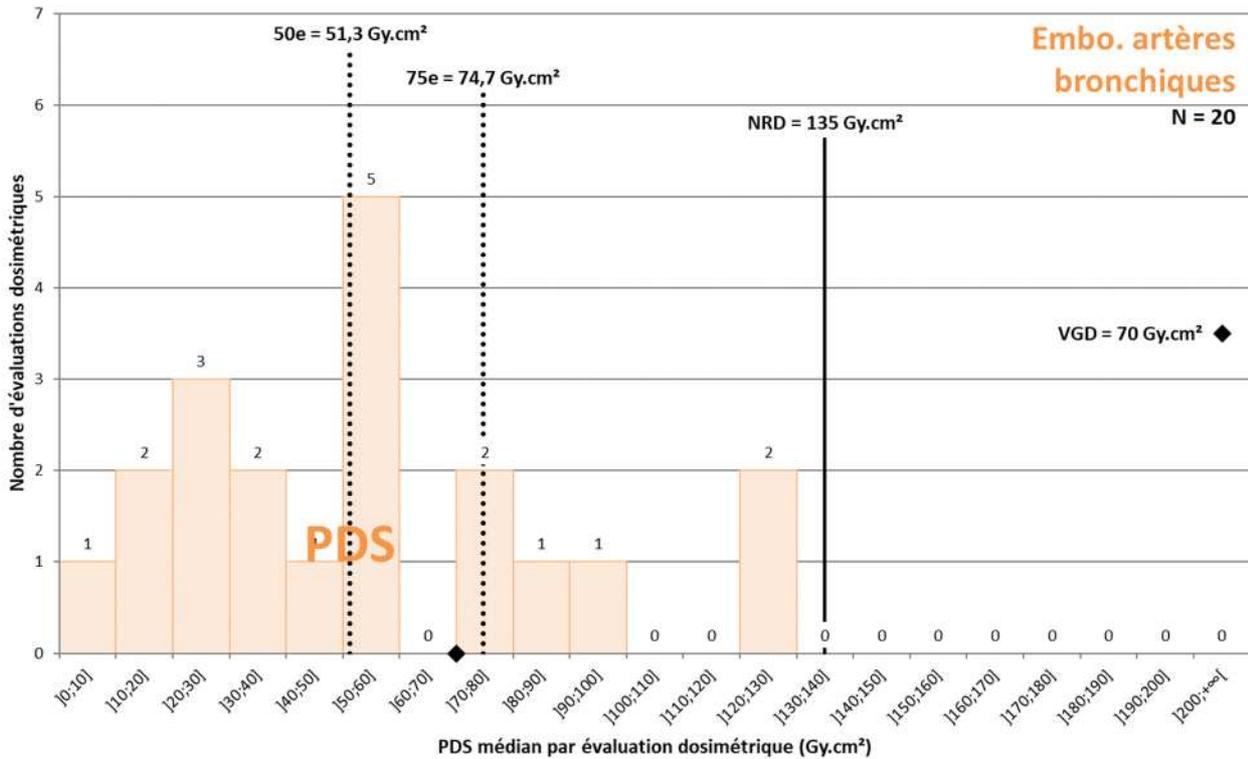


Figure 64 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation des artères bronchiques.

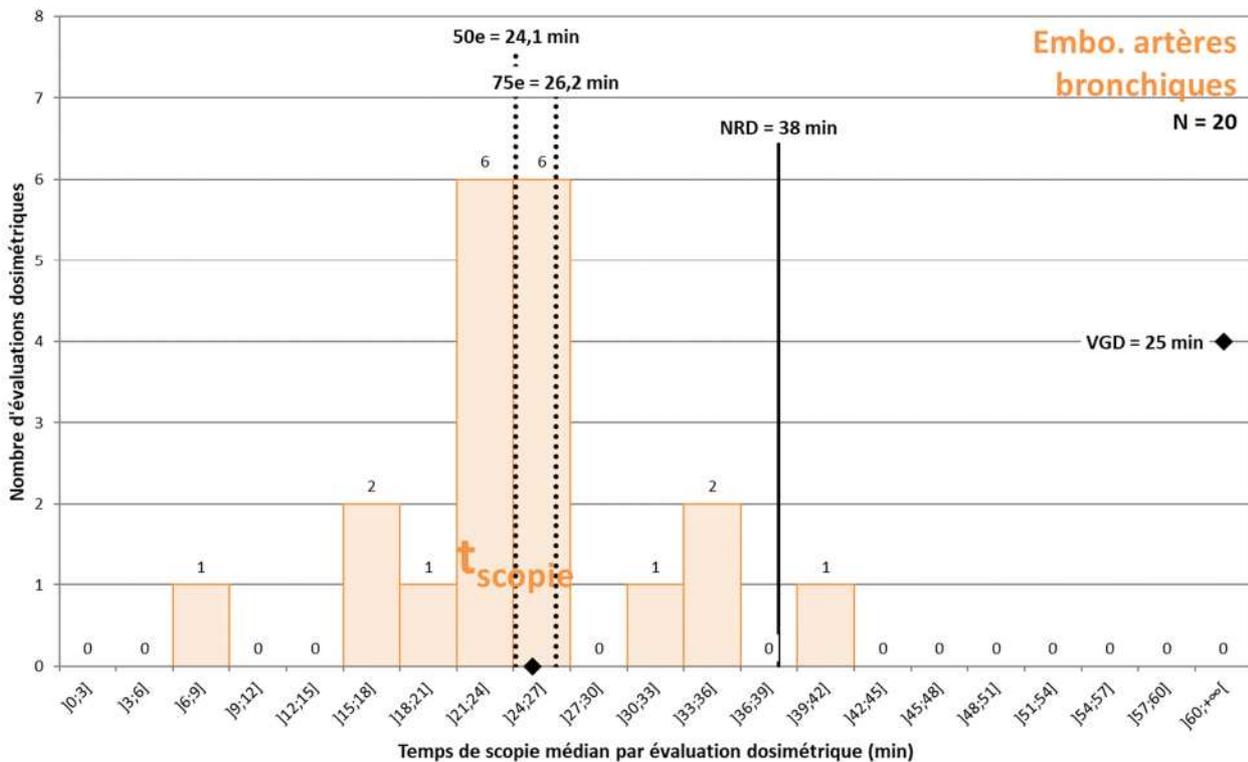


Figure 65 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation des artères bronchiques.

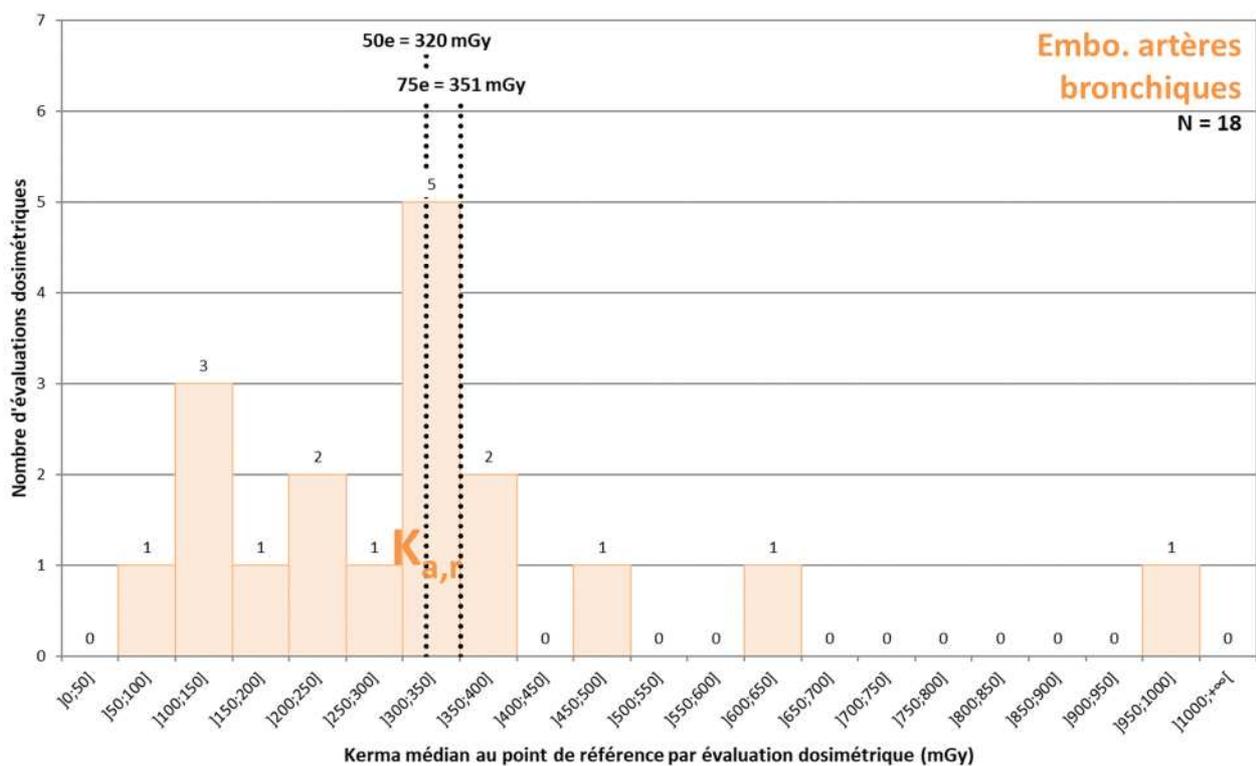


Figure 66 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation des artères bronchiques.

Tableau 37 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultants des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation des artères bronchiques.

### Embolisation des artères bronchiques

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	135	38	-
VGD en vigueur	70	25	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	20	20	18

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75° centile	74,7	26,2	351
50° centile	51,3	24,1	320
Valeurs minimale - maximale	6,4 - 129,2	8,8 - 40,9	58 - 975
Nombre de dépassements du NRD	0	1 (5,0 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Embolisation d'un fibrome utérin

Analyse des données 2019-2021

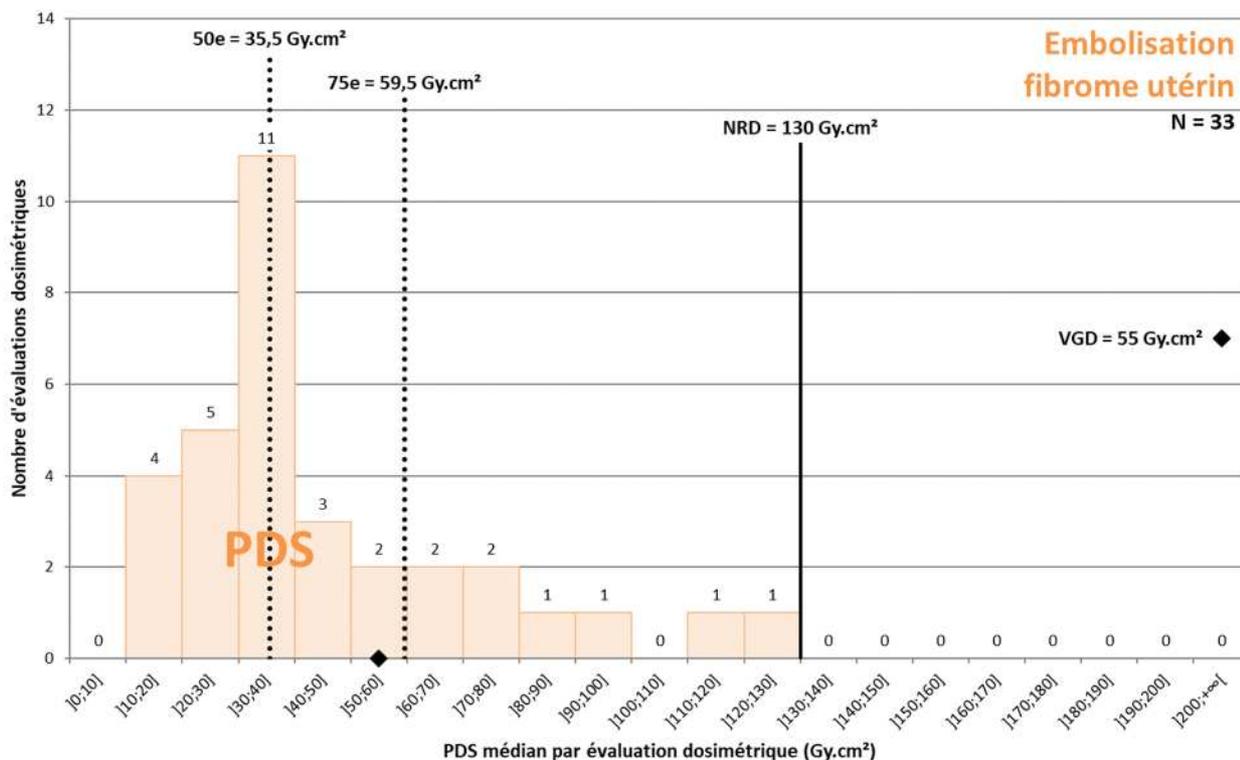


Figure 67 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation d'un fibrome utérin.

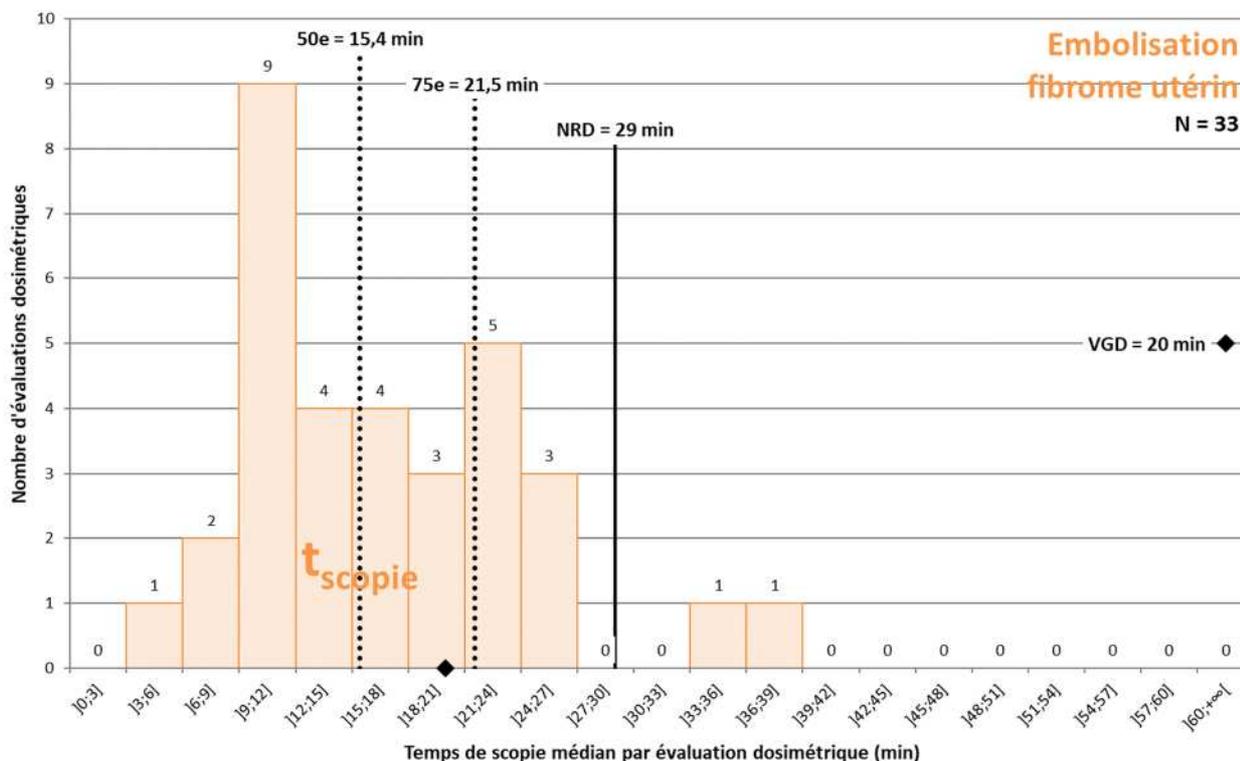


Figure 68 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation d'un fibrome utérin.

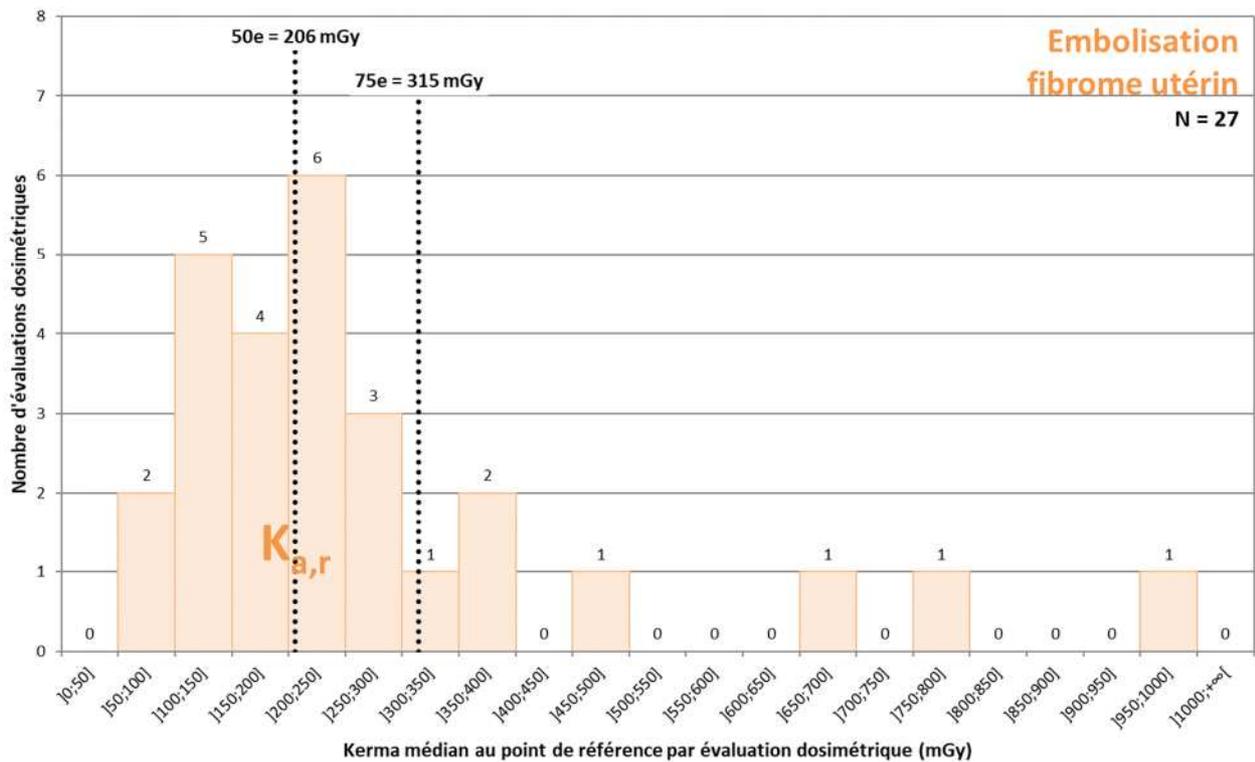


Figure 69 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation d'un fibrome utérin.

Tableau 38 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultants des évaluations dosimétriques réalisées pour l'embolisation d'un fibrome utérin.

### Embolisation d'un fibrome utérin

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	130	29	-
VGD en vigueur	55	20	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	33	33	27

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75 <sup>e</sup> centile	59,5	21,5	315
50 <sup>e</sup> centile	35,5	15,4	206
Valeurs minimale - maximale	12,7 - 126,4	5,6 - 36,7	84 - 954
Nombre de dépassements du NRD	0	2 (6,1 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS)

Analyse des données 2019-2021

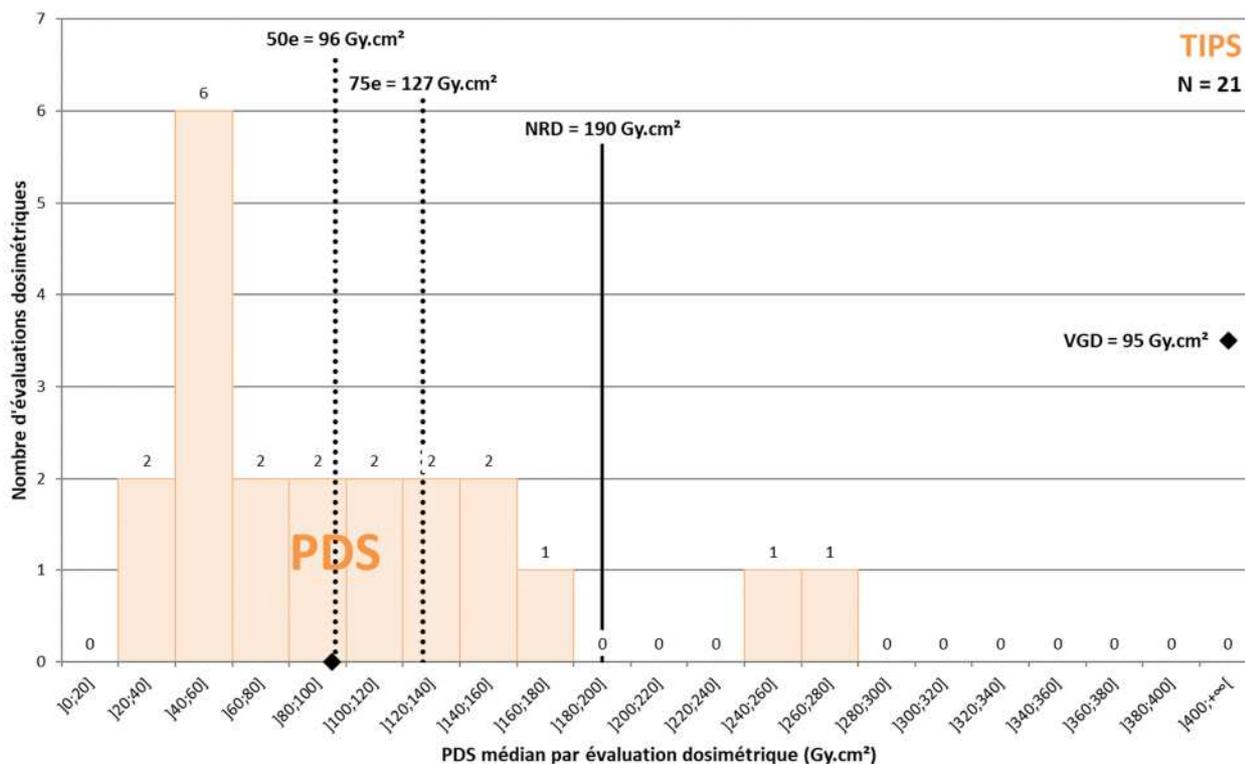


Figure 70 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS).

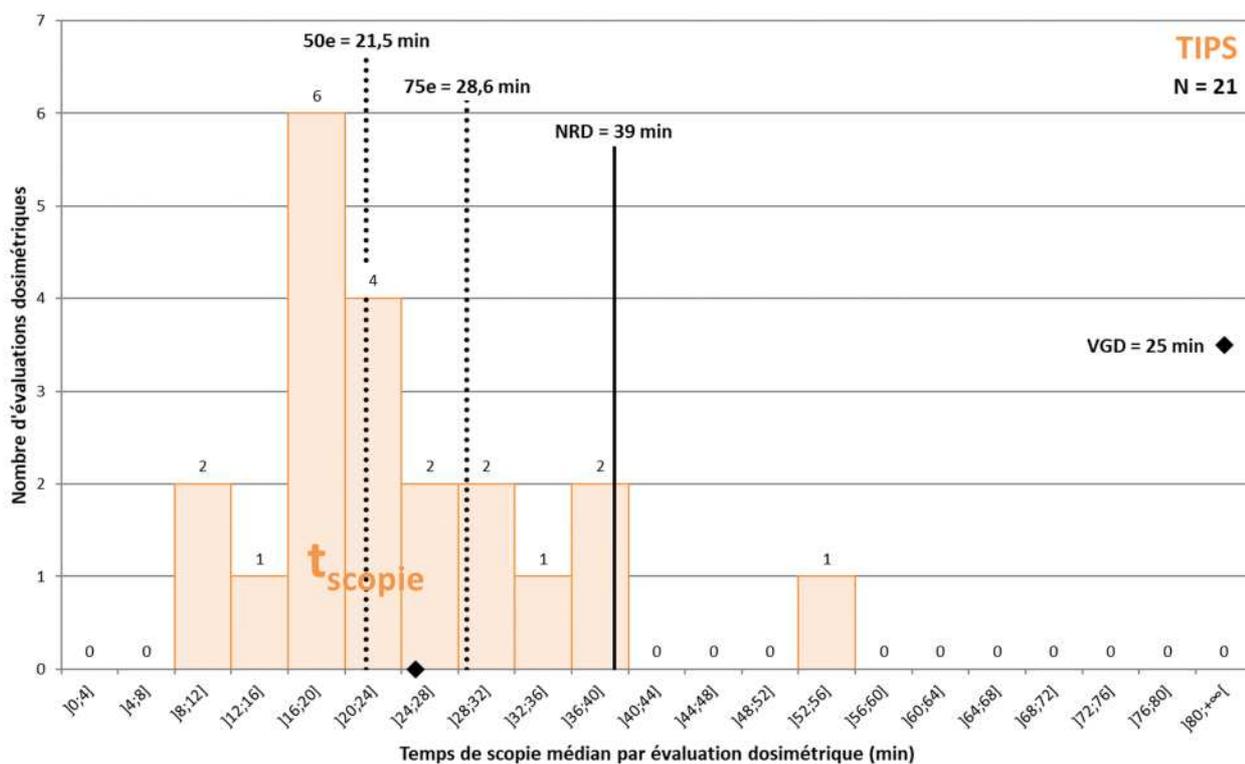


Figure 71 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS).

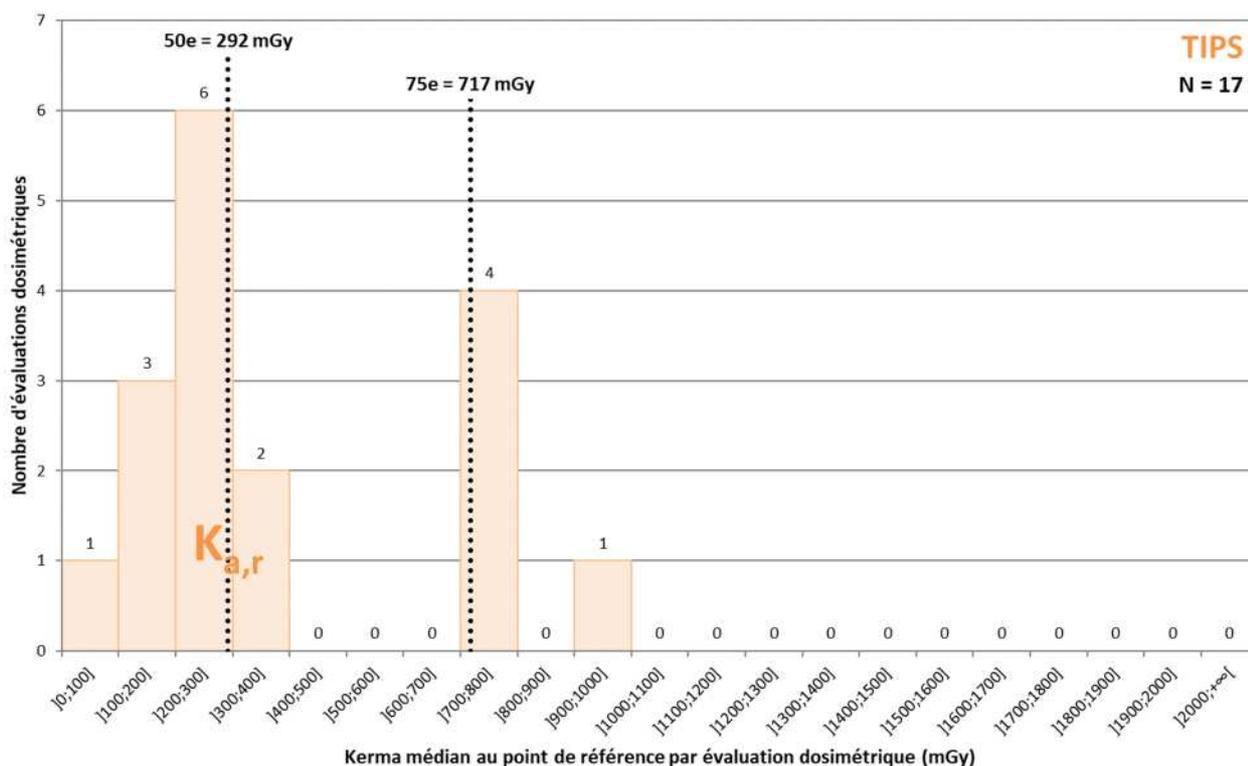


Figure 72 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS).

Tableau 39 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultants des évaluations dosimétriques réalisées pour le shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS).

### Shunt porto-systémique intrahépatique (TIPS)

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	190	39	-
VGD en vigueur	95	25	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	21	21	17

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75° centile	127	28,6	717
50° centile	96	21,5	292
Valeurs minimale - maximale	31 - 274	10,4 - 52,8	84 - 983
Nombre de dépassements du NRD	2 (9,5 %)	1 (4,8 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Drainage biliaire avec pose de prothèse

Analyse des données 2019-2021

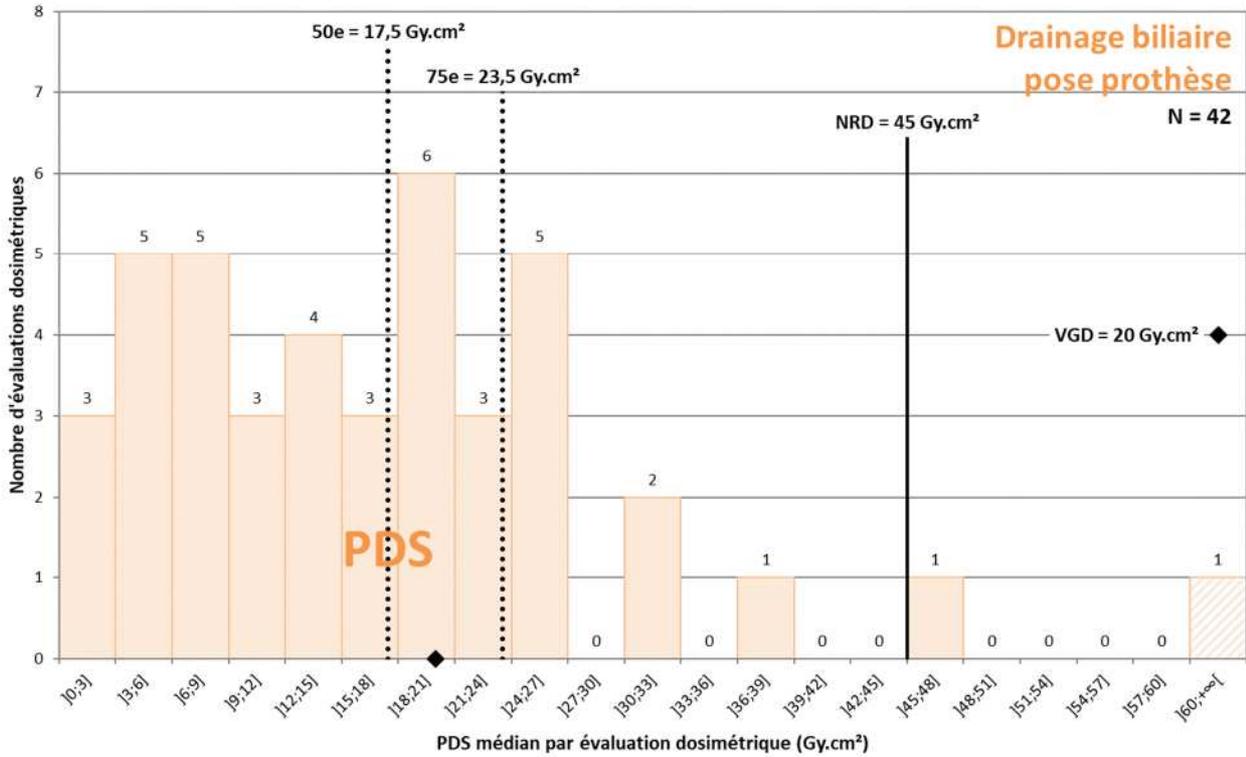


Figure 73 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le drainage biliaire avec pose de prothèse, par voie transcutanée.

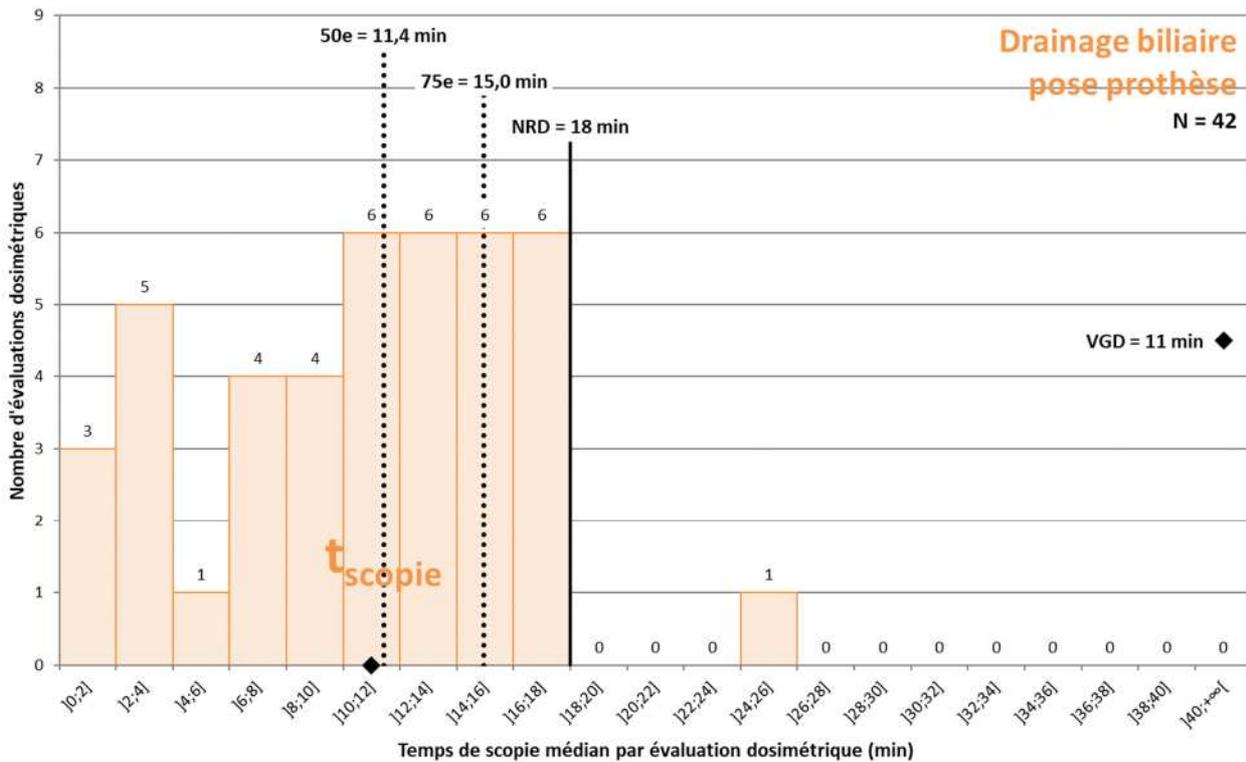


Figure 74 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le drainage biliaire avec pose de prothèse, par voie transcutanée.

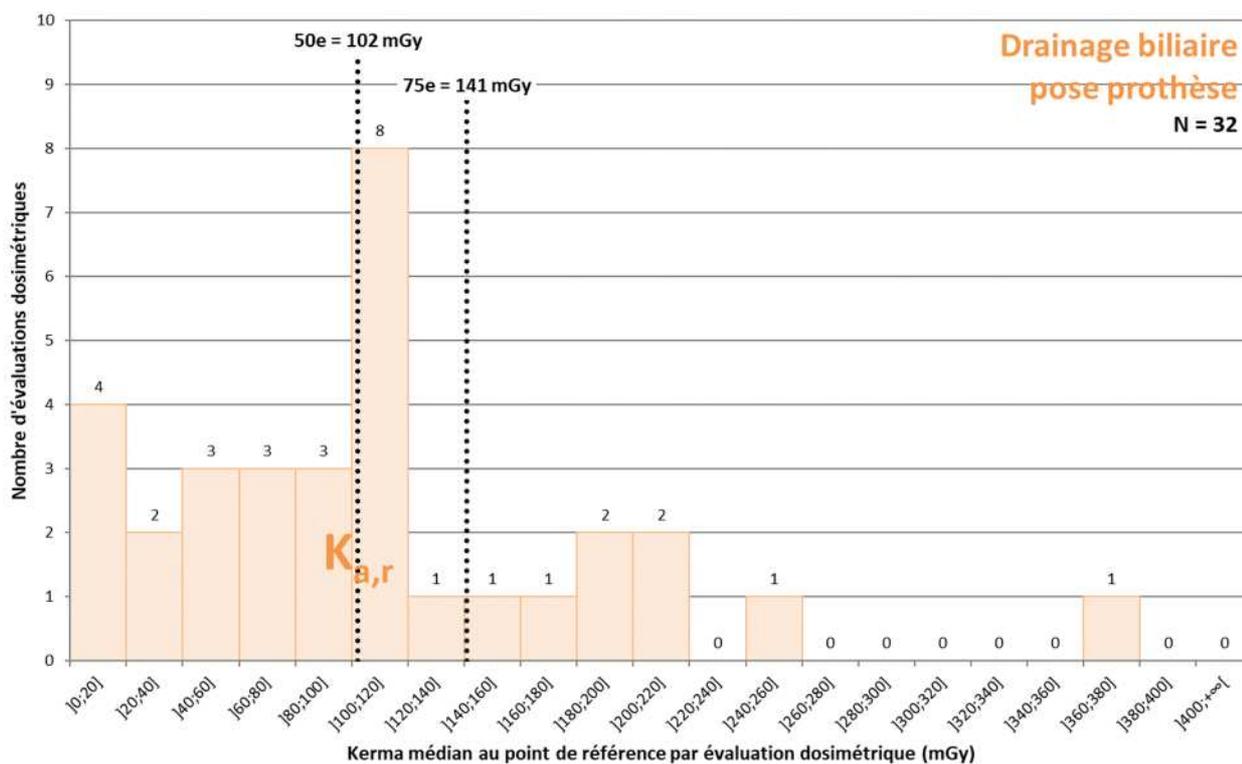


Figure 75 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le drainage biliaire avec pose de prothèse, par voie transcutanée.

Tableau 40 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultants des évaluations dosimétriques réalisées pour le drainage biliaire avec pose de prothèse, par voie transcutanée.

### Drainage biliaire avec pose de prothèse par voie transcutanée

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	45	18	-
VGD en vigueur	20	11	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	42	42	32

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75 <sup>e</sup> centile	23,5	15,0	141
50 <sup>e</sup> centile	17,5	11,4	102
Valeurs minimale - maximale	2,0 - 67,4	1,0 - 25,9	14 - 371
Nombre de dépassements du NRD	2 (4,8 %)	1 (2,4 %)	-

## Radiologie Interventionnelle chez l'adulte – Vertébroplastie

Analyse des données 2019-2021

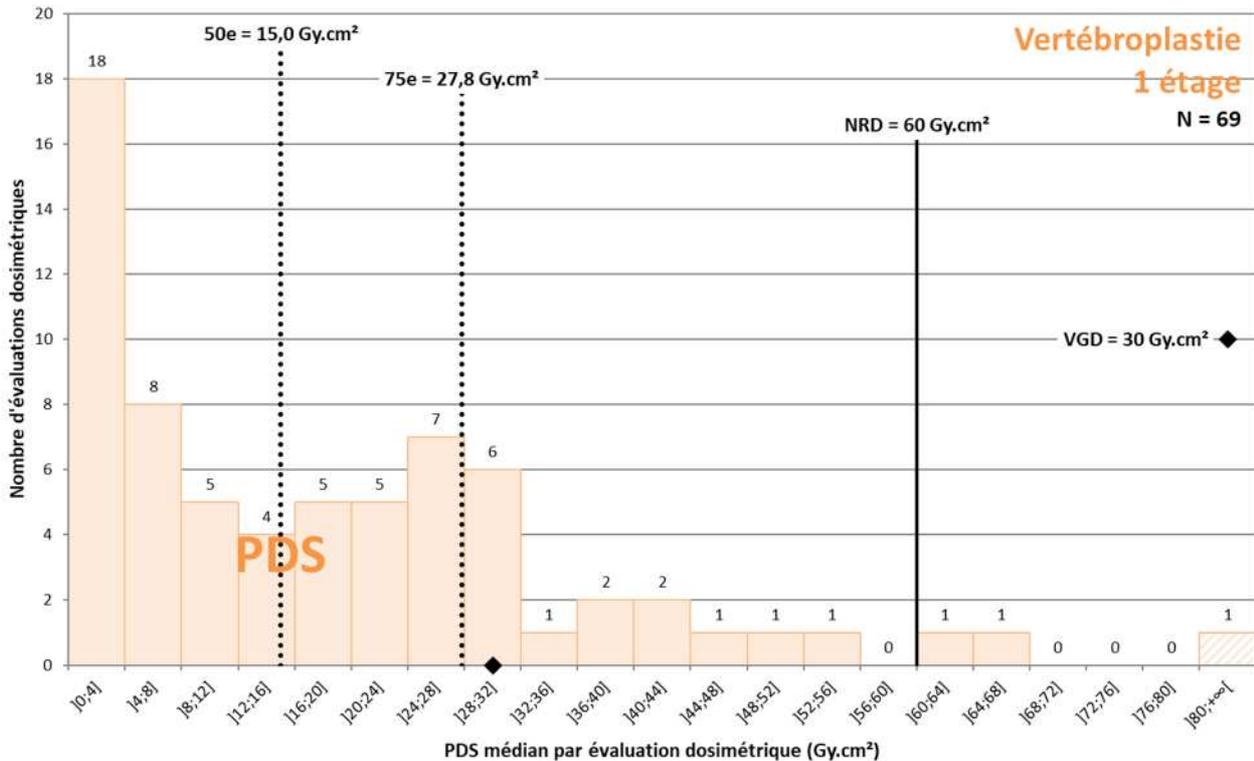


Figure 76 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.surface (PDS) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la vertébroplastie (1 étage vertébral).

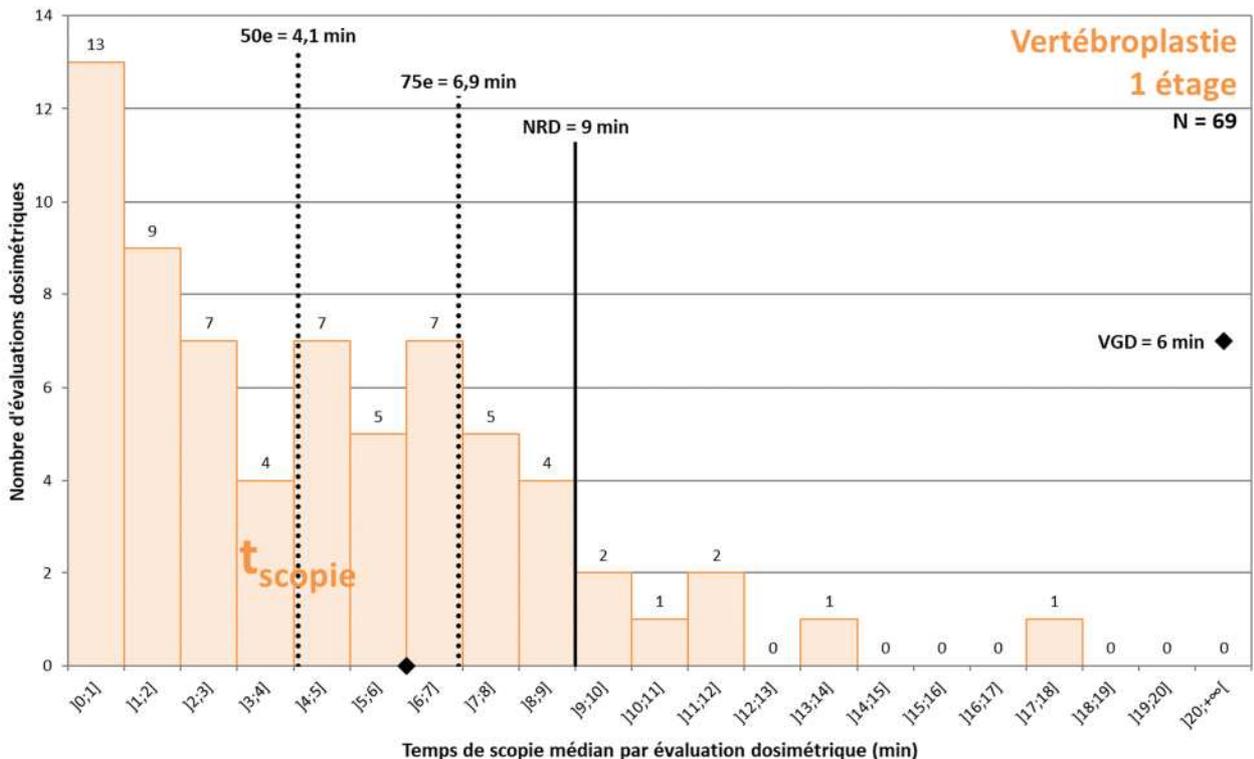


Figure 77 : Distribution des valeurs médianes du temps de scopie résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la vertébroplastie (1 étage vertébral).

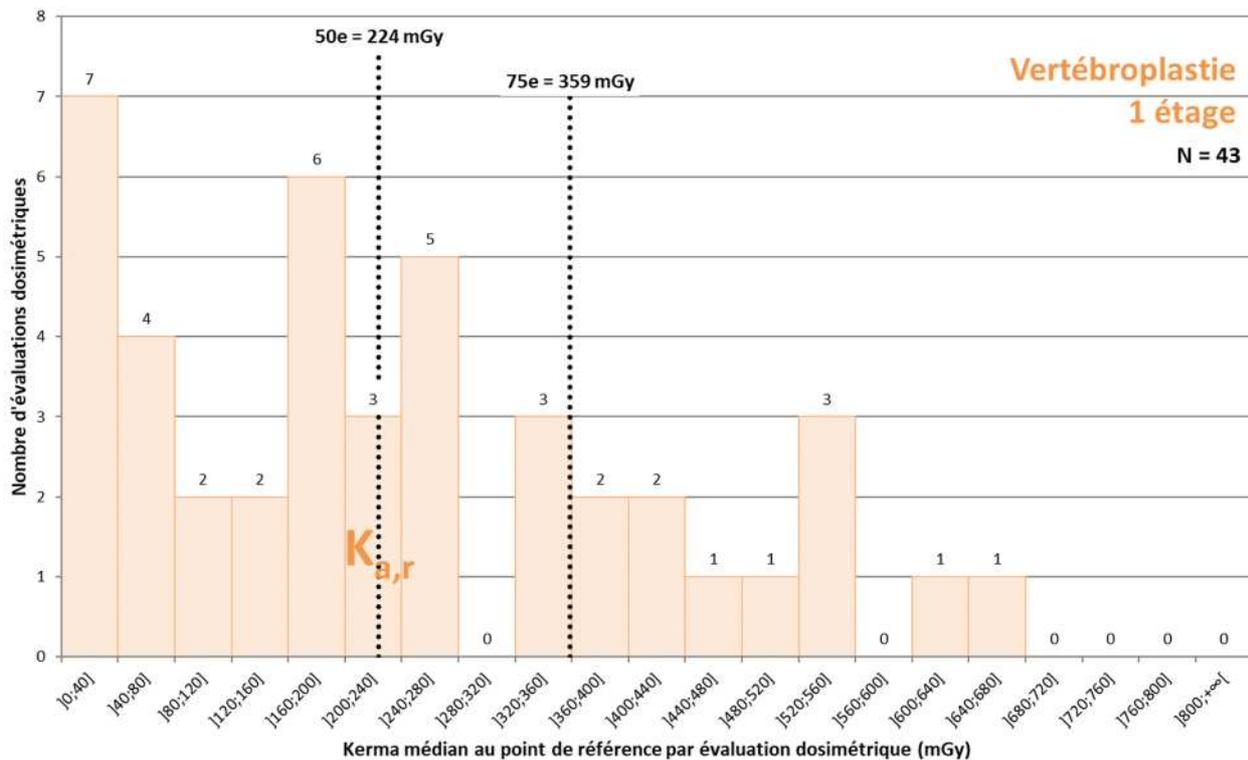


Figure 78 : Distribution des valeurs médianes du kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la vertébroplastie (1 étage vertébral).

Tableau 41 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes du PDS, temps de scopie et kerma dans l'air au point de référence résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la vertébroplastie (1 étage vertébral).

### Vertébroplastie (1 étage vertébral)

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
NRD en vigueur	60	9	-
VGD en vigueur	30	6	-

Période considérée	2019-2021		
Nombre d'évaluations dosimétriques	69	69	43

Grandeur dosimétrique	PDS (Gy.cm <sup>2</sup> )	Temps de scopie (min)	Kerma pt réf (mGy)
75 <sup>e</sup> centile	27,8	6,9	359
50 <sup>e</sup> centile	15,0	4,1	224
Valeurs minimale - maximale	0,2 - 80,9	0,0 - 22,1	3 - 656
Nombre de dépassements du NRD	3 (4,3 %)	8 (11,6 %)	-

## Scanographie chez l'adulte – Encéphale

Analyse des données 2019-2021

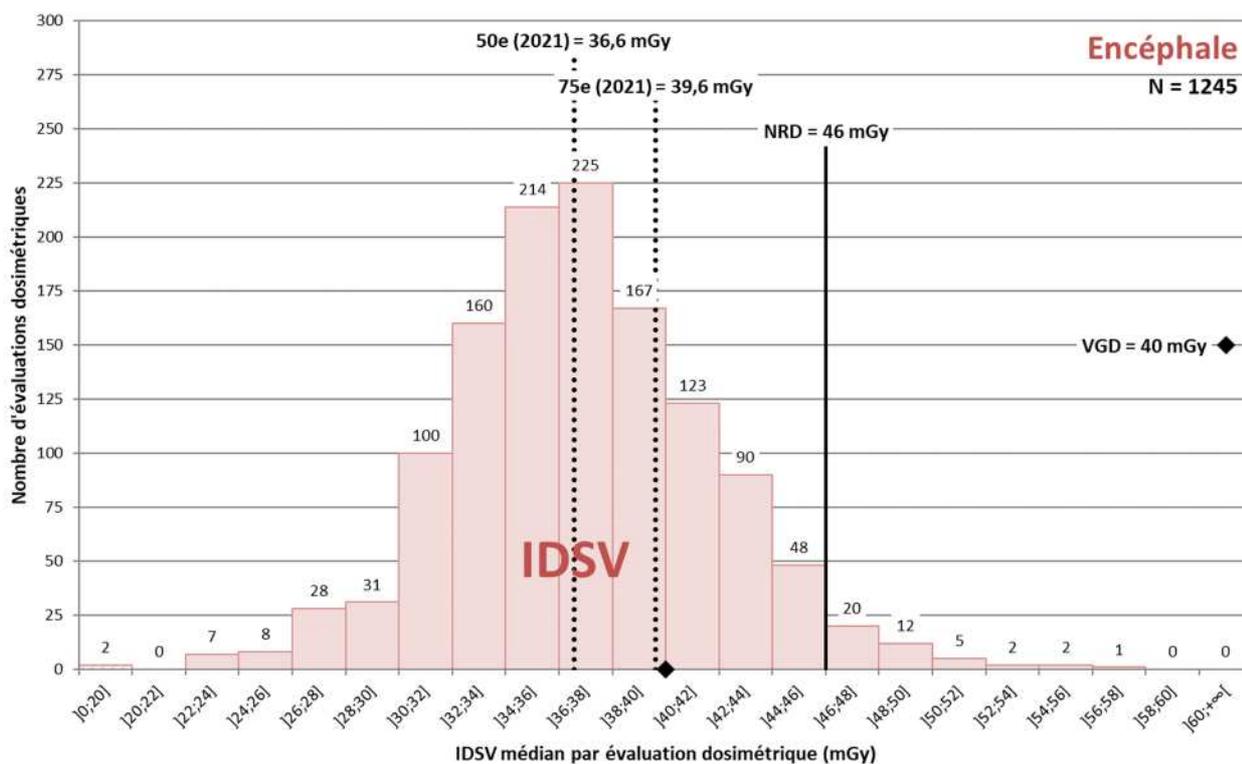


Figure 79 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'adulte.

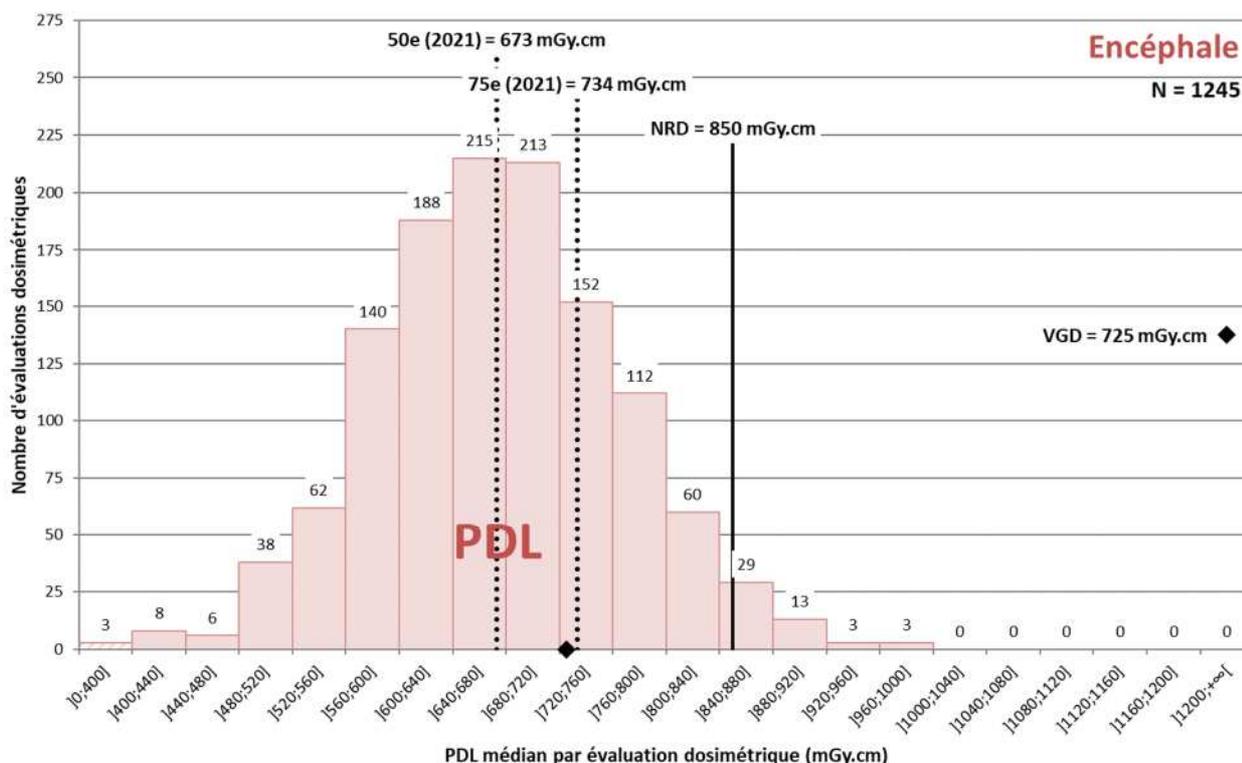


Figure 80 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'adulte.

Tableau 42 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'adulte.

### Encéphale

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
NRD en vigueur	46		850	
VGD en vigueur	40		725	

Période considérée	2019-2021	2021	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	1245	431	1245	431

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
75 <sup>e</sup> centile	39,9	39,6	736	734
50 <sup>e</sup> centile	36,6	36,6	674	673
Valeurs minimale - maximale	16,5 - 57,5	23,2 - 52,4	282 - 992	422 - 936
Nombre de dépassements du NRD	42 (3,4 %)	12 (2,8 %)	40 (3,2 %)	15 (3,5 %)

#### Evolution depuis 2011

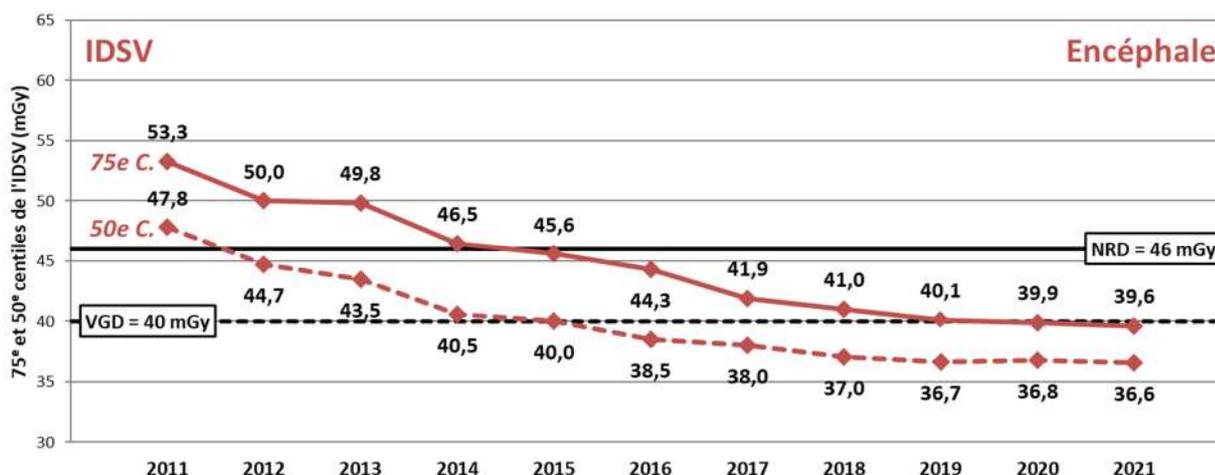


Figure 81 : Évolution des 75e et 50e centiles de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) pour l'examen de l'encéphale chez l'adulte.

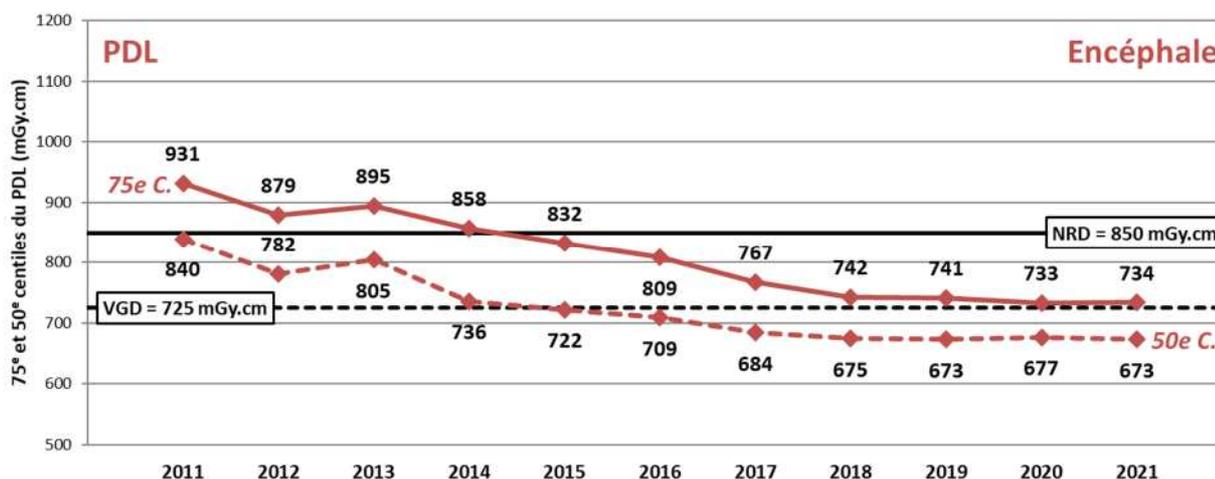


Figure 82 : Évolution des 75e et 50e centiles du produit dose.longueur (PDL) pour l'examen de l'encéphale chez l'adulte.

## Scanographie chez l'adulte – Thorax

Analyse des données 2019-2021

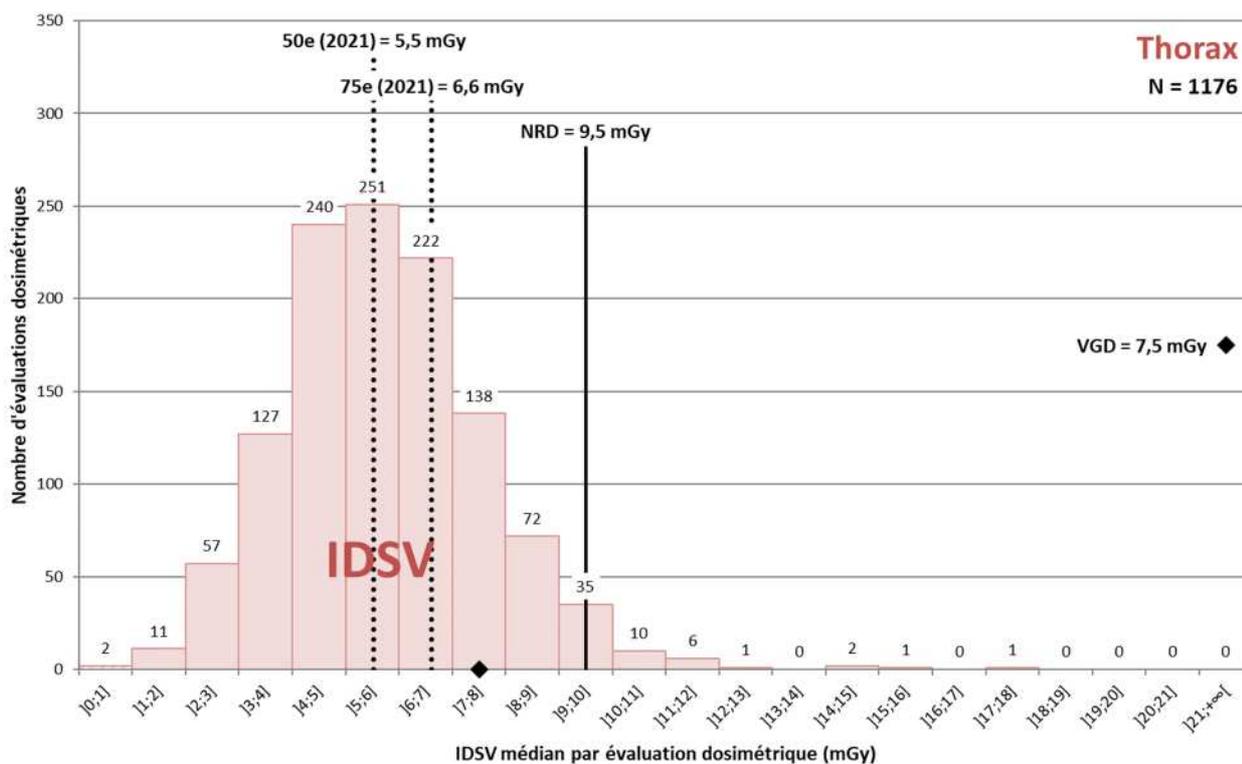


Figure 83 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax chez l'adulte.

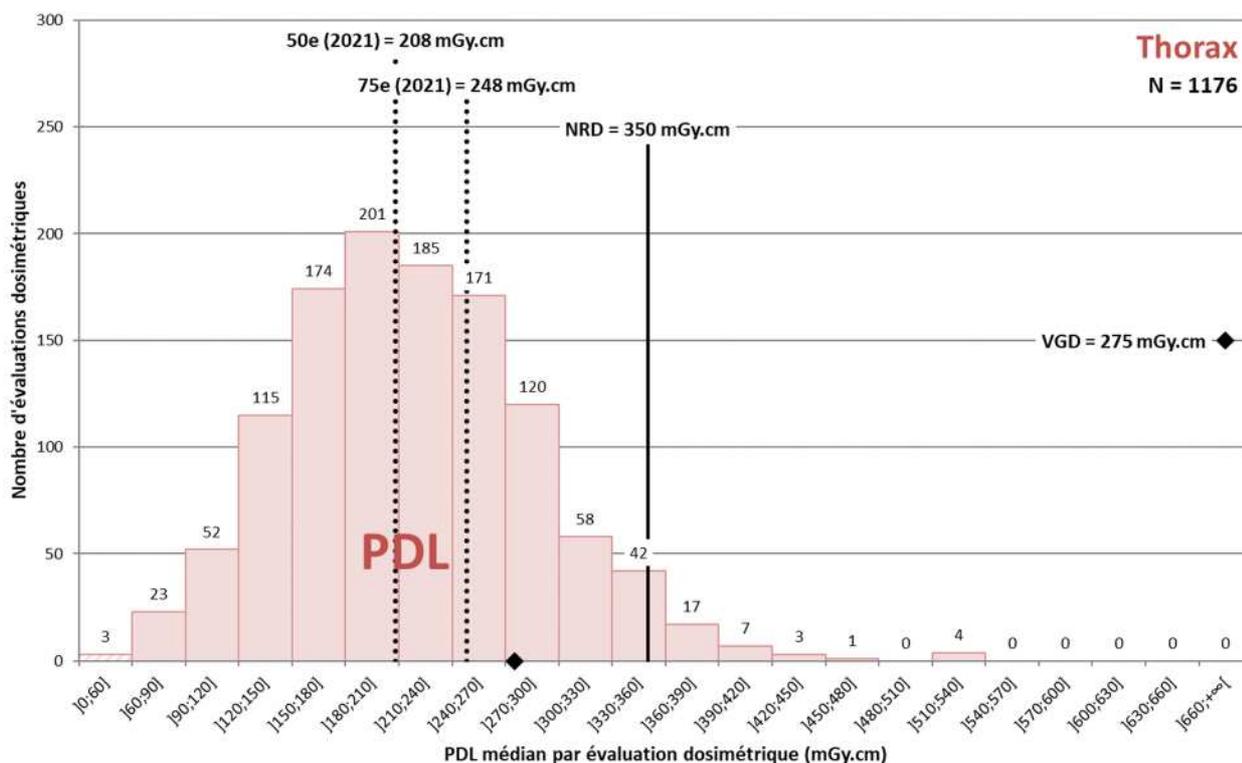


Figure 84 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax chez l'adulte.

Tableau 43 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du thorax chez l'adulte.

### Thorax

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
NRD en vigueur	9,5		350	
VGD en vigueur	7,5		275	

Période considérée	2019-2021	2021	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	1176	406	1176	406

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
75 <sup>e</sup> centile	6,9	6,6	262	248
50 <sup>e</sup> centile	5,6	5,5	213	208
Valeurs minimale - maximale	0,4 - 17,1		14 - 534	
Nombre de dépassements du NRD	37 (3,1 %)	10 (2,5 %)	50 (4,3 %)	13 (3,2 %)

#### Evolution depuis 2011

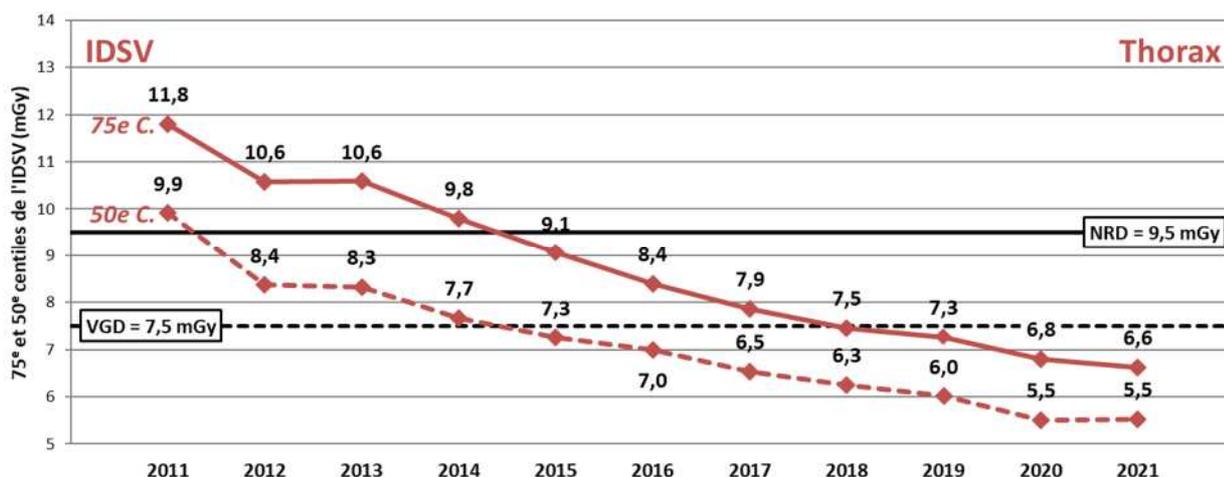


Figure 85 : Évolution des 75e et 50e centiles de l'indice de dose scanographique de volume (IDSV) pour l'examen du thorax chez l'adulte.

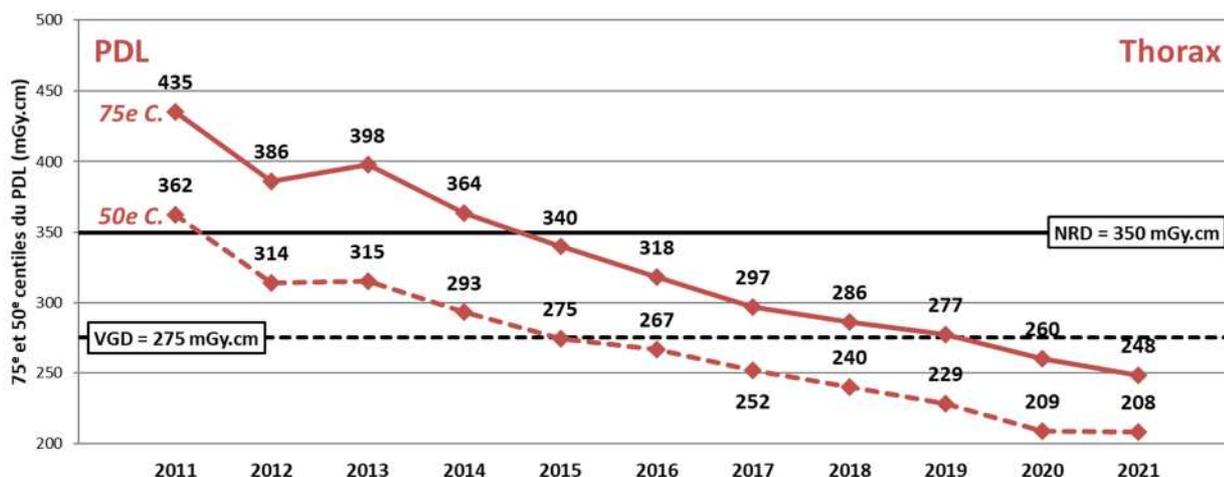


Figure 86 : Évolution des 75e et 50e centiles du produit dose.longueur (PDL) pour l'examen du thorax chez l'adulte.

## Scanographie chez l'adulte – Thorax-Abdomen-Pelvis

Analyse des données 2019-2021

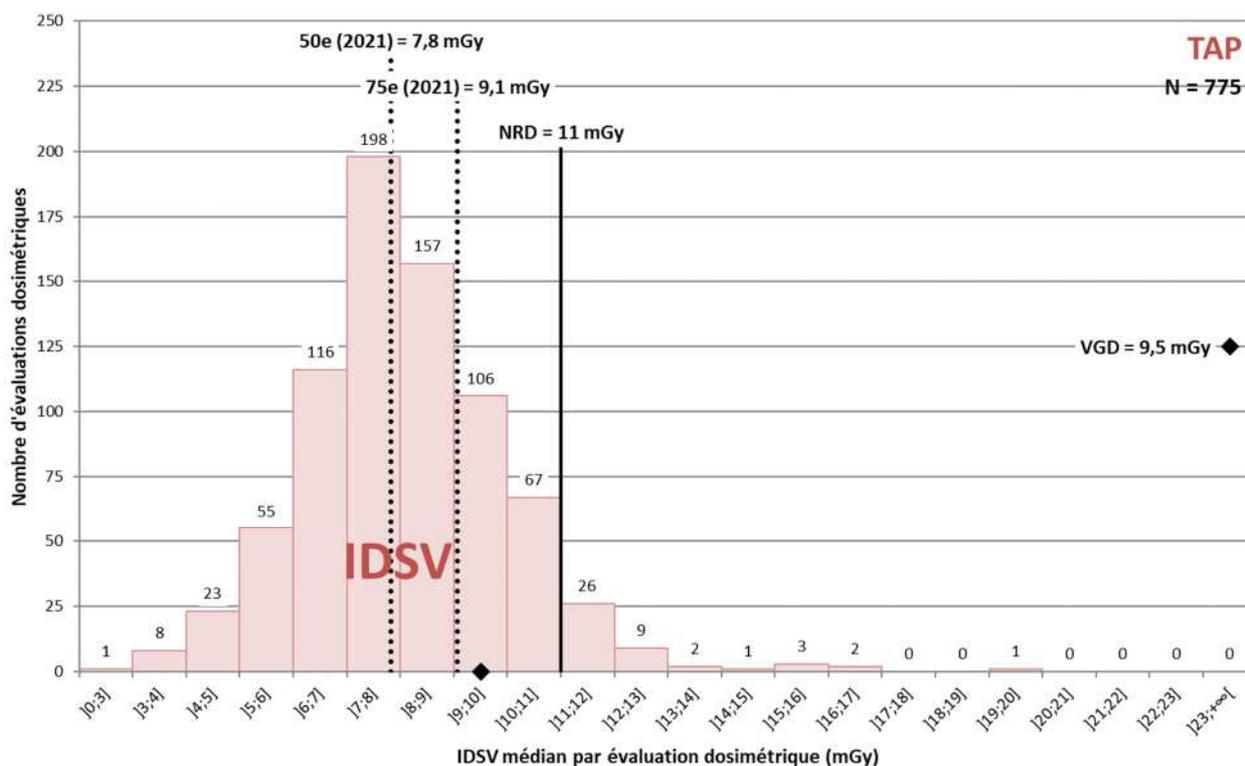


Figure 87 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la région thoraco-abdomino-pelvienne chez l'adulte.

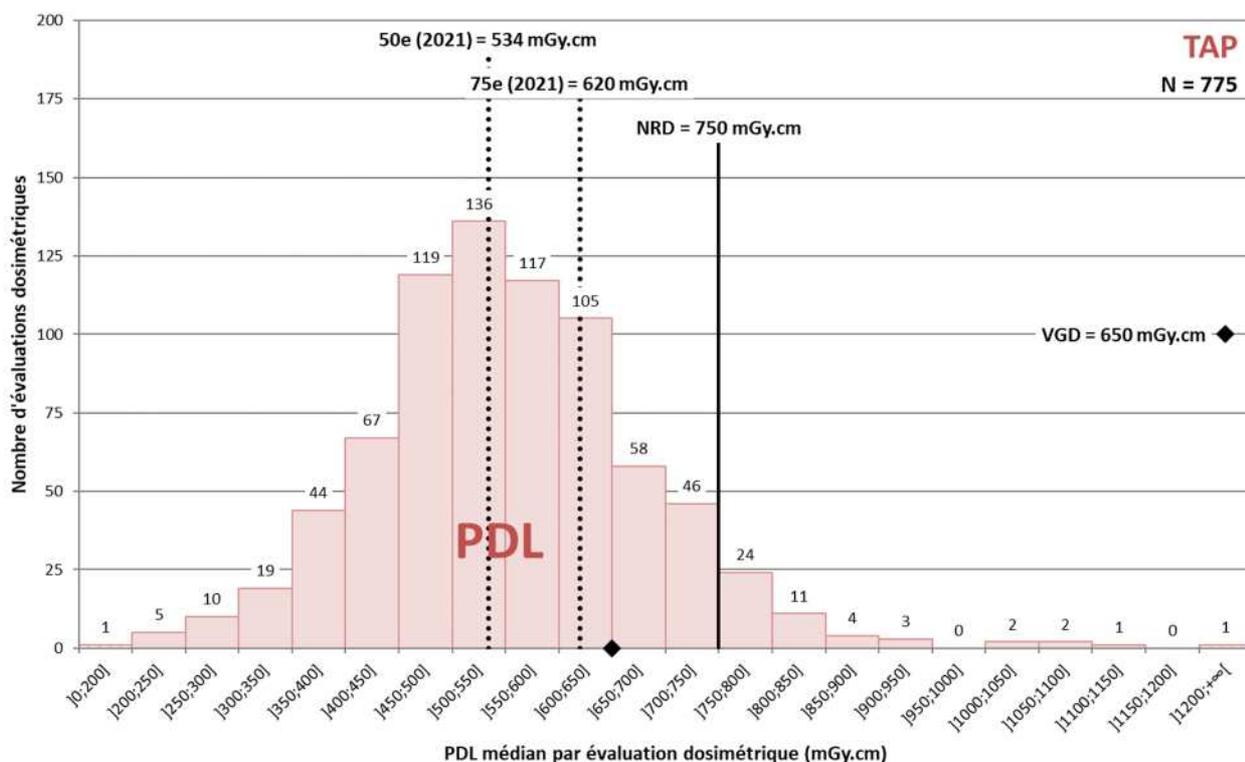


Figure 88 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la région thoraco-abdomino-pelvienne chez l'adulte.

Tableau 44 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la région thoraco-abdomino-pelvienne chez l'adulte.

### Thorax-abdomen-pelvis

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
NRD en vigueur	11		750	
VGD en vigueur	9,5		650	

Période considérée	2019-2021	2021	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	775	295	775	295

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
75° centile	9,3	9,1	627	620
50° centile	8,0	7,8	544	534
Valeurs minimale - maximale	1,8 - 19,5	3,4 - 12,3	131 - 1308	229 - 876
Nombre de dépassements du NRD	44 (5,7 %)	11 (3,7 %)	48 (6,2 %)	11 (3,7 %)

#### Evolution depuis 2011

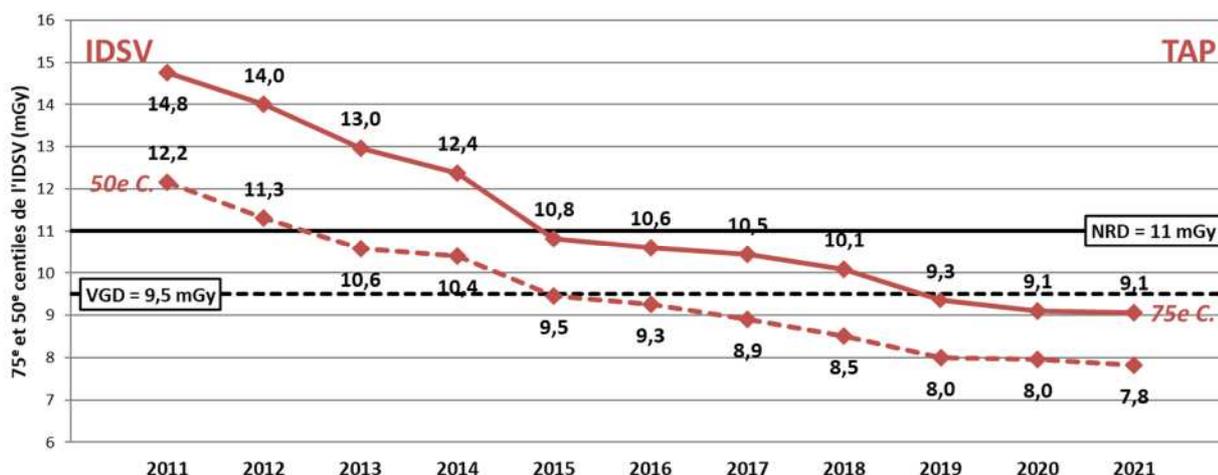


Figure 89 : Évolution des 75e et 50e centiles de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) pour l'examen de la région thoraco-abdomino-pelvienne chez l'adulte.

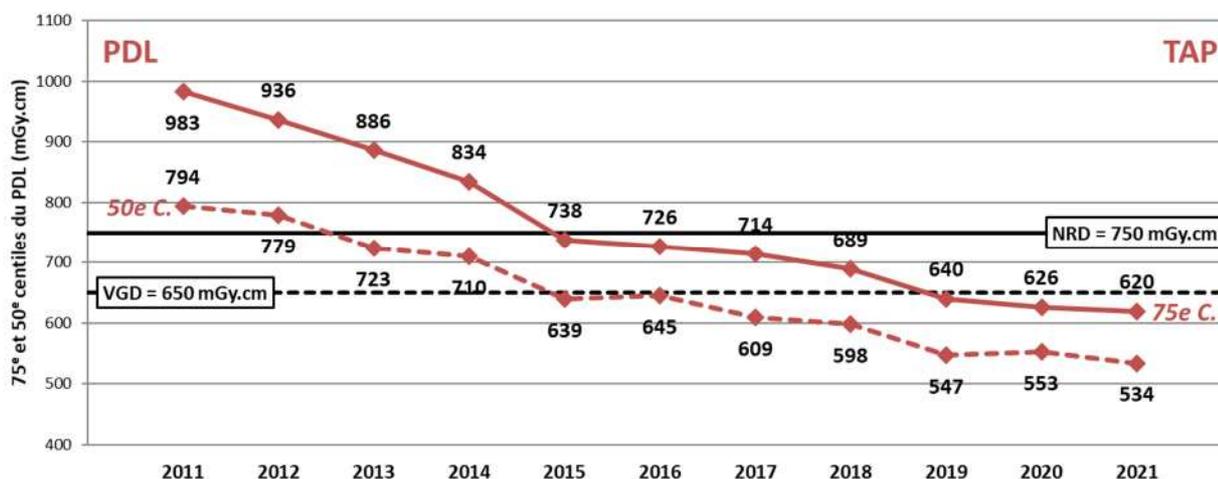


Figure 90 : Évolution des 75e et 50e centiles du produit dose.longueur (PDL) pour l'examen de la région thoraco-abdomino-pelvienne chez l'adulte.

## Scanographie chez l'adulte – Abdomen-Pelvis

Analyse des données 2019-2021

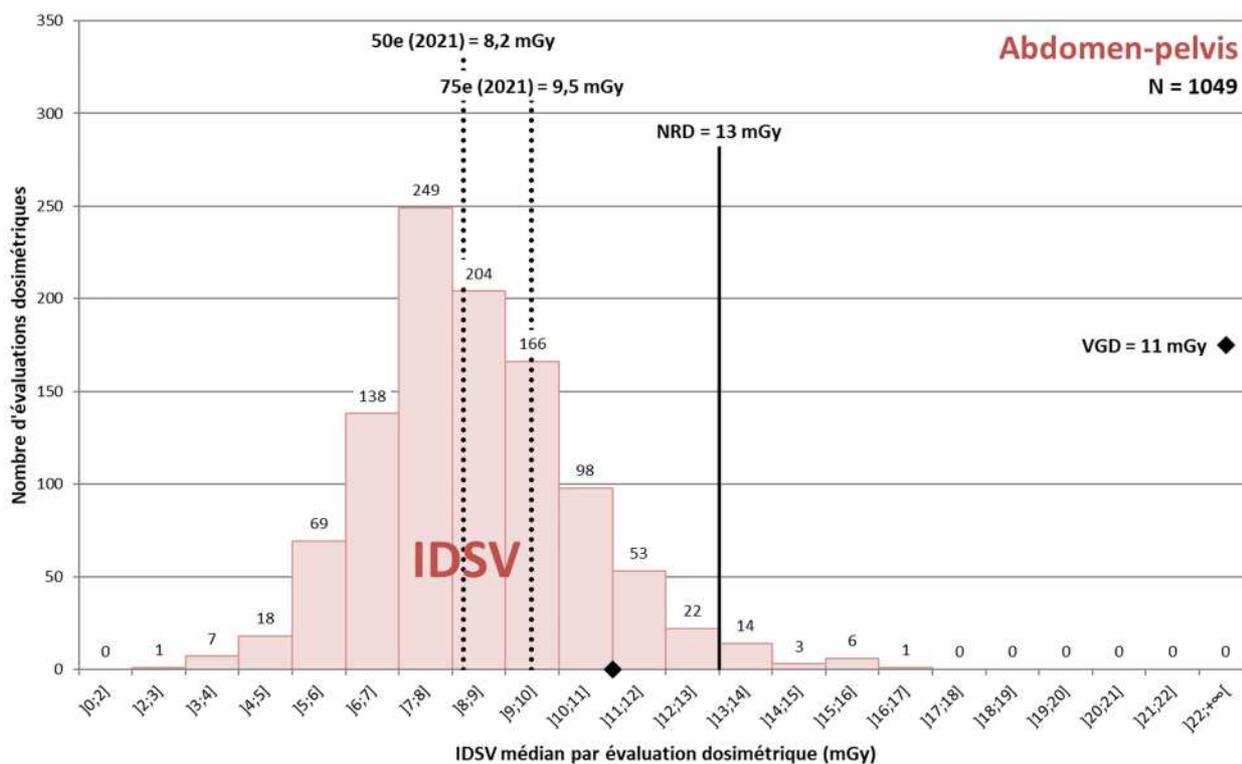


Figure 91 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la région abdomino-pelvienne chez l'adulte.

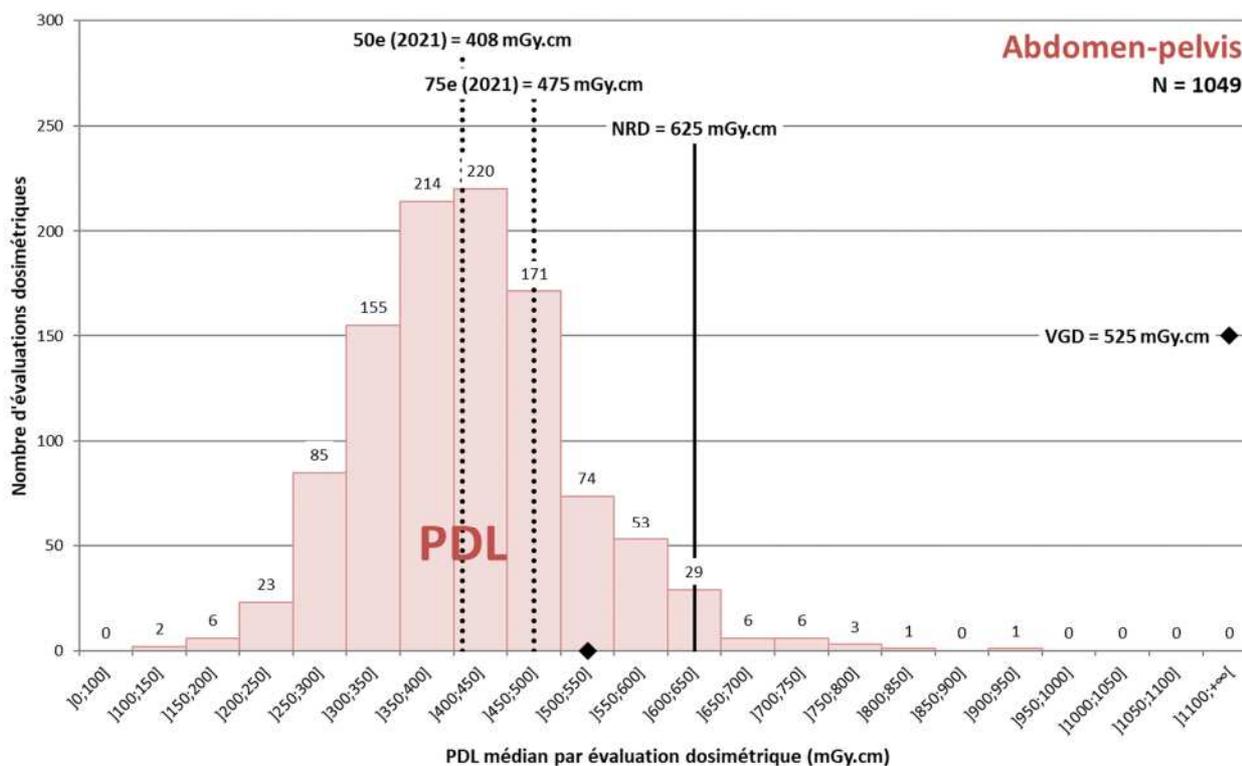


Figure 92 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de de la région abdomino-pelvienne chez l'adulte.

Tableau 45 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de de la région abdomino-pelvienne chez l'adulte.

### Abdomen-pelvis

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
NRD en vigueur	13		625	
VGD en vigueur	11		525	

Période considérée	2019-2021	2021	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	1049	389	1049	389

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
75° centile	9,5	9,5	471	475
50° centile	8,3	8,2	408	408
Valeurs minimale - maximale	2,3 - 17,0	2,3 - 15,2	116 - 925	116 - 711
Nombre de dépassements du NRD	24 (2,3 %)	4 (1,0 %)	29 (2,8 %)	8 (2,1 %)

#### Evolution depuis 2011



Figure 93 : Évolution des 75e et 50e centiles de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) pour l'examen de de la région abdomino-pelvienne chez l'adulte.

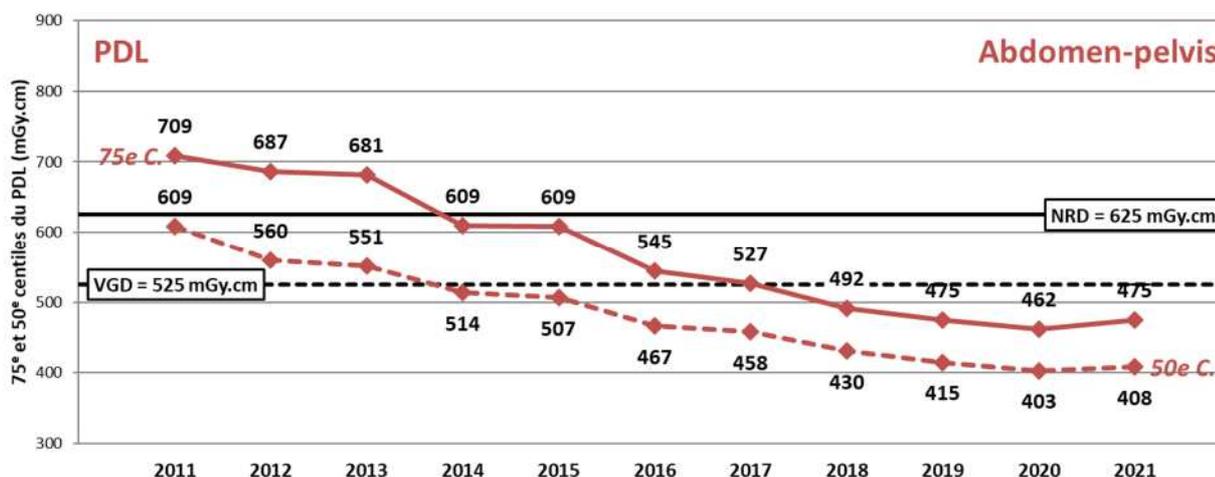


Figure 94 : Évolution des 75e et 50e centiles du produit dose.longueur (PDL) pour l'examen de la région abdomino-pelvienne chez l'adulte.

## Scanographie chez l'adulte – Rachis Lombaire

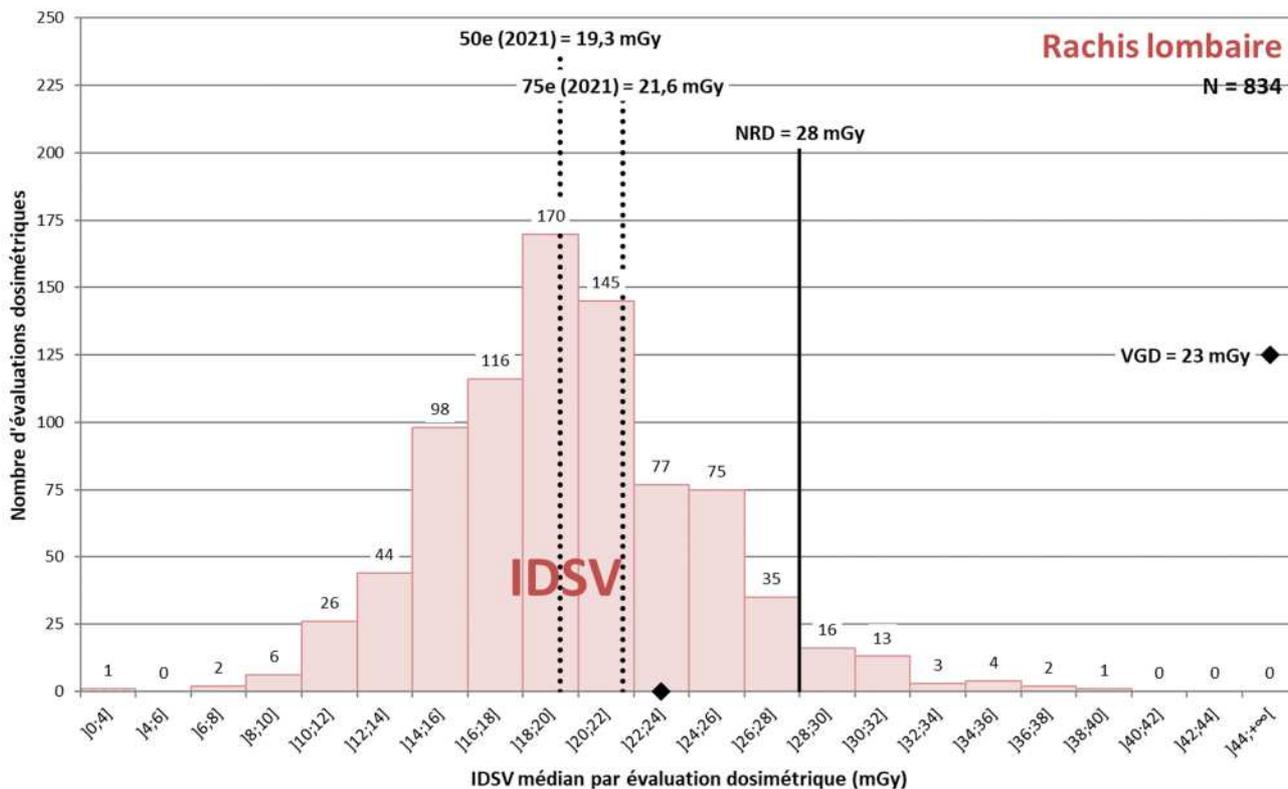


Figure 95 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis lombaire chez l'adulte.

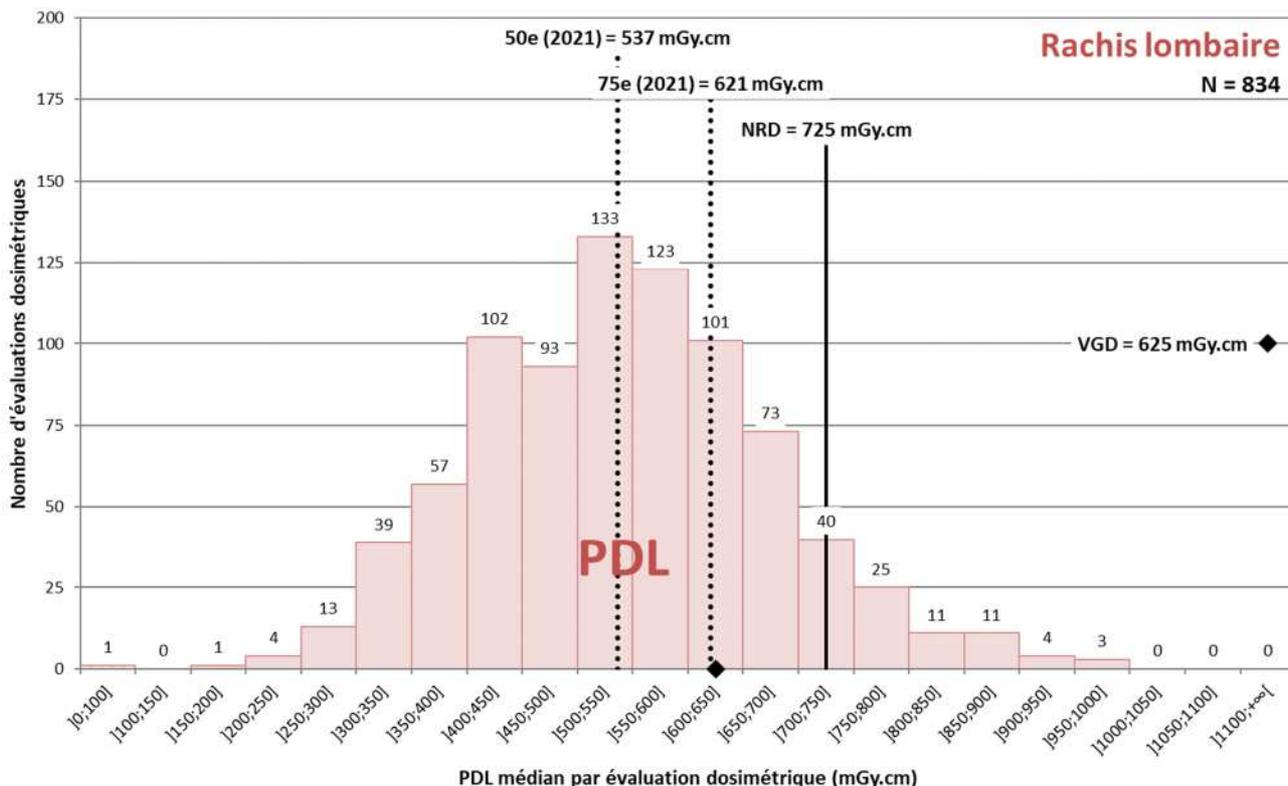


Figure 96 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis lombaire chez l'adulte.

Tableau 46 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du rachis lombaire chez l'adulte.

### Rachis lombaire

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
NRD en vigueur	28		725	
VGD en vigueur	23		625	

Période considérée	2019-2021	2021	2019-2021	2021
Nombre d'évaluations dosimétriques	834	304	834	304

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)		PDL (mGy.cm)	
75 <sup>e</sup> centile	22,4	21,6	630	621
50 <sup>e</sup> centile	19,5	19,3	541	537
Valeurs minimale - maximale	3,2 - 38,8	8,5 - 33,3	96 - 968	230 - 954
Nombre de dépassements du NRD	39 (4,7 %)	9 (3,0 %)	67 (8,0 %)	21 (6,9 %)

#### Evolution depuis 2011

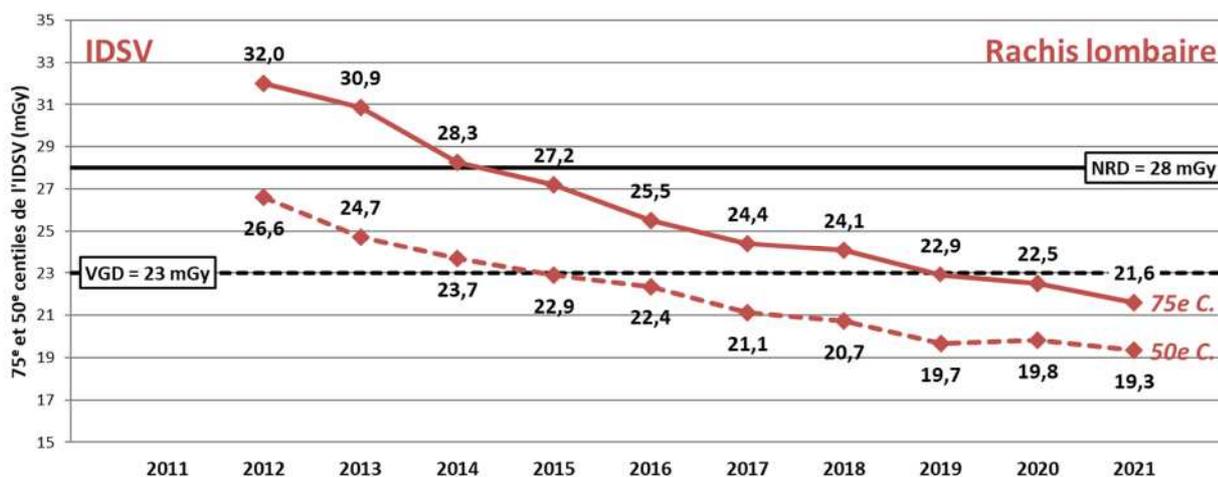


Figure 97 : Évolution des 75e et 50e centiles de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) pour l'examen du rachis lombaire chez l'adulte.

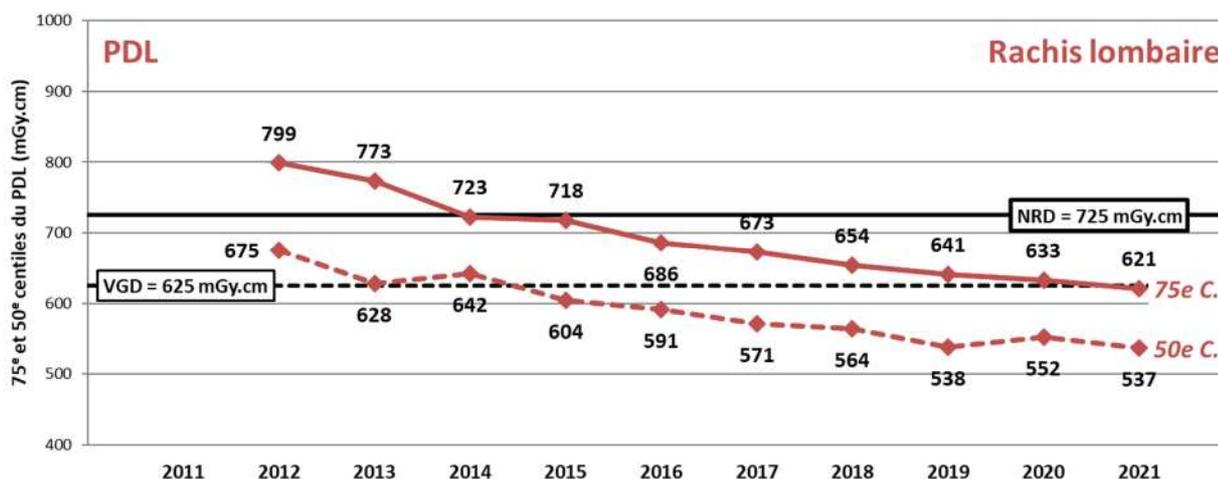


Figure 98 : Évolution des 75e et 50e centiles du produit dose.longueur (PDL) pour l'examen du rachis lombaire chez l'adulte.

## Scanographie chez l'adulte – Sinus de la face

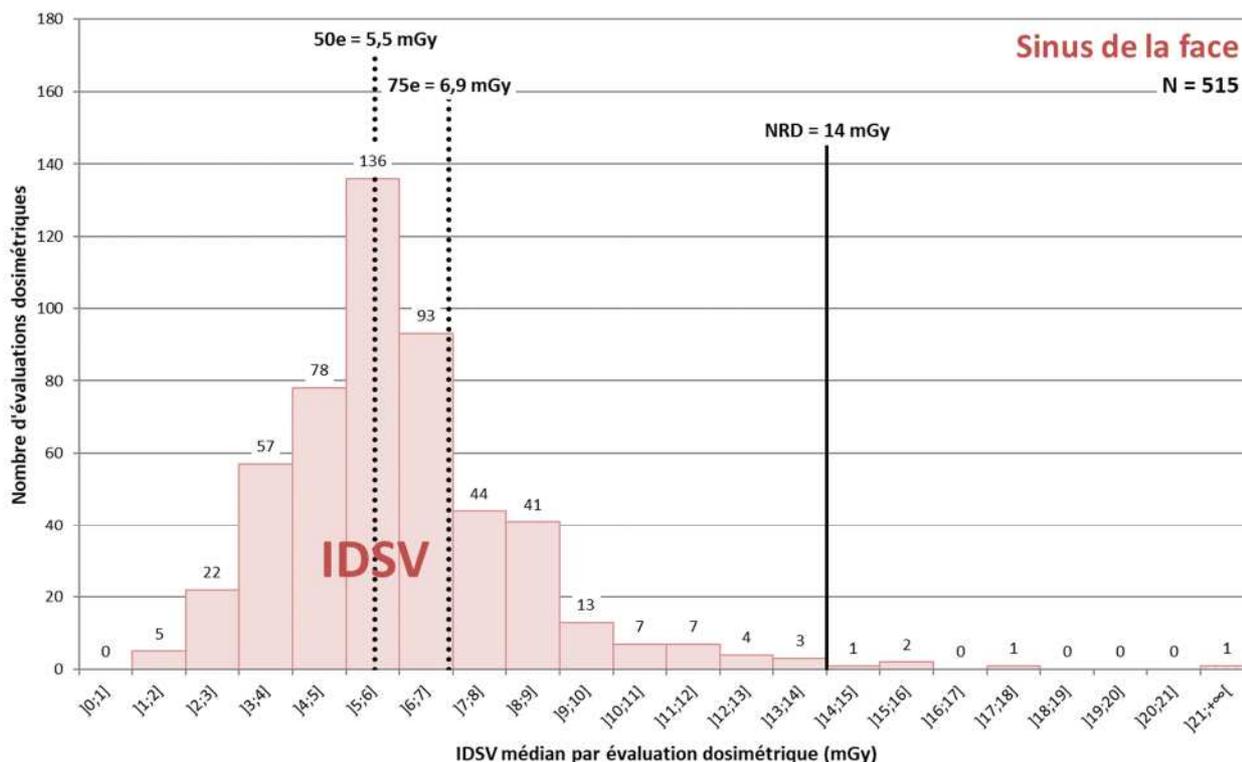


Figure 99 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du sinus de la face chez l'adulte.

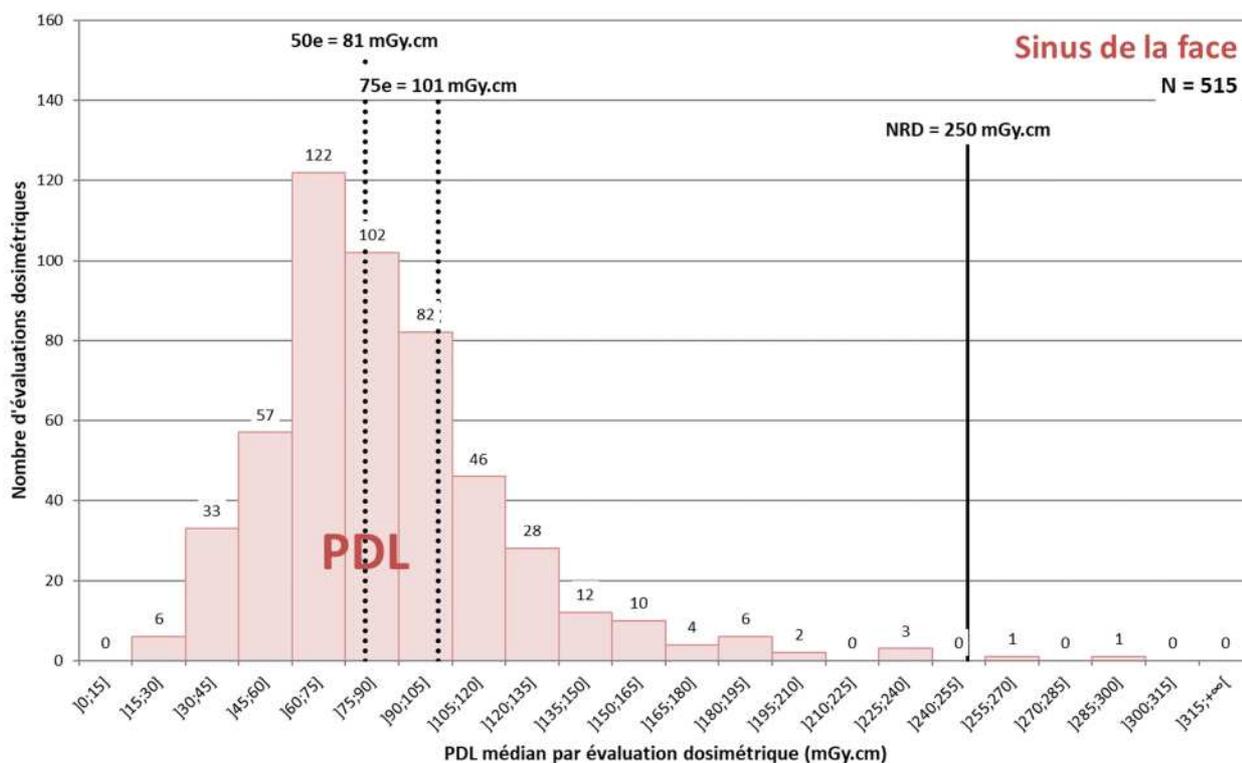


Figure 100 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du sinus de la face chez l'adulte.

Tableau 47 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du sinus de la face chez l'adulte.

### Sinus de la face

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	14	250
VGD en vigueur	-	-

Période considérée	2019-2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	515	515

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	6,9	101
50° centile	5,5	81
Valeurs minimale - maximale	1,6 - 22,0	21 - 287
Nombre de dépassements du NRD	5 (1,0 %)	2 (0,4 %)

#### Evolution depuis 2011

L'examen du sinus de la face a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2019.

## Scanographie chez l'adulte – Thorax-Abdomen

Analyse des données 2019-2021

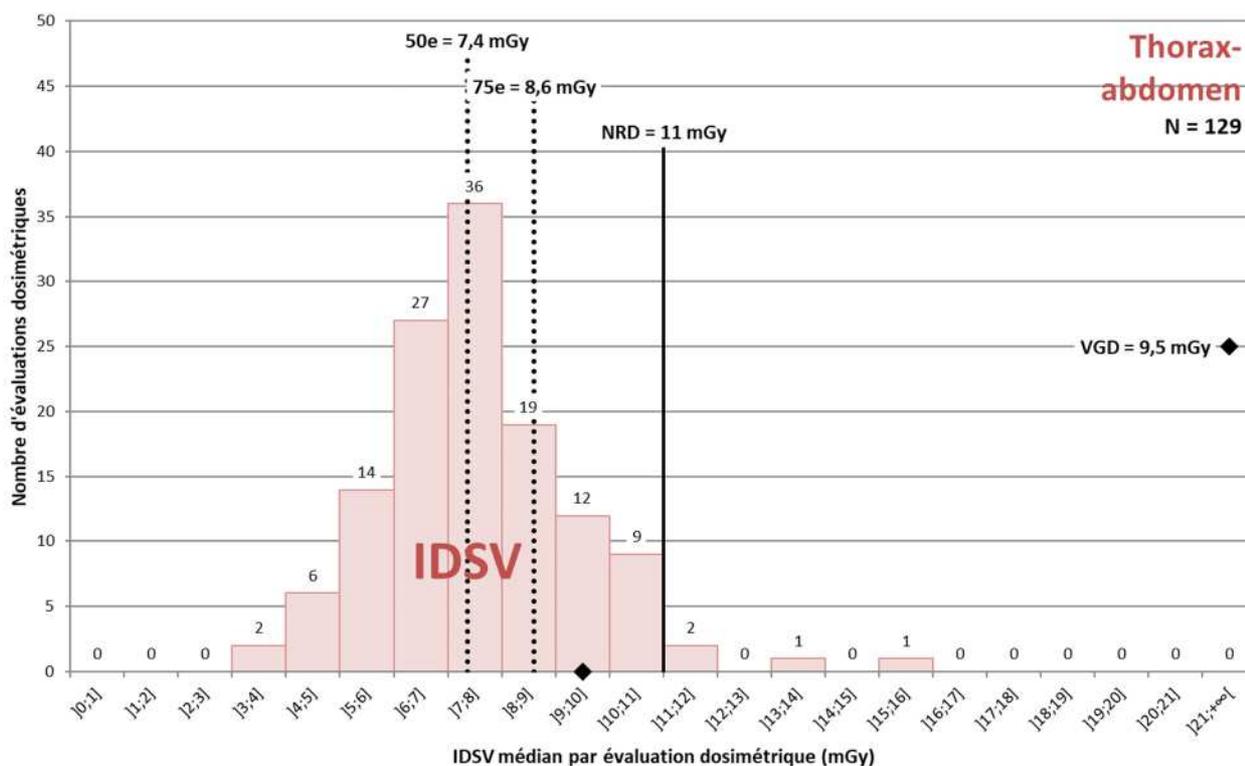


Figure 101 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la région thoraco-abdominale chez l'adulte.

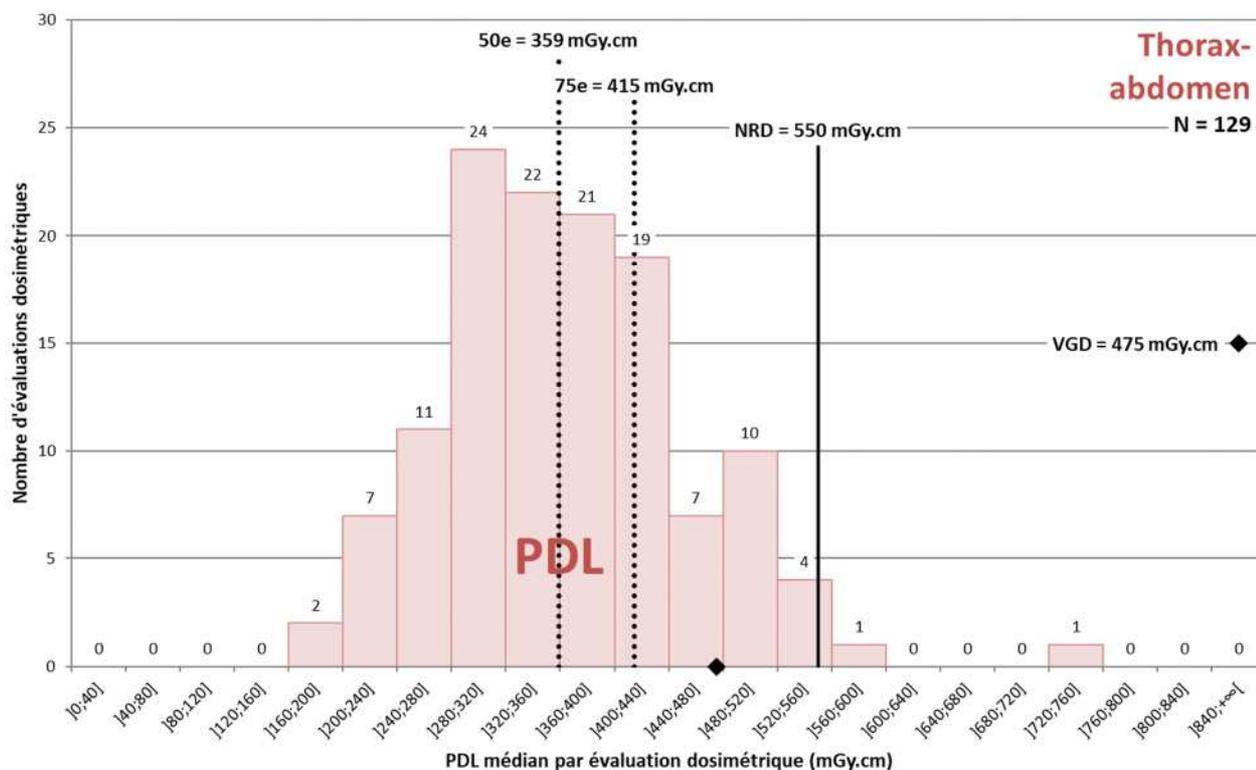


Figure 102 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la région thoraco-abdominale chez l'adulte.

Tableau 48 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de la région thoraco-abdominale chez l'adulte.

### Thorax-abdomen

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	11	550
VGD en vigueur	9,5	475

Période considérée	2019-2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	129	129

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	8,6	415
50° centile	7,4	359
Valeurs minimale - maximale	3,6 - 15,2	173 - 730
Nombre de dépassements du NRD	4 (3,1 %)	3 (2,3 %)

#### Évolution depuis 2011

L'examen du thorax-abdomen a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2019.

## Scanographie chez l'adulte – Cœur (synchronisation prospective à l'ECG)

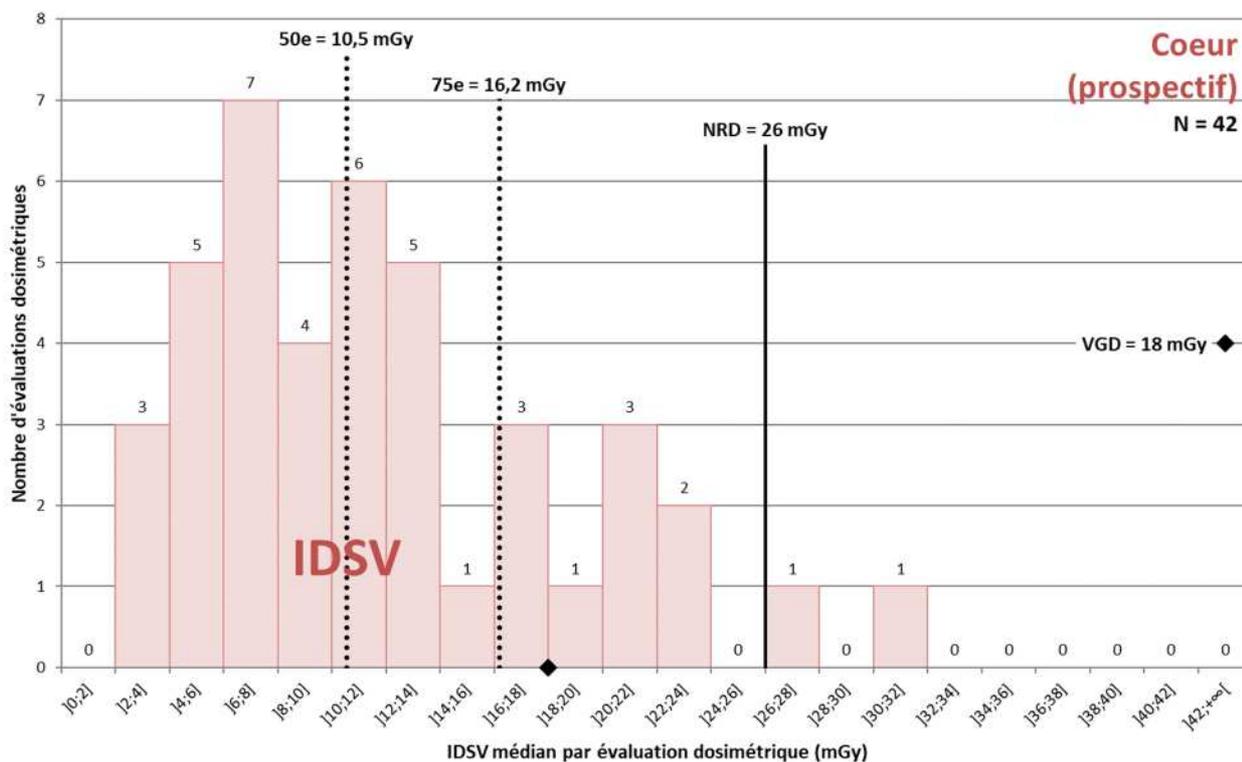


Figure 103 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du cœur (synchronisation prospective à l'ECG) chez l'adulte.

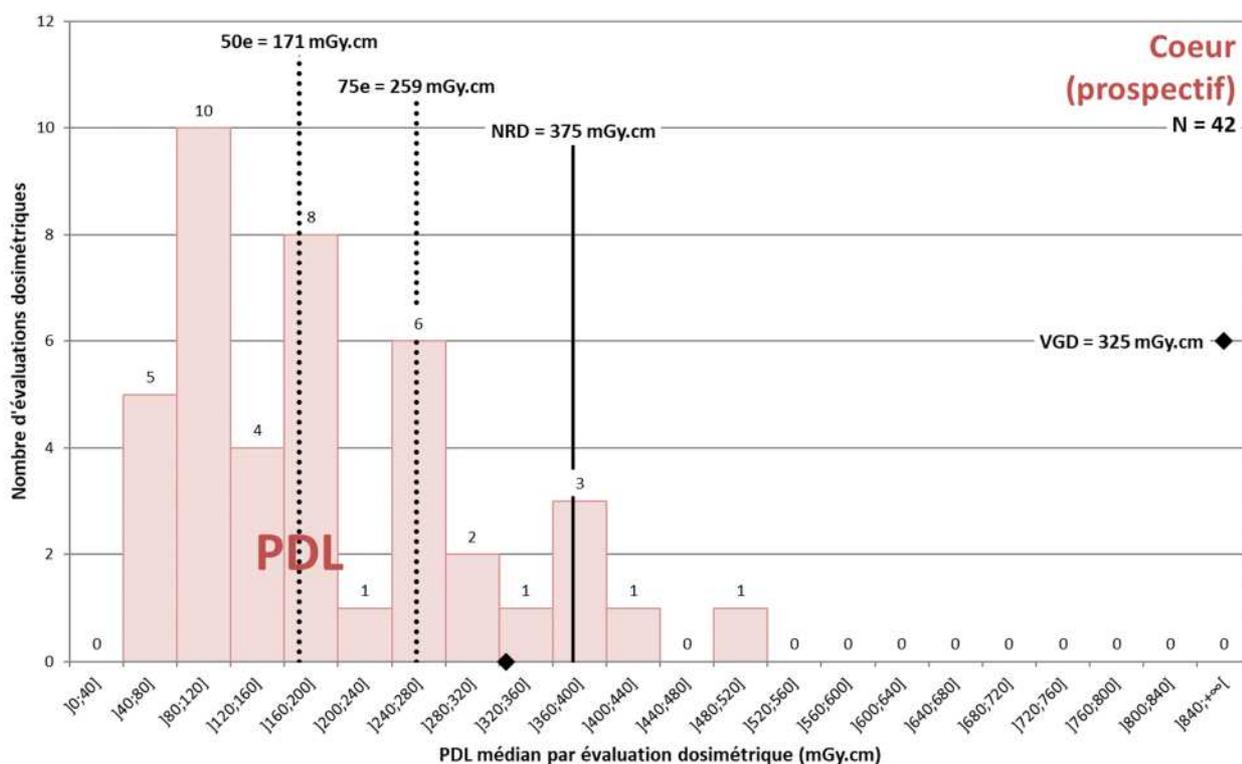


Figure 104 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du cœur (synchronisation prospective à l'ECG) chez l'adulte.

Tableau 49 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du cœur (synchronisation prospective à l'ECG) chez l'adulte.

**Cœur (prospectif)**

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	26	375
VGD en vigueur	18	325
<b>Période considérée</b>		
	<b>2019-2021</b>	
Nombre d'évaluations dosimétriques	42	42
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	16,2	259
50° centile	10,5	171
Valeurs minimale - maximale	3,4 - 31,1	50 - 520
Nombre de dépassements du NRD	2 (4,8 %)	3 (7,1 %)

**Evolution depuis 2011**

L'examen du cœur (synchronisation prospective à l'ECG) a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2019.

## Scanographie chez l'adulte – Cœur (synchronisation rétrospective à l'ECG)

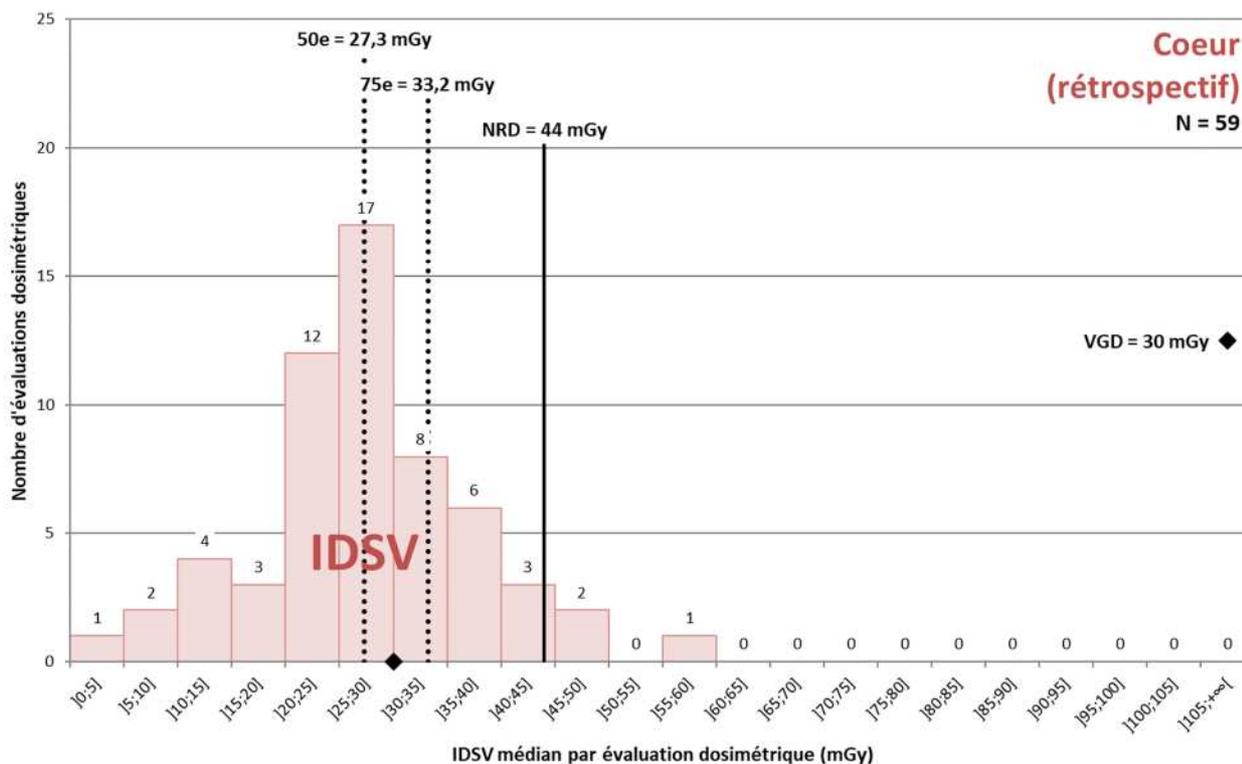


Figure 105 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du cœur (synchronisation rétrospective à l'ECG) chez l'adulte.

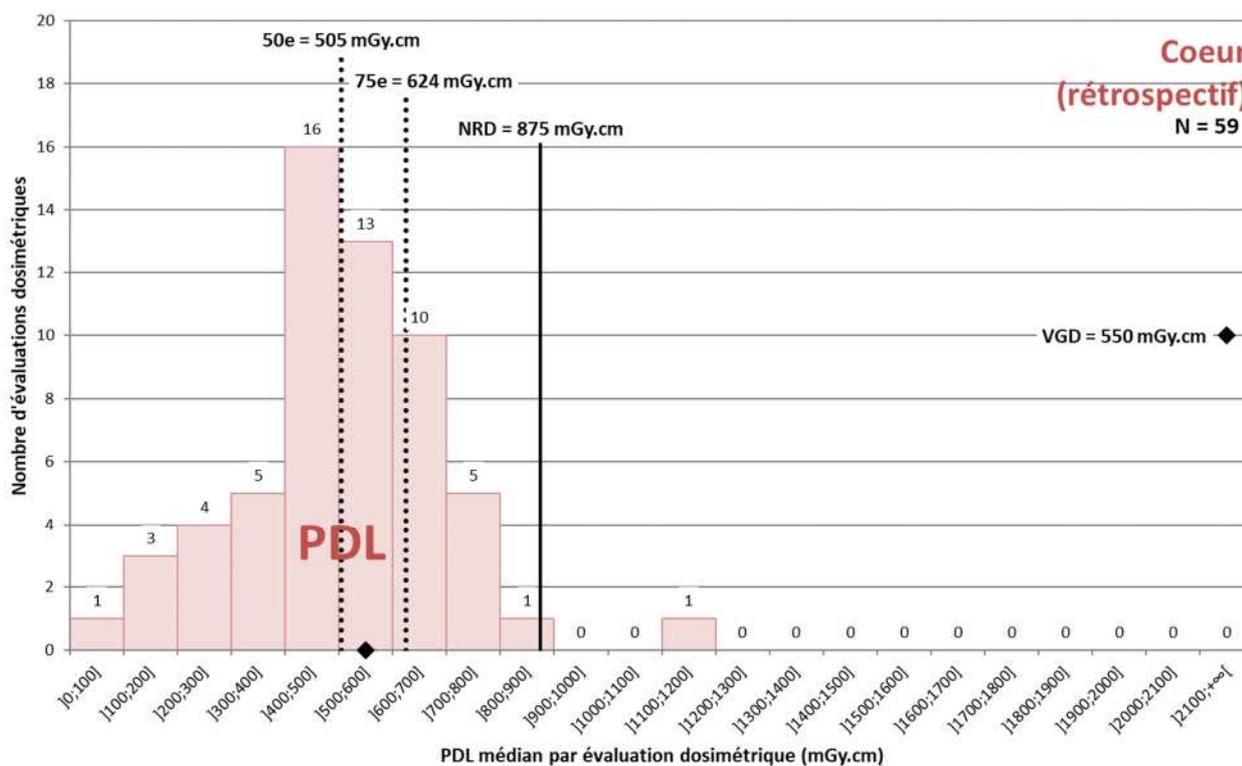


Figure 106 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du cœur (synchronisation rétrospective à l'ECG) chez l'adulte.

Tableau 50 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen du cœur (synchronisation rétrospective à l'ECG) chez l'adulte.

### Cœur (rétrospectif)

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	44	875
VGD en vigueur	30	550

Période considérée	2019-2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	59	59

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	33,2	624
50° centile	27,3	505
Valeurs minimale - maximale	2,9 - 57,6	47 - 1122
Nombre de dépassements du NRD	3 (5,1 %)	1 (1,7 %)

#### Evolution depuis 2011

L'examen du cœur (synchronisation rétrospective à l'ECG) a été introduit dans la liste des examens soumis aux NRD par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2019.

## Scanographie chez l'enfant – Encéphale 0 à moins de 10 kg (0 à 1 an)

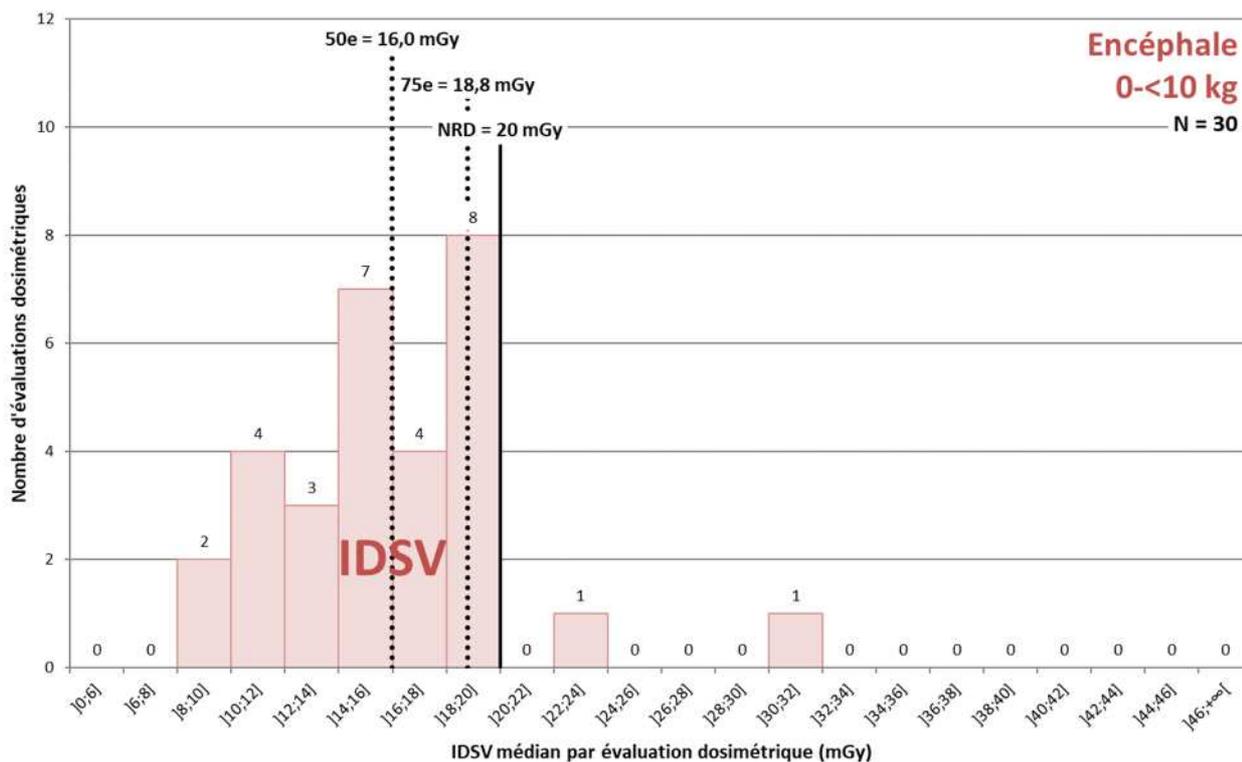


Figure 107 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 0 à moins de 10 kg.

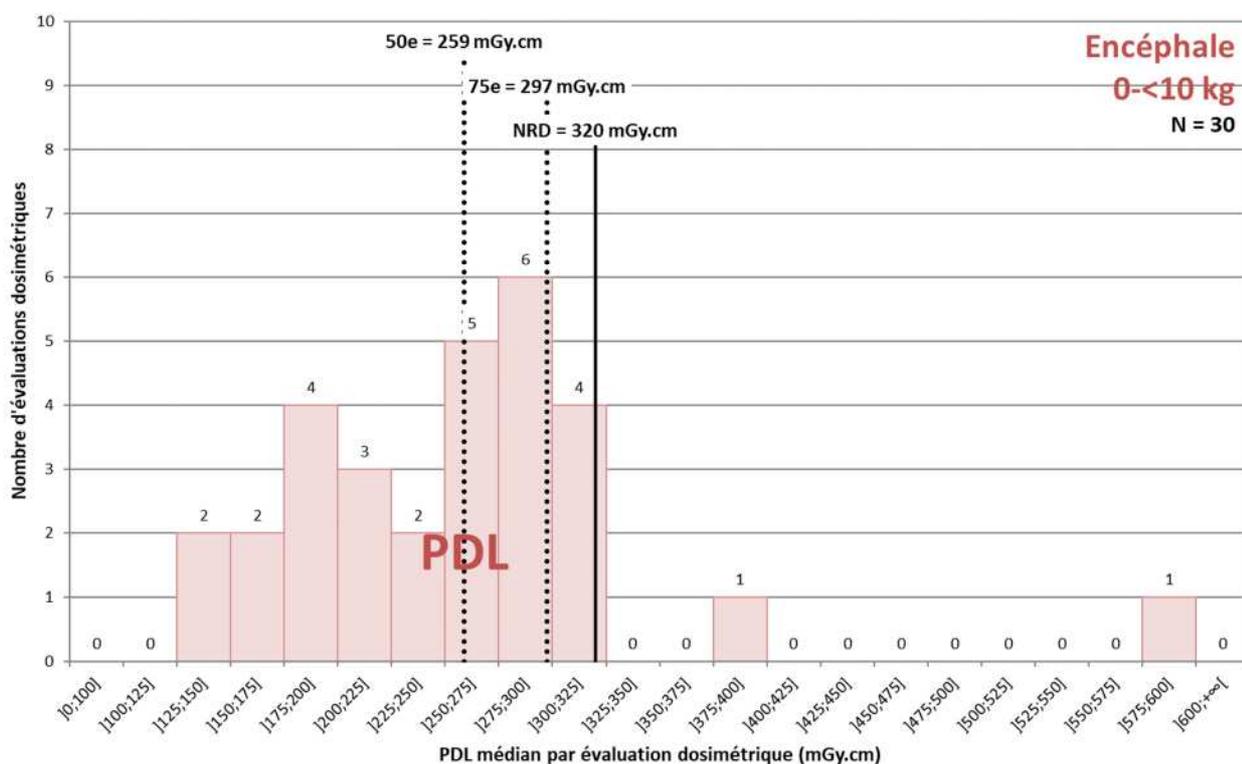


Figure 108 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 0 à moins de 10 kg.

Tableau 51 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 0 à moins de 10 kg.

**Encéphale chez l'enfant de 0 à < 10 kg**

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	20	320
VGD en vigueur	-	-
<b>Période considérée</b>		
	2019-2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	30	30
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	18,8	297
50° centile	16,0	259
Valeurs minimale - maximale	8,6 - 31,5	142 - 589
Nombre de dépassements du NRD	2 (6,7 %)	3 (10,0 %)

## Scanographie chez l'enfant – Encéphale 10 à moins de 20 kg (1 à 5 ans)

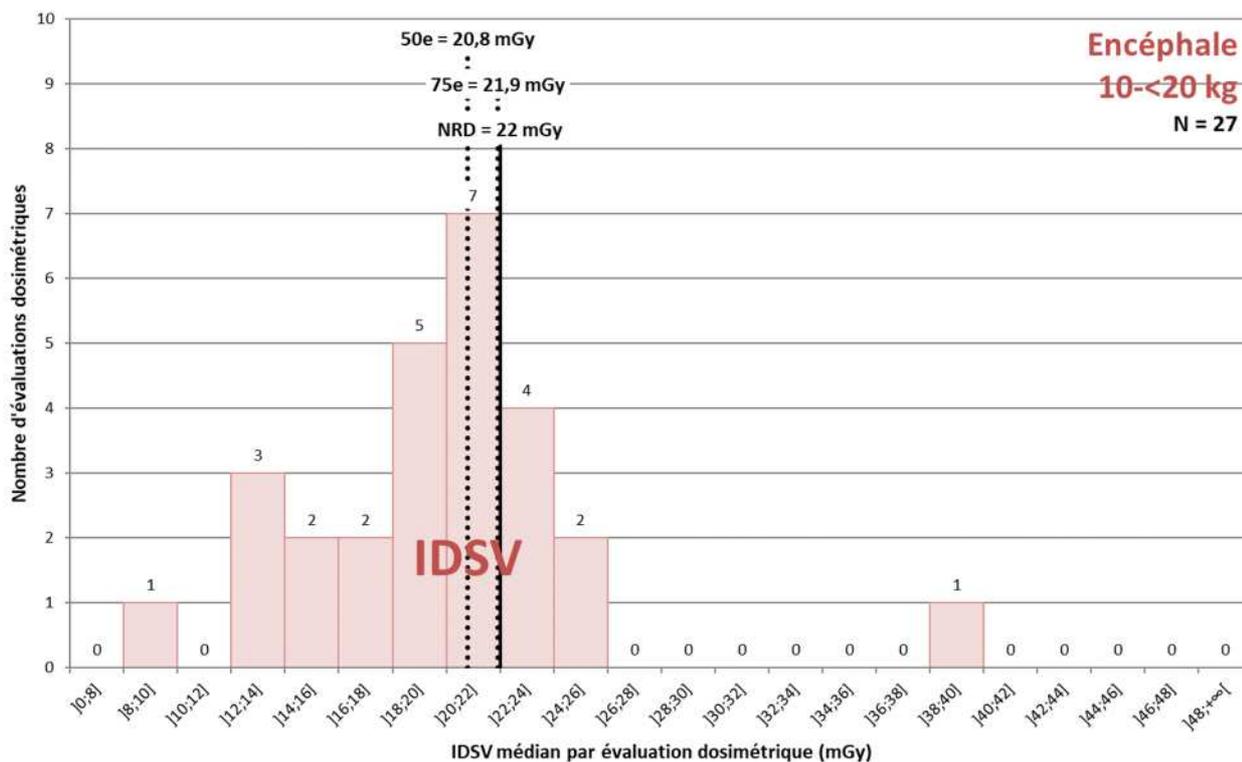


Figure 109 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 10 à moins de 20 kg.

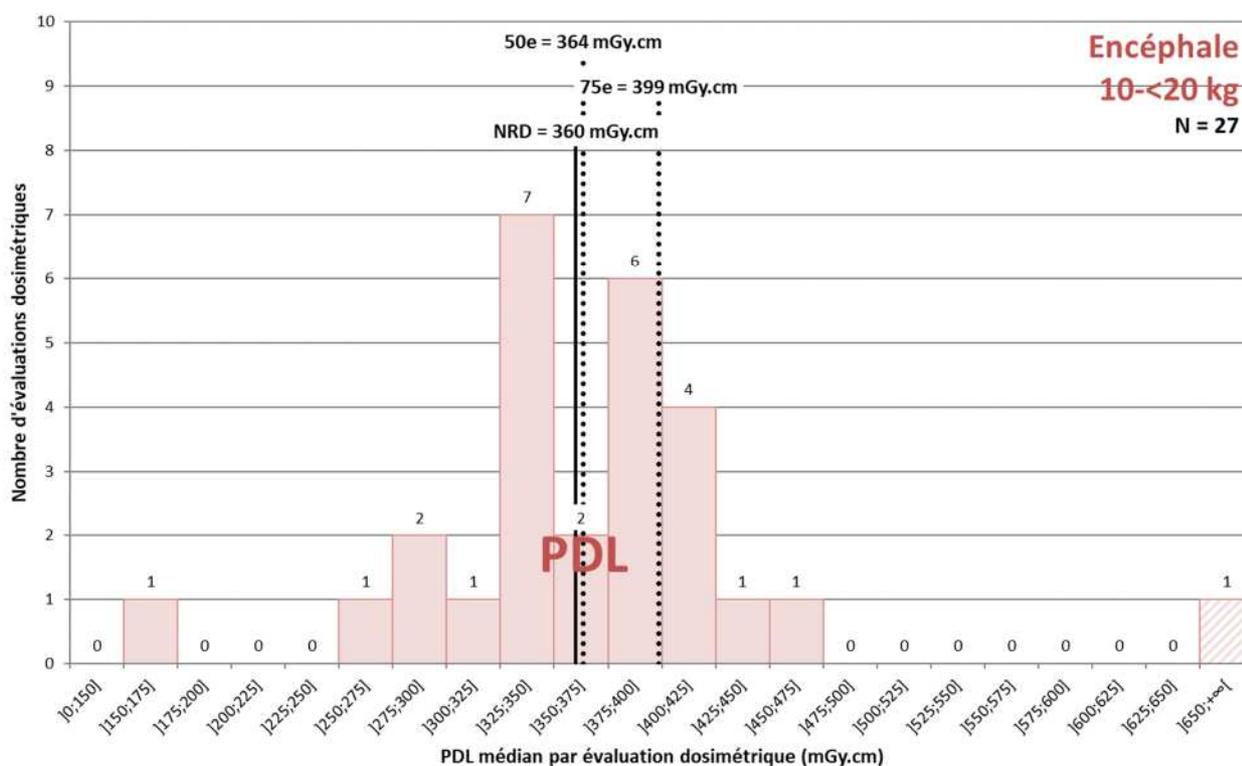


Figure 110 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 10 à moins de 20 kg.

Tableau 52 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 10 à moins de 20 kg.

### Encéphale chez l'enfant de 10 à < 20 kg

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	22	360
VGD en vigueur	-	-
<hr/>		
Période considérée	2019-2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	27	27
<hr/>		
Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	21,9	399
50° centile	20,8	364
Valeurs minimale - maximale	9,7 - 39,3	169 - 718
Nombre de dépassements du NRD	7 (25,9 %)	14 (51,9 %)

## Scanographie chez l'enfant – Encéphale 20 à moins de 30 kg (5 à 10 ans)

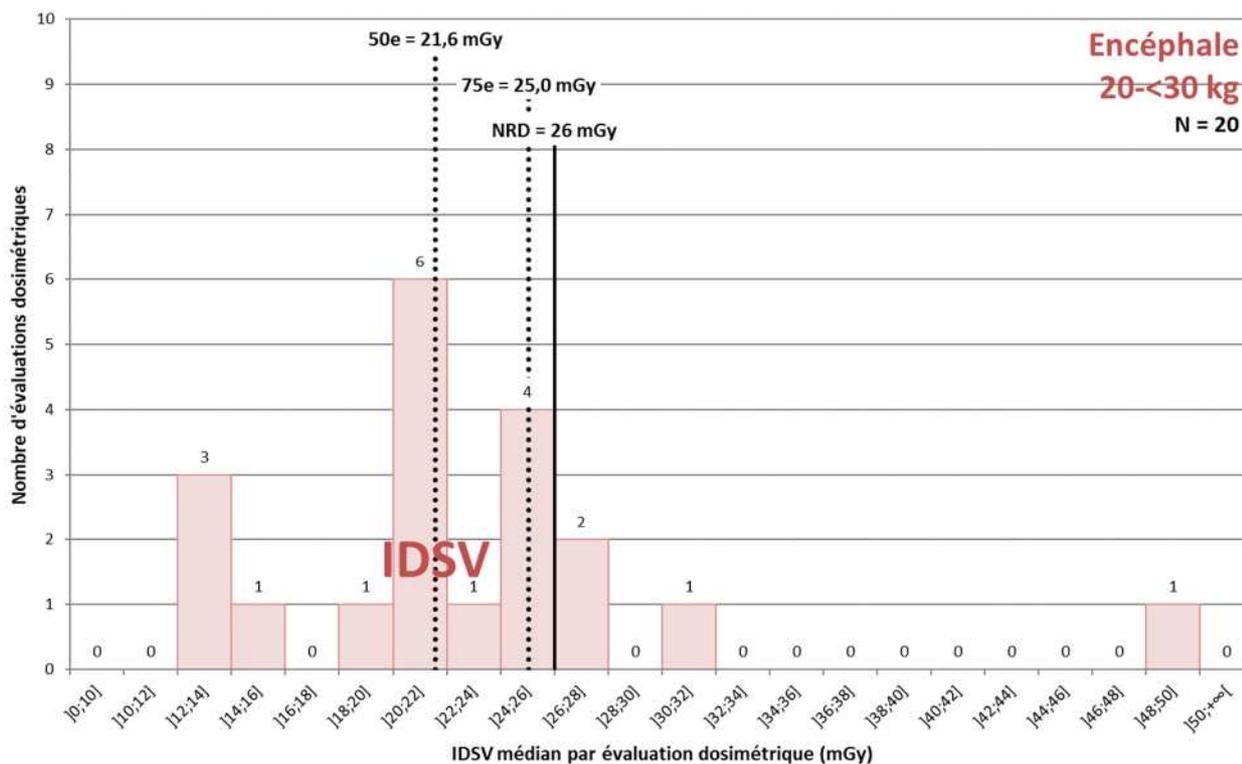


Figure 111 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 20 à moins de 30 kg.

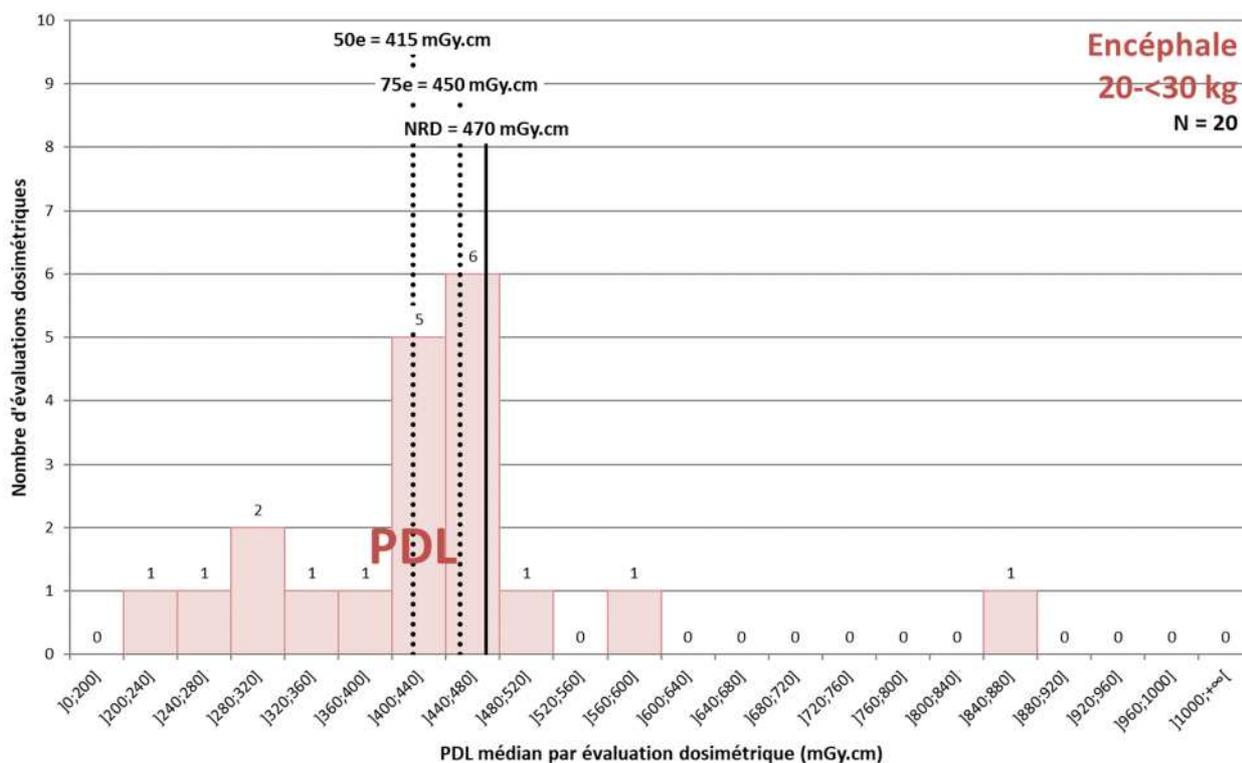


Figure 112 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 20 à moins de 30 kg.

Tableau 53 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour l'examen de l'encéphale chez l'enfant de 20 à moins 30 kg.

### Encéphale chez l'enfant de 20 à < 30 kg

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	26	470
VGD en vigueur	-	-

Période considérée	2019-2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	20	20

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	25,0	450
50° centile	21,6	415
Valeurs minimale - maximale	12,9 - 49,4	229 - 880
Nombre de dépassements du NRD	4 (20,0 %)	4 (20,0 %)

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie du squelette

Analyse des données 2019-2021

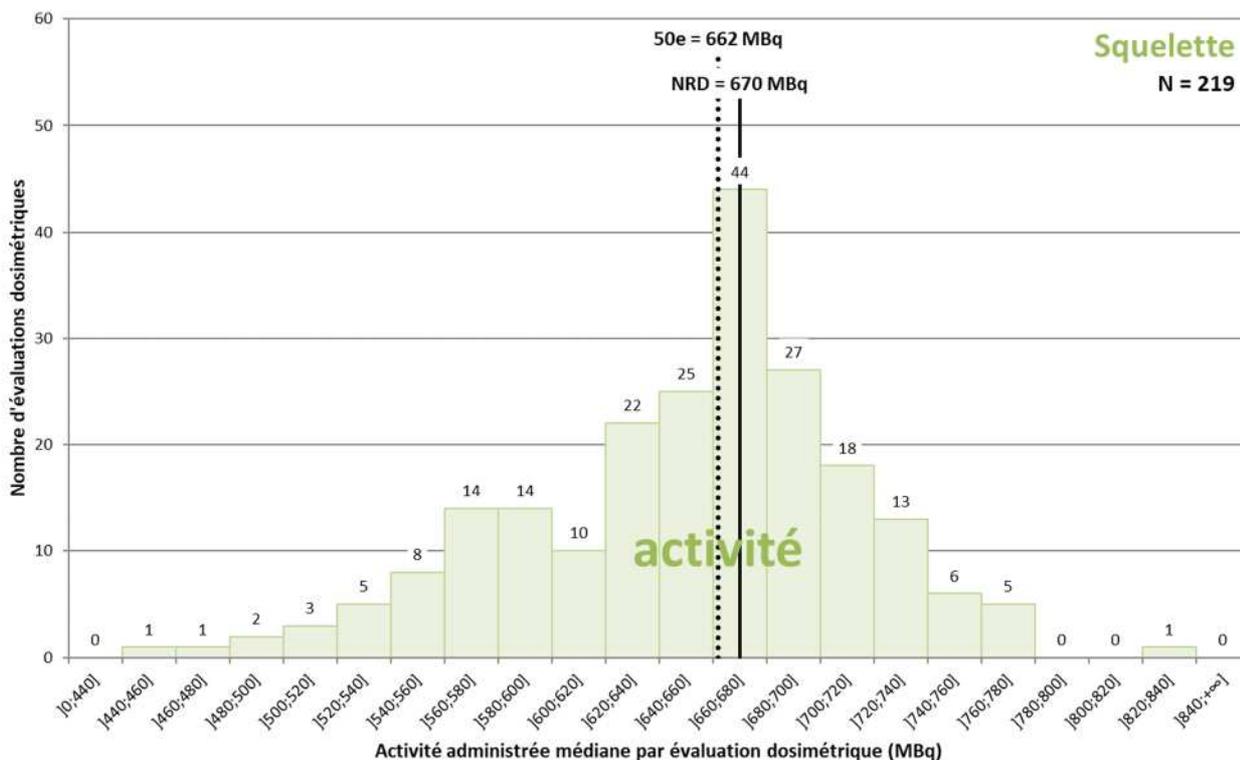


Figure 113 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie du squelette chez l'adulte.

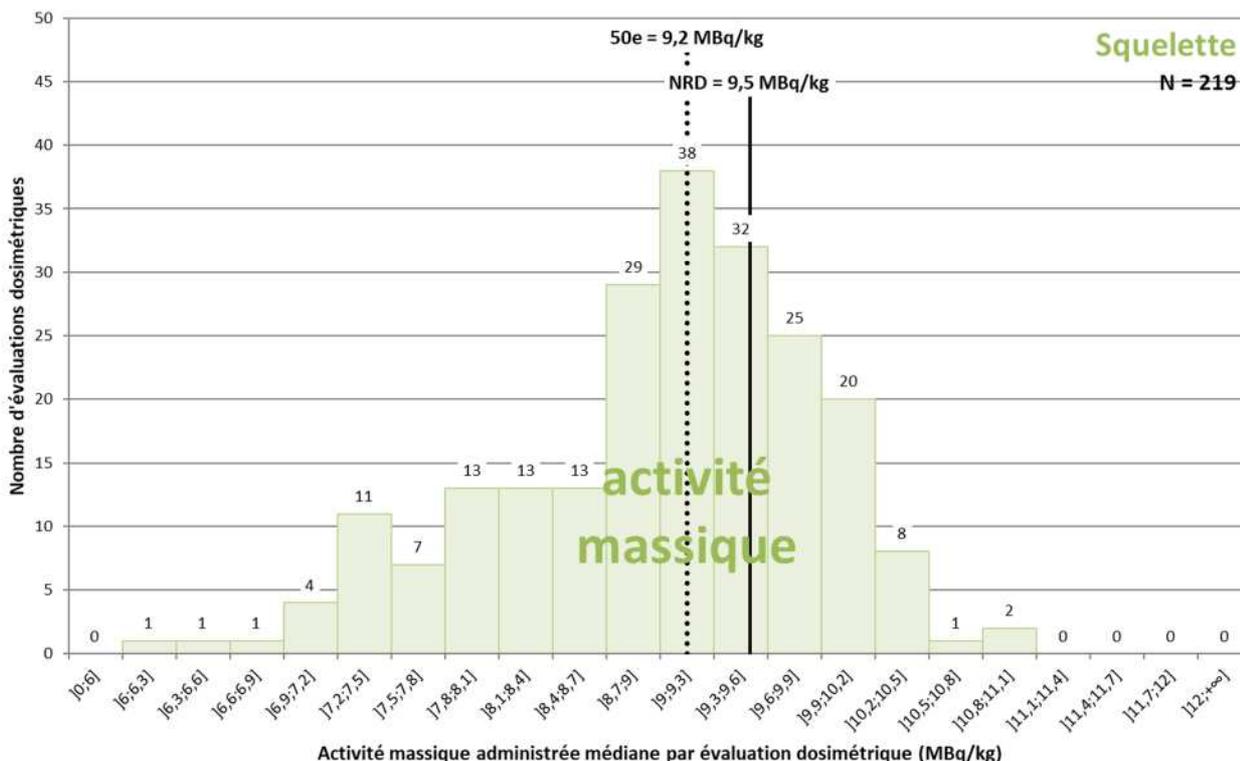


Figure 114 : Distribution des valeurs médianes de l'activité massique administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie du squelette chez l'adulte.

Tableau 54 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie du squelette chez l'adulte.

### Scintigraphie du squelette

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	$^{99m}\text{Tc-HDP}$ , $^{99m}\text{Tc-DPD}$	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur (NRD 2019)	670	9,5
<b>Période considérée</b>		
	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	219	219
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	662	9,2
Valeurs minimale - maximale	456 - 828	6,1 - 11,1
Nombre de dépassements du NRD 2019	88 (40 %)	64 (29 %)

#### Évolution depuis 2011

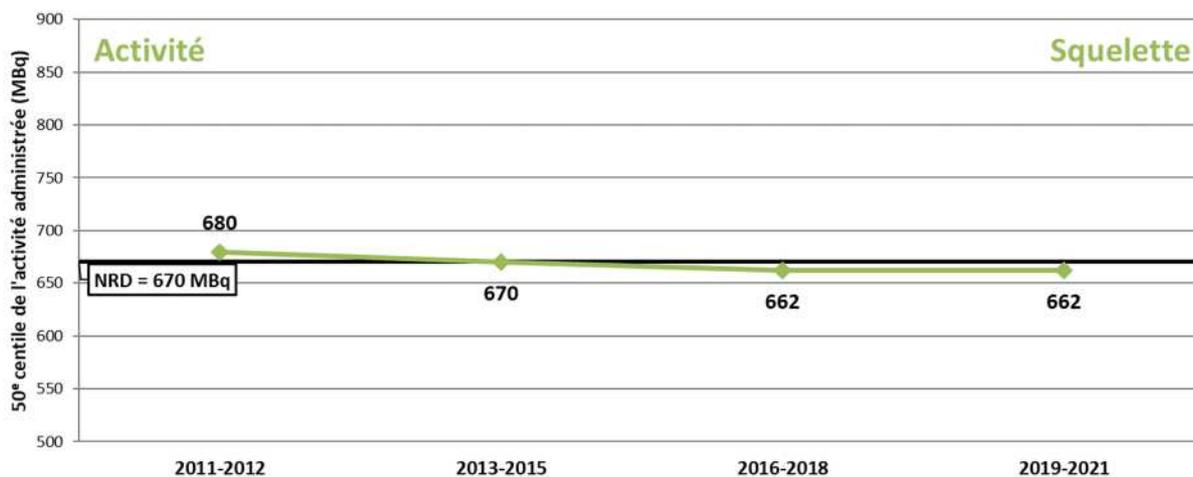


Figure 115 : Évolution du 50e centile de l'activité administrée pour la scintigraphie du squelette chez l'adulte.

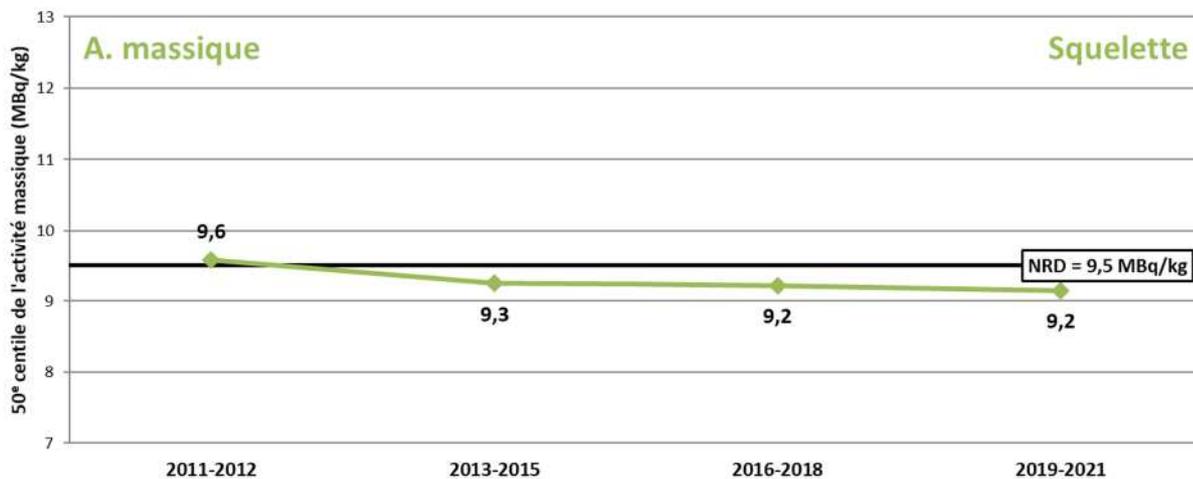


Figure 116 : Évolution du 50e centile de l'activité massique administrée pour la scintigraphie du squelette chez l'adulte.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie pulmonaire de perfusion

Analyse des données 2019-2021

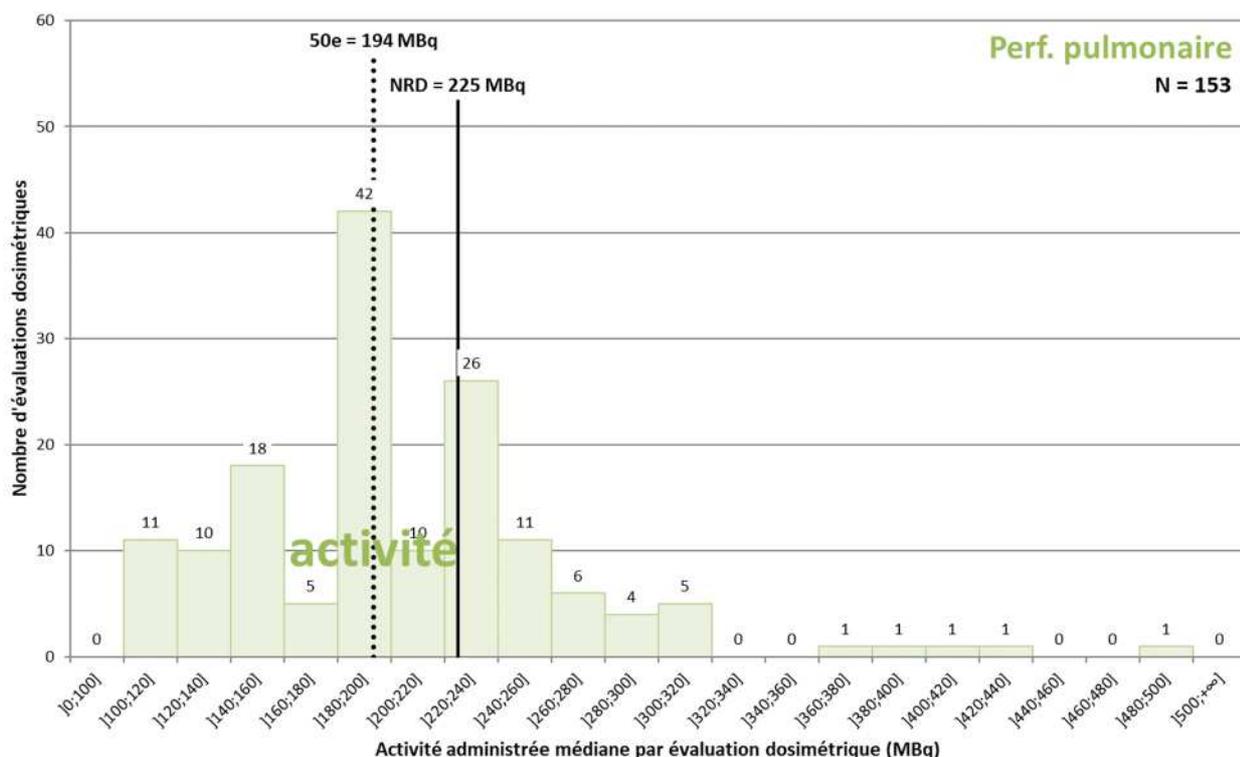


Figure 117 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie pulmonaire de perfusion chez l'adulte.

Tableau 55 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie pulmonaire de perfusion chez l'adulte.

### Scintigraphie pulmonaire de perfusion

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>99m</sup> Tc-macroagregats	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	225	-
Période considérée	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	153	153
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	194	2,7
Valeurs minimale - maximale	109 - 497	1,4 - 6,3
Nombre de dépassements du NRD	53 (35 %)	1 (1 %)

## Évolution depuis 2011

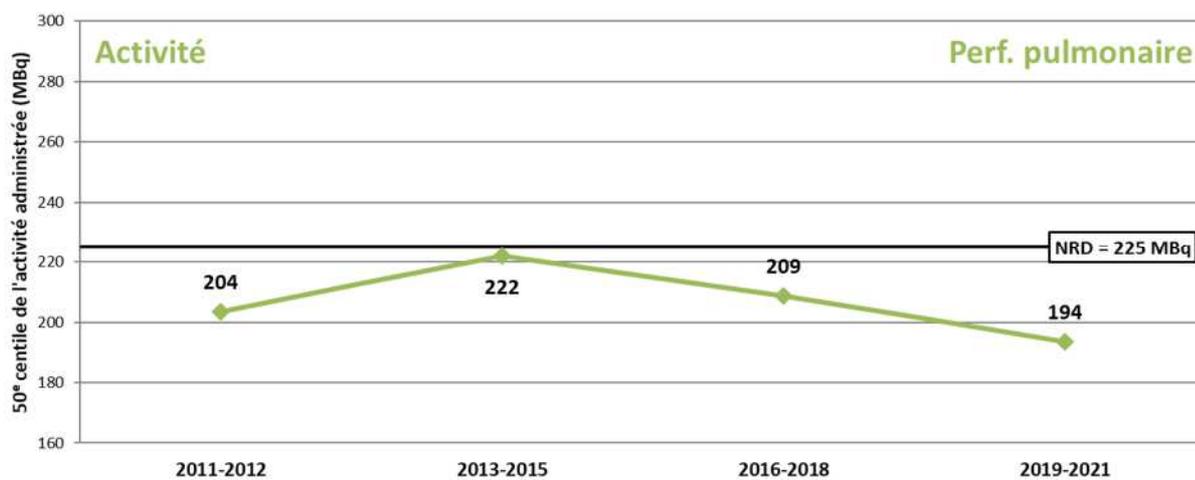


Figure 118 : Évolution du 50e centile de l'activité administrée pour la scintigraphie pulmonaire de perfusion chez l'adulte.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie de la glande thyroïde <sup>123</sup>I

Analyse des données 2019-2021

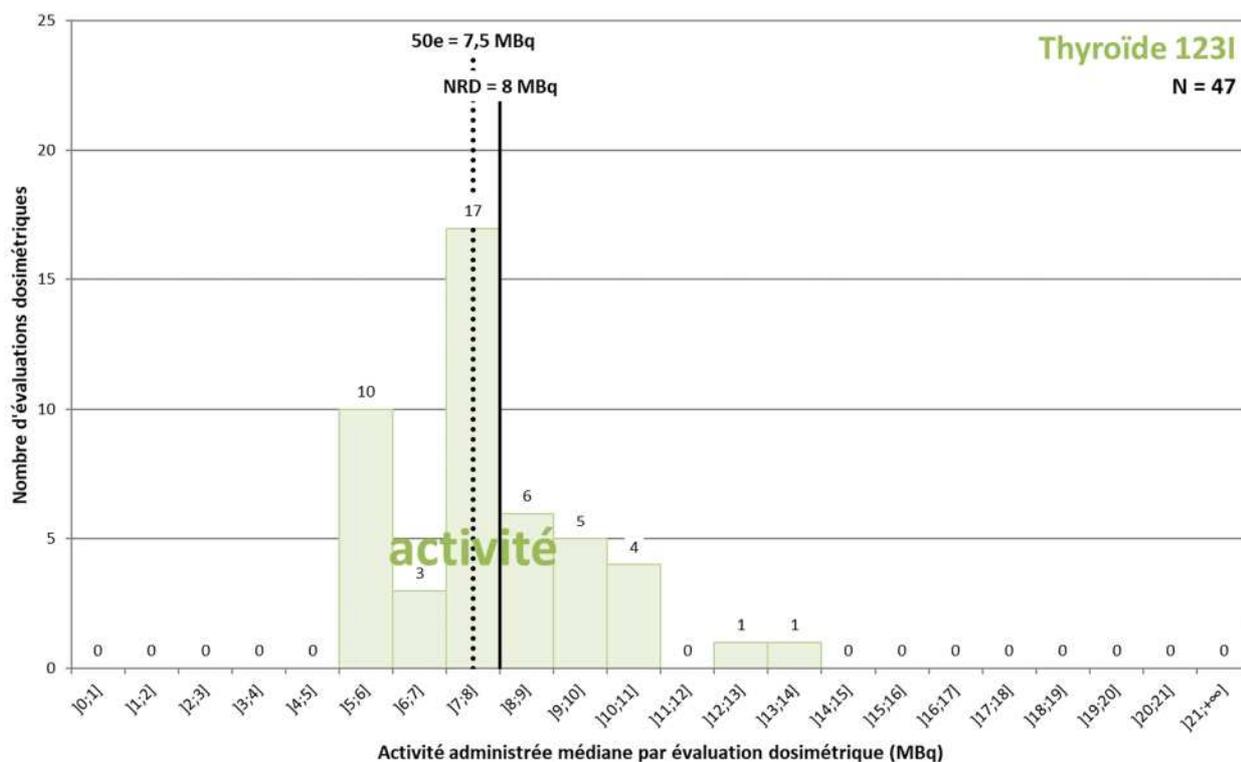


Figure 119 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie de la glande thyroïde à l'iode 123 chez l'adulte.

Tableau 56 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la glande thyroïde à l'iode 123 chez l'adulte.

### Scintigraphie de la glande thyroïde

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>123</sup> I (Iodure de sodium)	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	8	-
Période considérée	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	47	47
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	7,5	0,11
Valeurs minimale - maximale	5,1 - 13,2	0,07 - 0,18
Nombre de dépassements du NRD	17 (36 %)	1 (2 %)

## Évolution depuis 2011

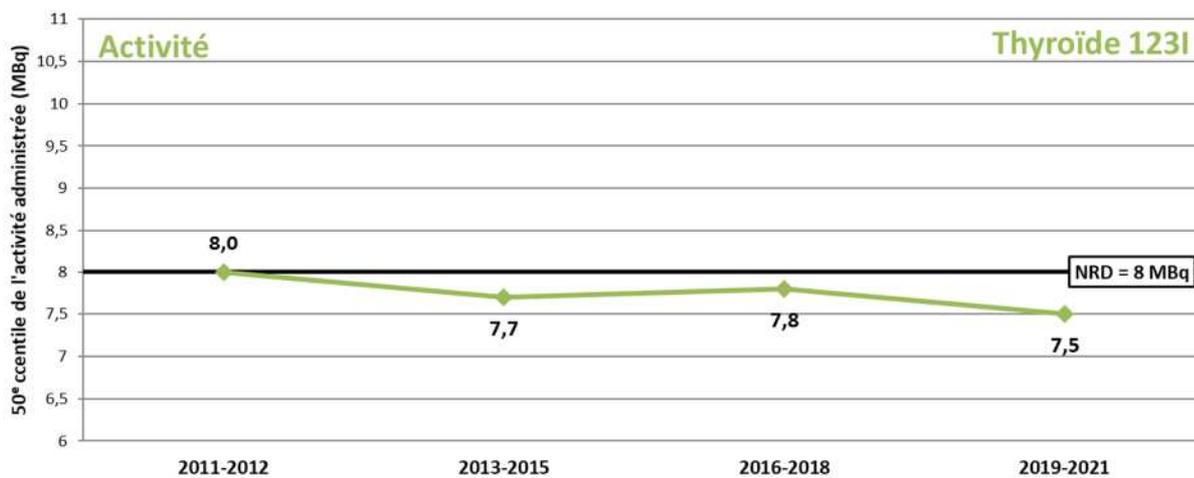


Figure 120 : Évolution du 50e centile de l'activité administrée pour la glande thyroïde à l'iode 123 chez l'adulte.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie de la glande thyroïde <sup>99m</sup>Tc

Analyse des données 2019-2021

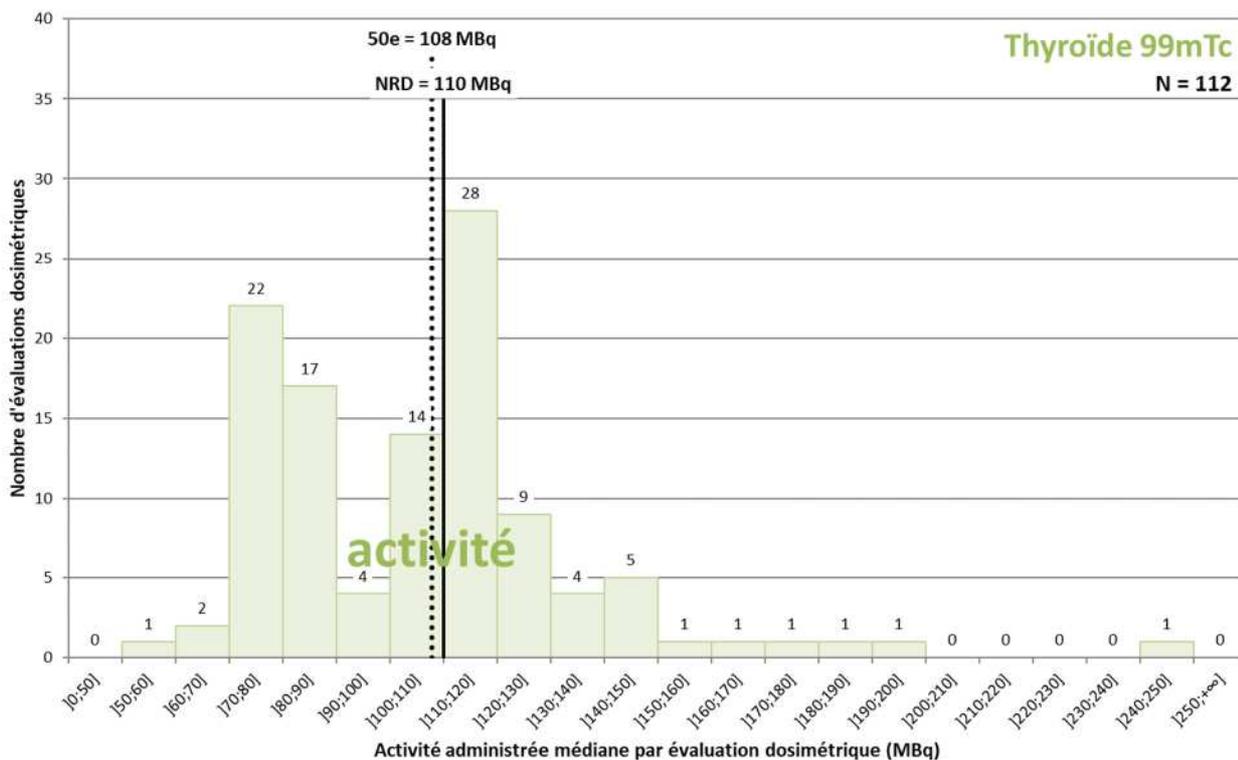


Figure 121 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie de la glande thyroïde au technétium <sup>99m</sup>Tc chez l'adulte.

Tableau 57 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie de la glande thyroïde au technétium <sup>99m</sup>Tc chez l'adulte.

### Scintigraphie de la glande thyroïde

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>99m</sup> Tc (pertechnétate de sodium)	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	110	-
Période considérée	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	112	112
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	108	1,5
Valeurs minimale - maximale	51 - 247	0,9 - 3,1
Nombre de dépassements du NRD	52 (46 %)	1 (1 %)

## Évolution depuis 2011

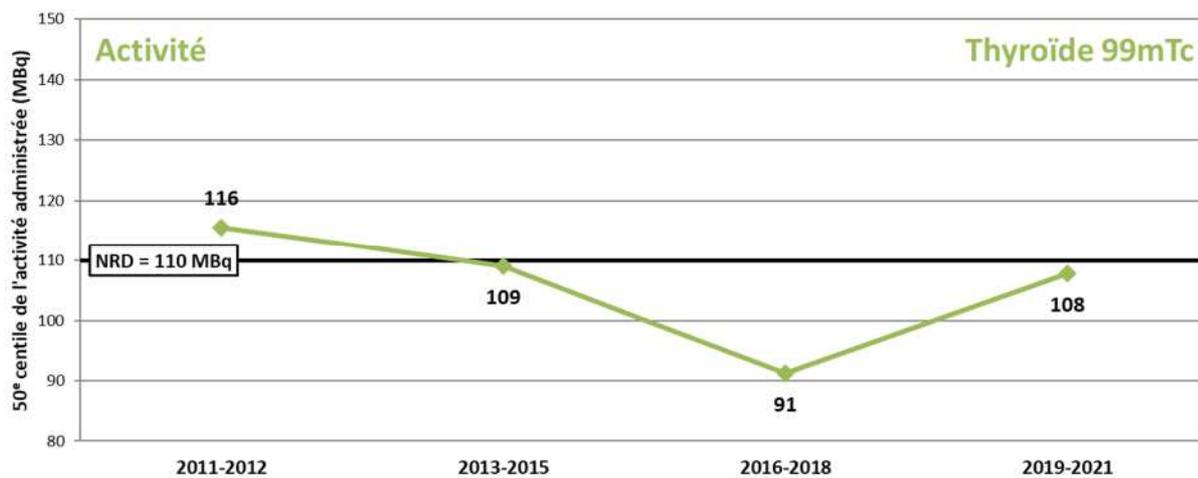


Figure 122 : Évolution du 50e centile de l'activité administrée pour la scintigraphie de la glande thyroïde au technétium 99m chez l'adulte.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Tomoscintigraphie myocardique <sup>99m</sup>Tc : 1 jour

Analyse des données 2019-2021

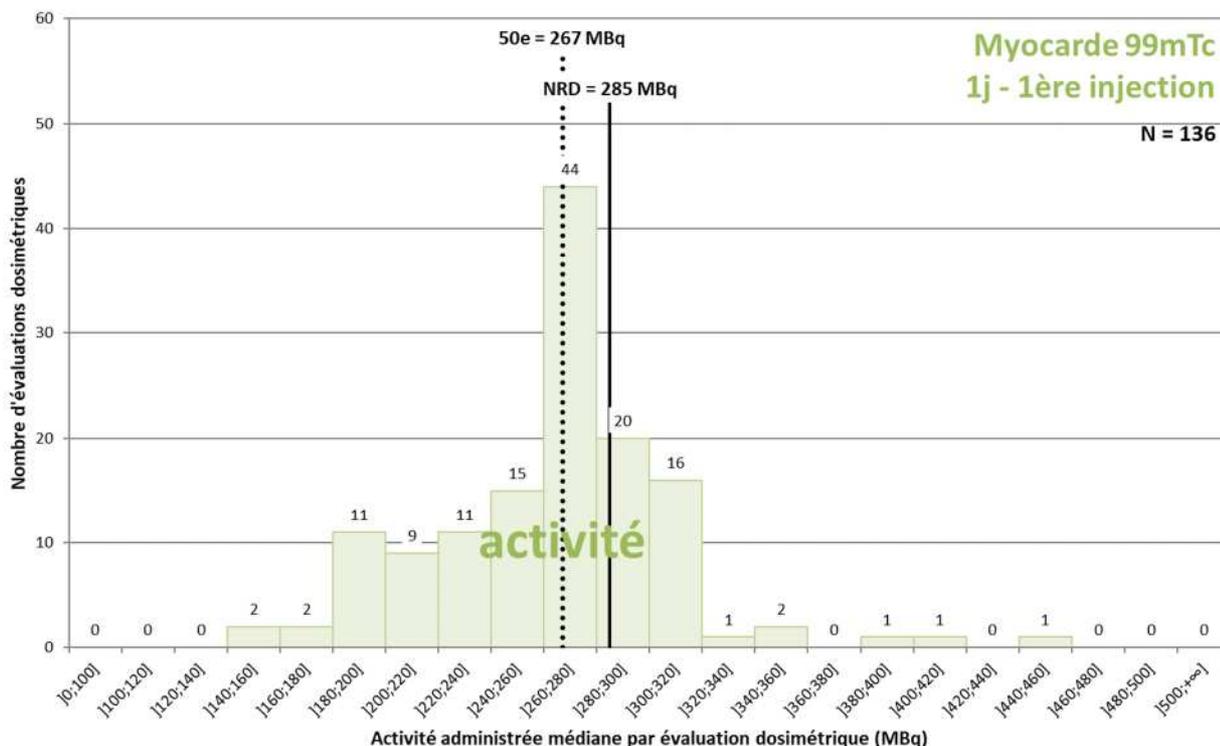


Figure 123 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée lors de la première injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium <sup>99m</sup> chez l'adulte.

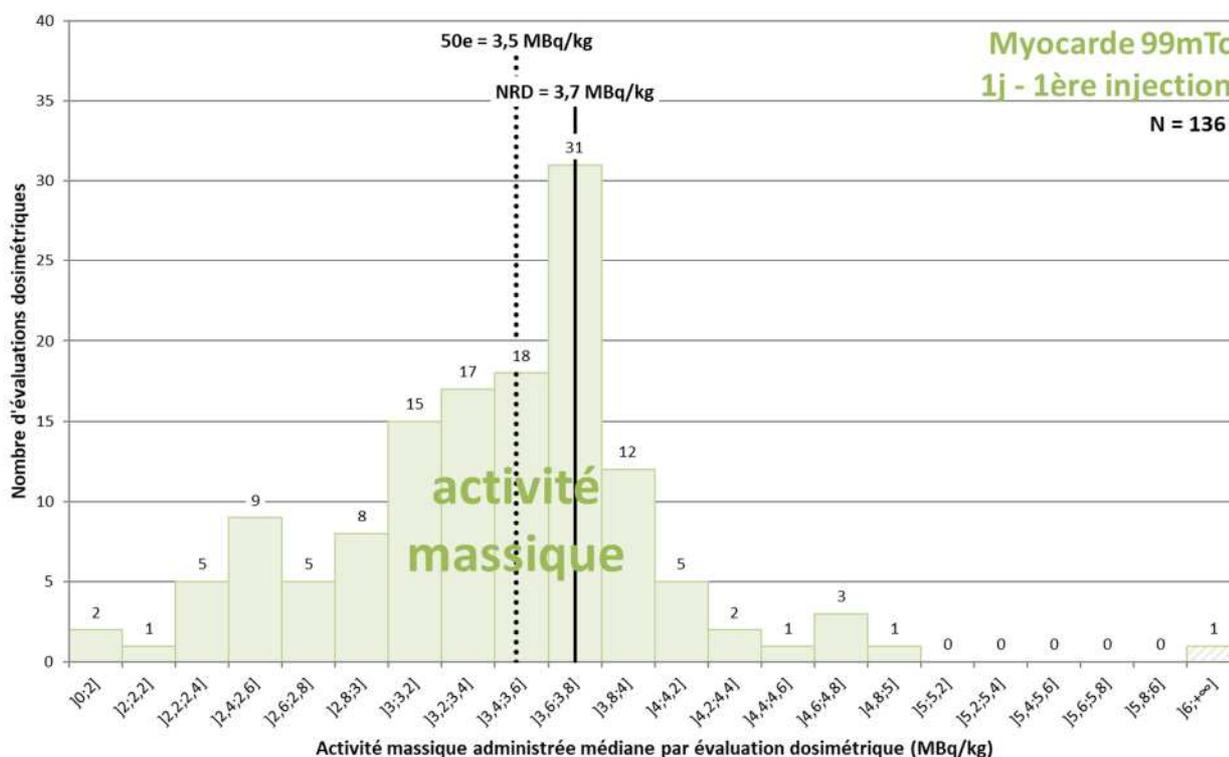


Figure 124 : Distribution des valeurs médianes de l'activité massique administrée lors de la première injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium <sup>99m</sup> chez l'adulte.

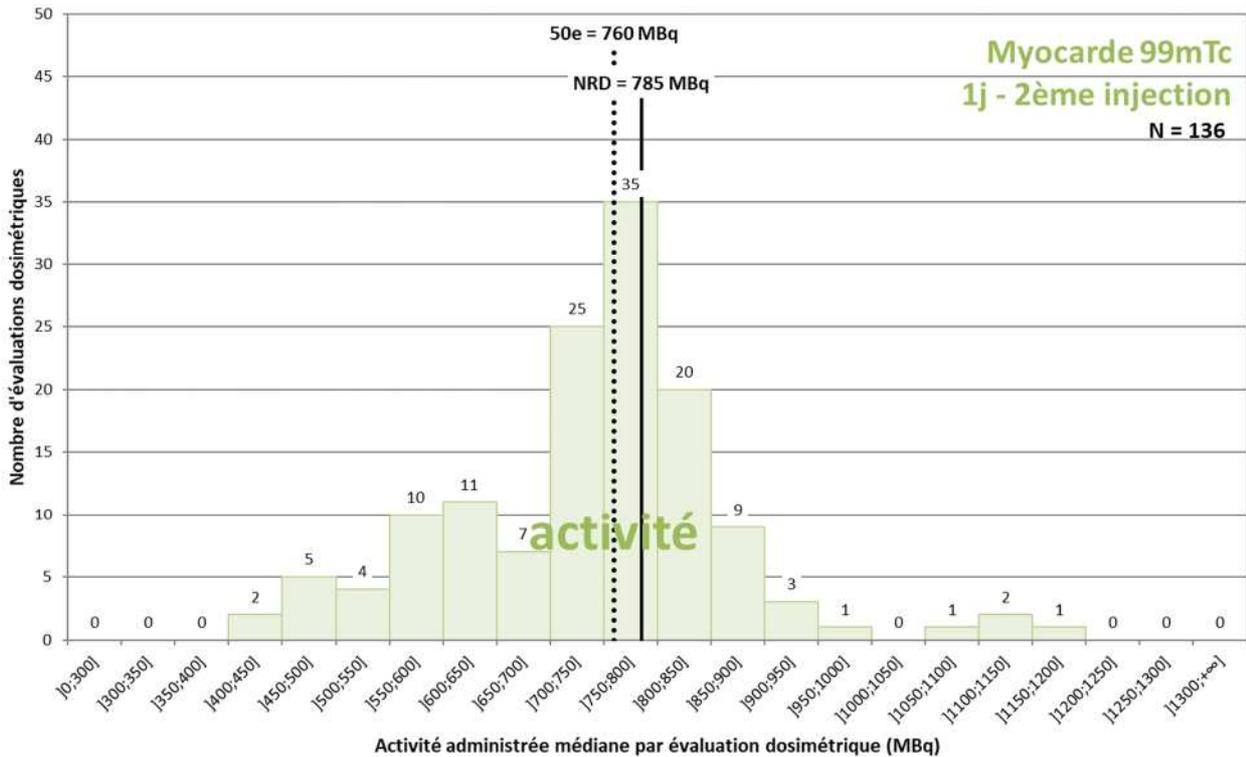


Figure 125 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée lors de la deuxième injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

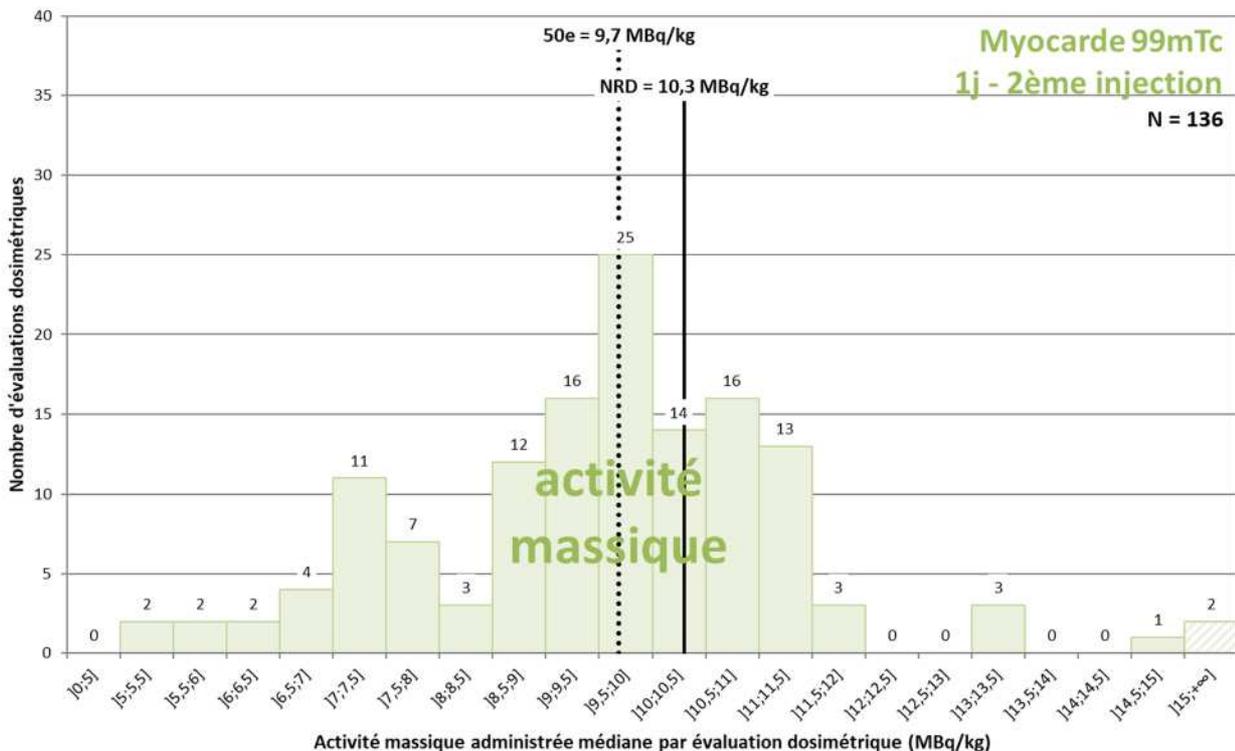


Figure 126 : Distribution des valeurs médianes de l'activité massique administrée lors de la deuxième injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

Tableau 58 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées lors de la **première injection** résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

### Tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>99m</sup> Tc-MIBI, <sup>99m</sup> Tc-tétrofosmine	
Protocole et injection	Protocole 1 jour : première injection	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur (NRD 2019)	285	3,7
<b>Période considérée</b>		
	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	136	136
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50° centile	267	3,48
Valeurs minimale - maximale	148 - 450	1,70 - 6,08
Nombre de dépassements du NRD 2019	39 (29 %)	39 (29 %)

Tableau 59 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées lors de la **deuxième injection** résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

### Tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>99m</sup> Tc-MIBI, <sup>99m</sup> Tc-tétrofosmine	
Protocole et injection	Protocole 1 jour : deuxième injection	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur (NRD 2019)	785	10,3
<b>Période considérée</b>		
	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	136	136
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50° centile	760	9,7
Valeurs minimale - maximale	426 - 1152	5,2 - 15,3
Nombre de dépassements du NRD 2019	51 (38 %)	45 (33 %)

## Évolution depuis 2011

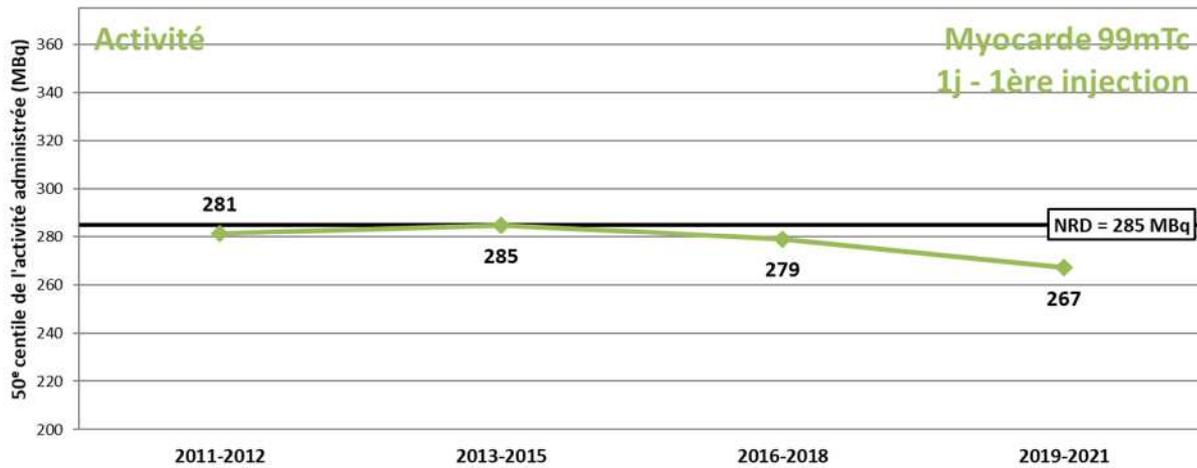


Figure 127 : Évolution du 50e centile de l'activité administrée lors de la première injection du protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

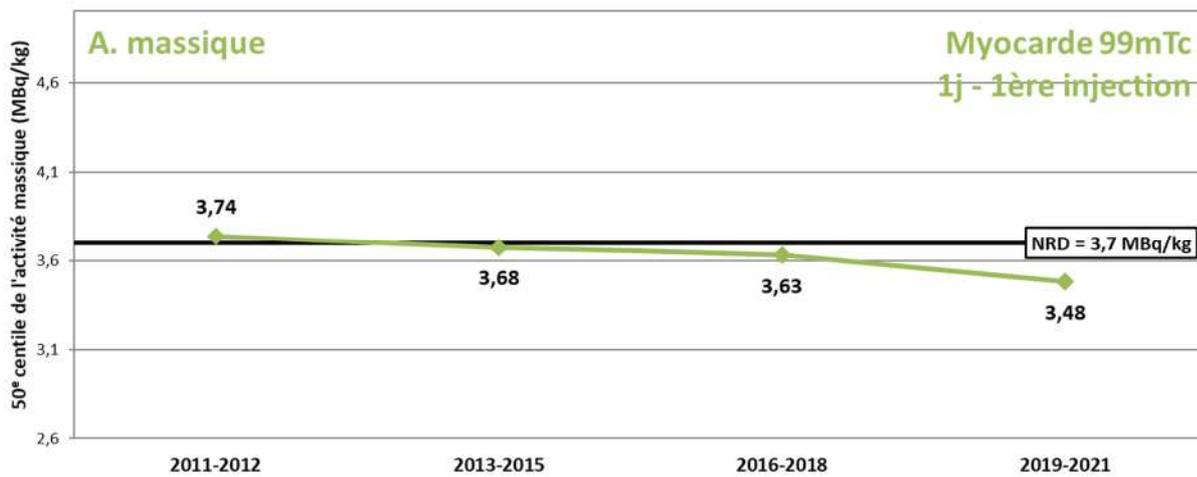


Figure 128 : Évolution du 50e centile de l'activité massique administrée lors de la première injection du protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

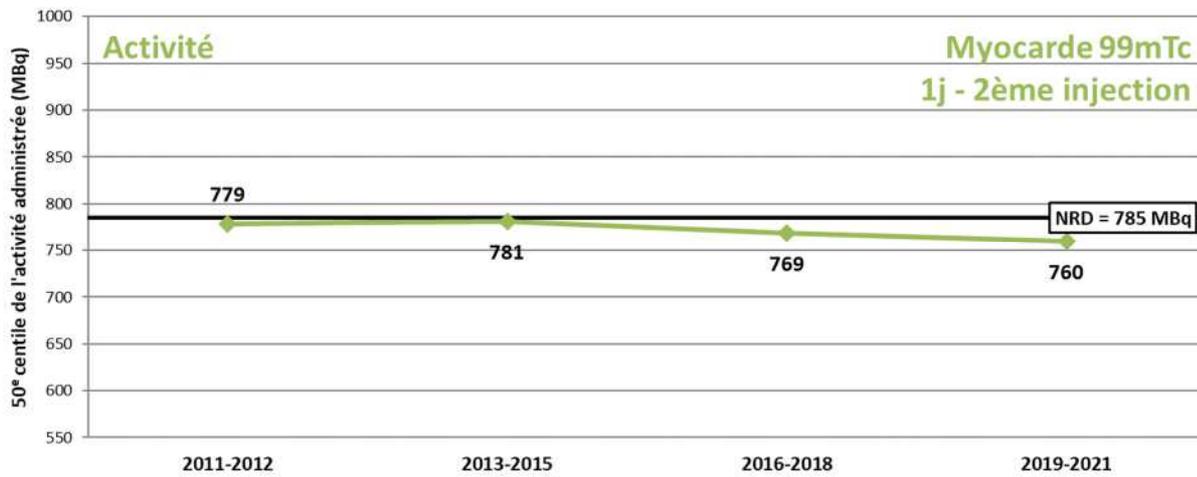


Figure 129 : Évolution du 50e centile de l'activité administrée lors de la deuxième injection du protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

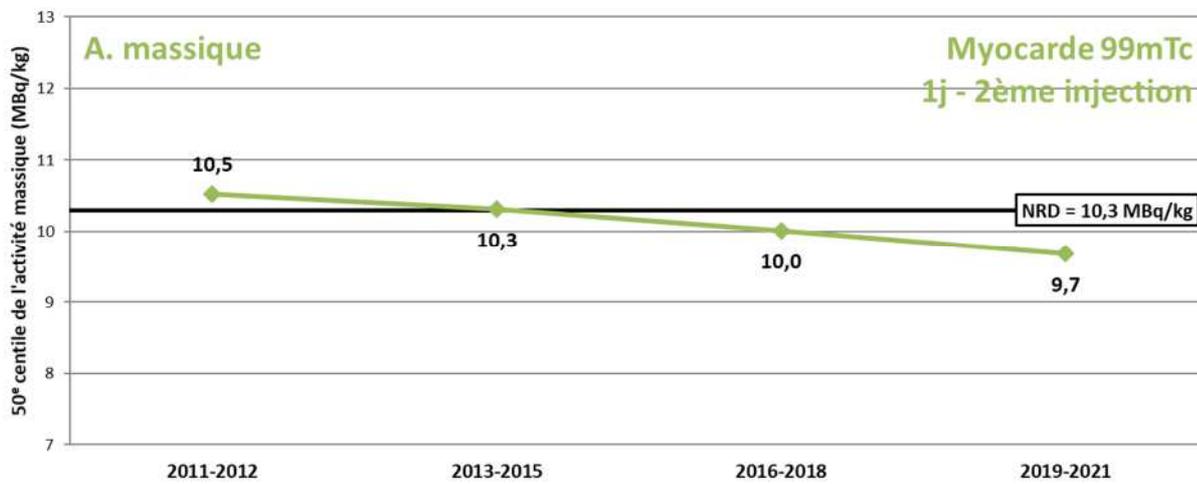


Figure 130 : Évolution du 50e centile de l'activité massique administrée lors de la deuxième injection du protocole 1 jour de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Tomoscintigraphie myocardique <sup>99m</sup>Tc : 2 jours

Analyse des données 2019-2021

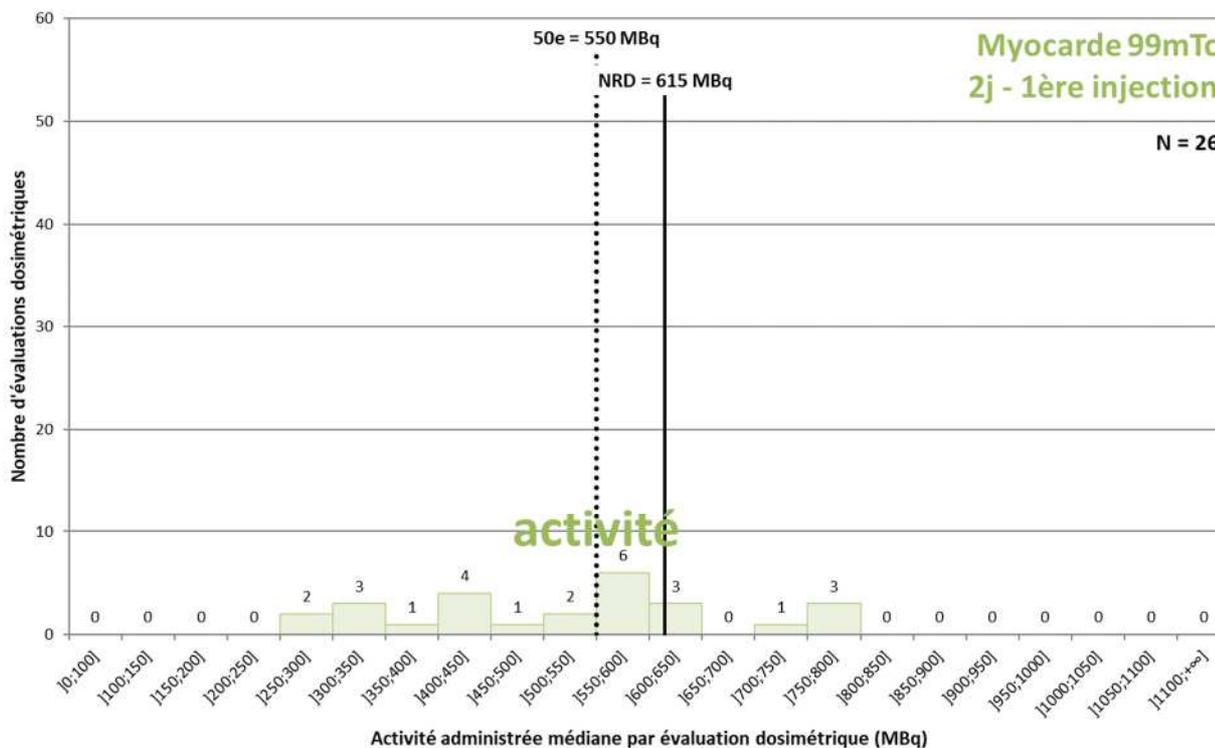


Figure 131 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée lors de la première injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 2 jours de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium <sup>99m</sup> chez l'adulte.

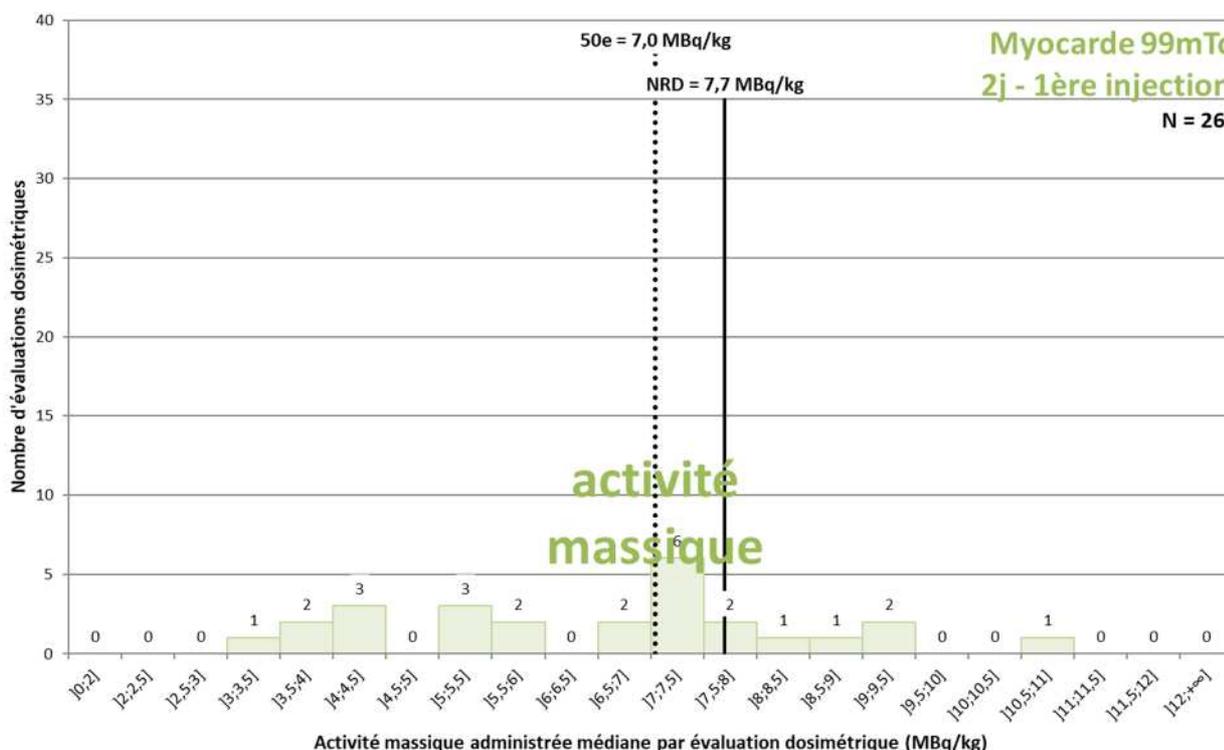


Figure 132 : Distribution des valeurs médianes de l'activité massique administrée lors de la première injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 2 jours de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium <sup>99m</sup> chez l'adulte.

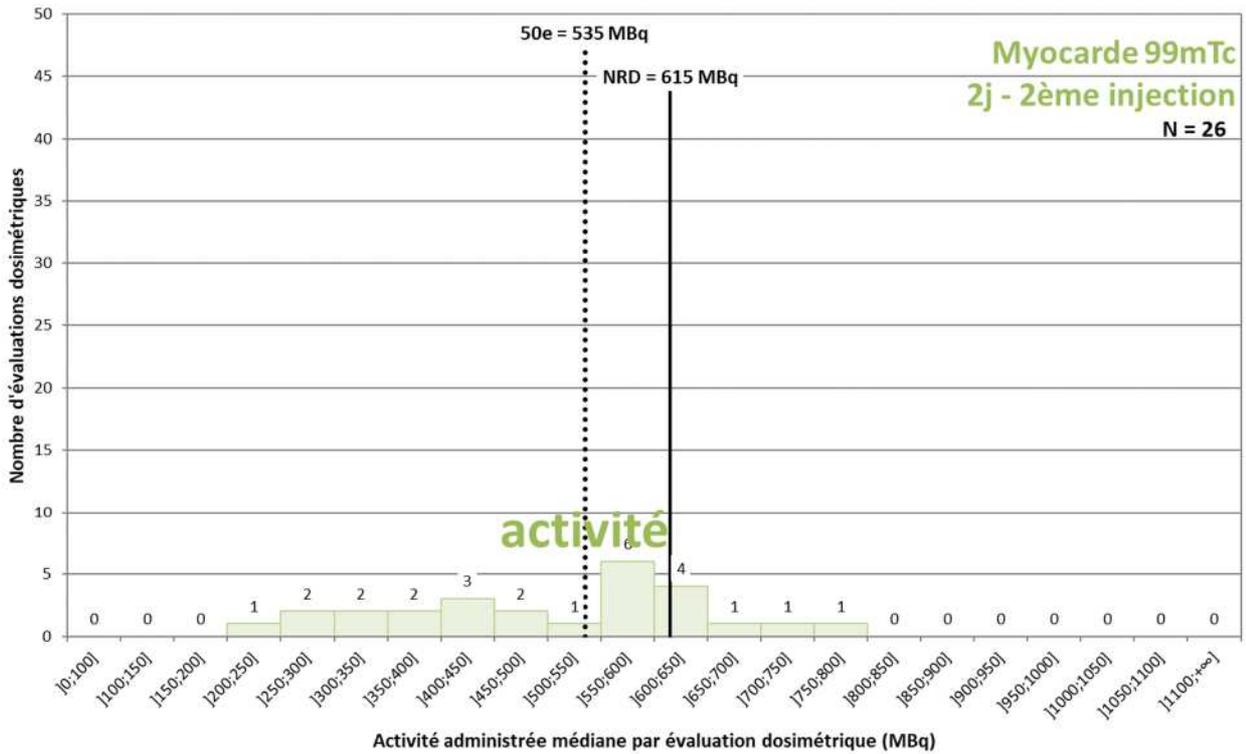


Figure 133 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée lors de la deuxième injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 2 jours de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

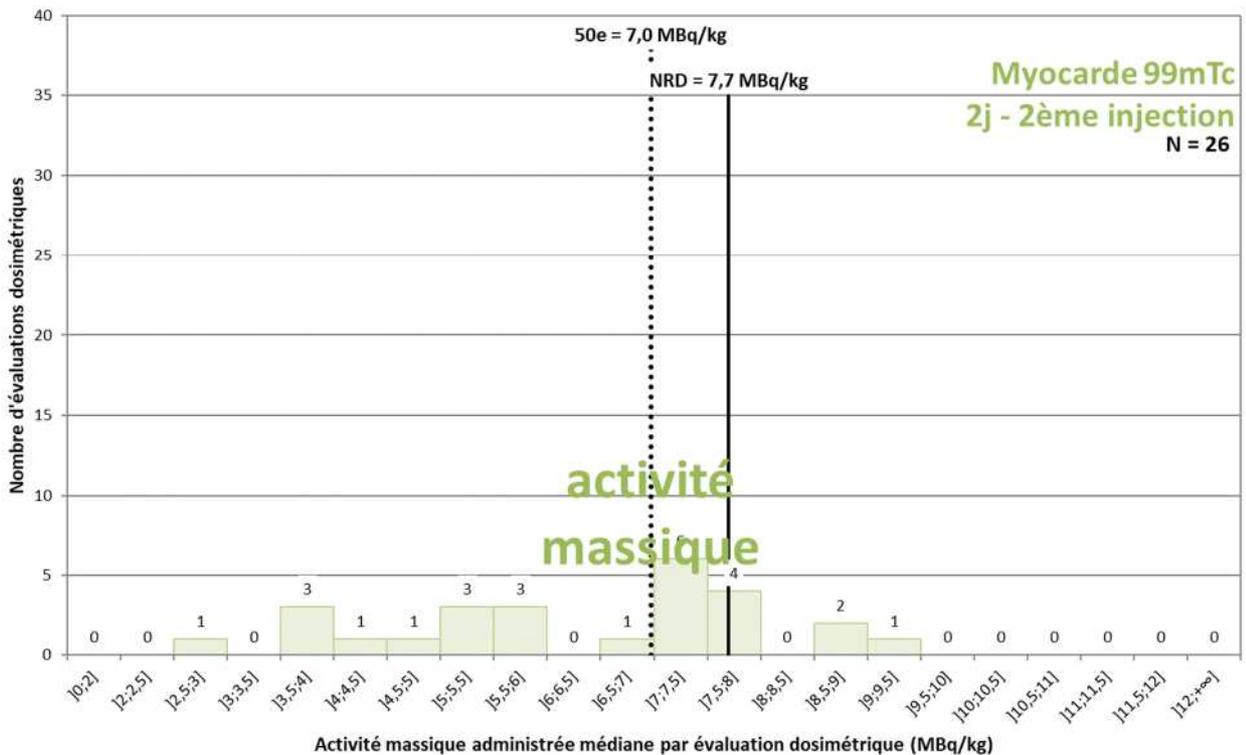


Figure 134 : Distribution des valeurs médianes de l'activité massique administrée lors de la deuxième injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 2 jours de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

Tableau 60 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées lors de la **première injection** résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 2 jours de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

### Tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>99m</sup> Tc-MIBI, <sup>99m</sup> Tc-tétrofosmine	
Protocole et injection	Protocole 2 jours : première injection	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	615	7,7
<b>Période considérée</b>		
	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	26	26
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	550	7,0
Valeurs minimale - maximale	278 - 771	3,4 - 10,8
Nombre de dépassements du NRD	6 (23 %)	7 (27 %)

Tableau 61 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées lors de la **deuxième injection** résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour le protocole 2 jours de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m chez l'adulte.

### Tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>99m</sup> Tc-MIBI, <sup>99m</sup> Tc-tétrofosmine	
Protocole et injection	Protocole 2 jours : deuxième injection	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	615	7,7
<b>Période considérée</b>		
	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	26	26
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	535	7,0
Valeurs minimale - maximale	229 - 771	2,9 - 9,3
Nombre de dépassements du NRD	5 (19 %)	4 (15 %)

#### Évolution depuis 2011

Compte tenu du nombre très faible d'évaluations dosimétriques reçues chaque année concernant le protocole 2 jours de la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au technétium 99m, il n'apparaît pas pertinent de présenter des courbes dont les variations sont plus liées à la faiblesse statistique des données qu'à l'évolution des activités administrées au fil du temps.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Tomoscintigraphie myocardique <sup>201</sup>Tl

Analyse des données 2019-2021

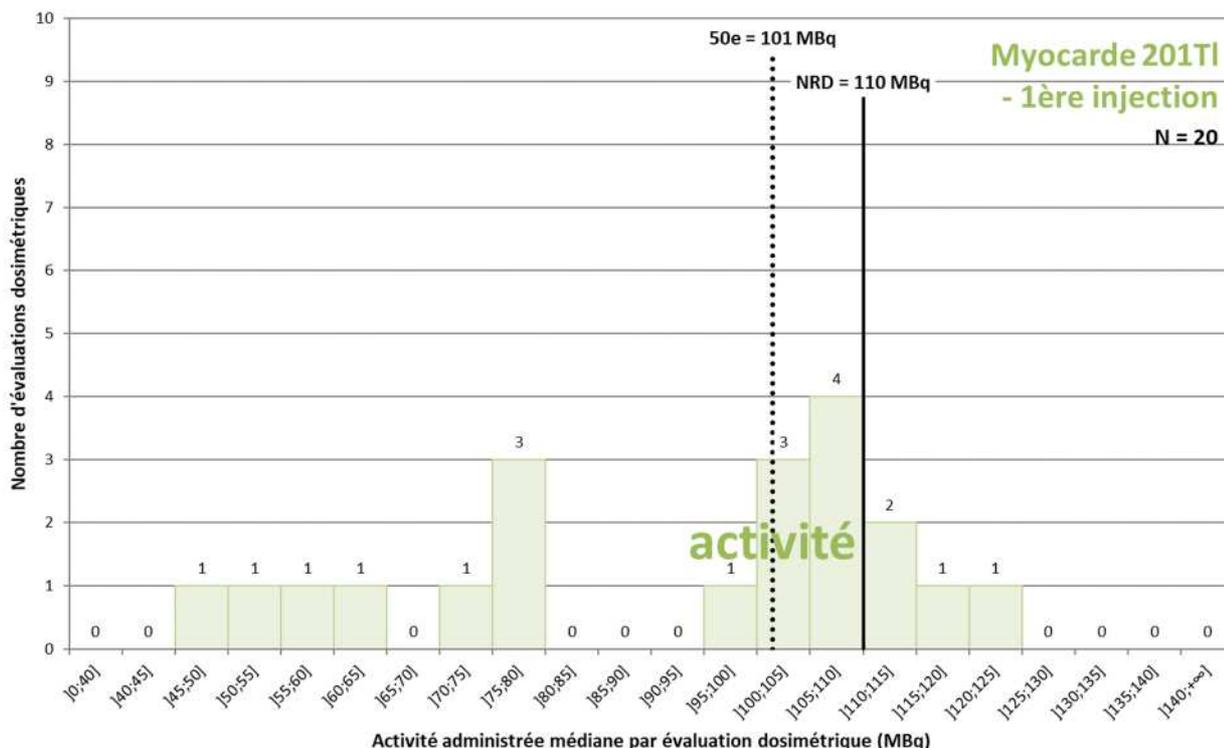


Figure 135 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée lors de la première injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au thallium 201.

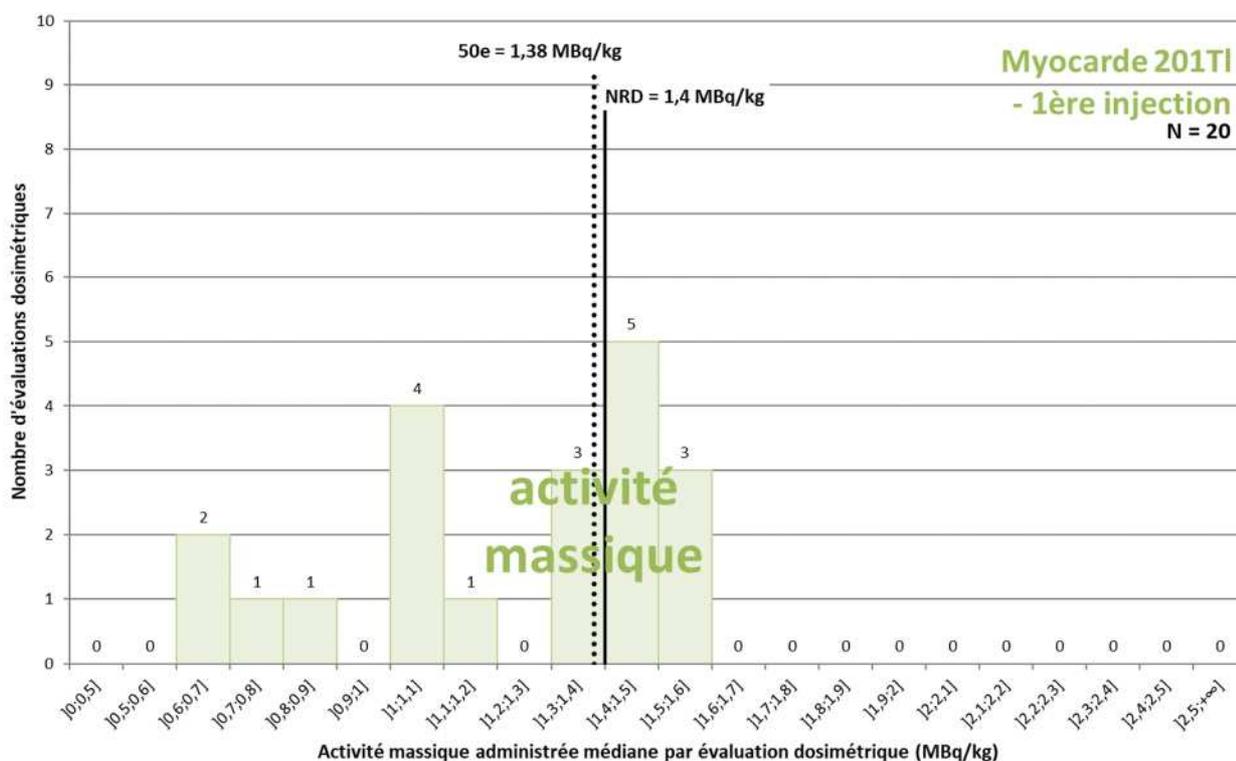


Figure 136 Distribution des valeurs médianes de l'activité massique administrée lors de la première injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au thallium 201.

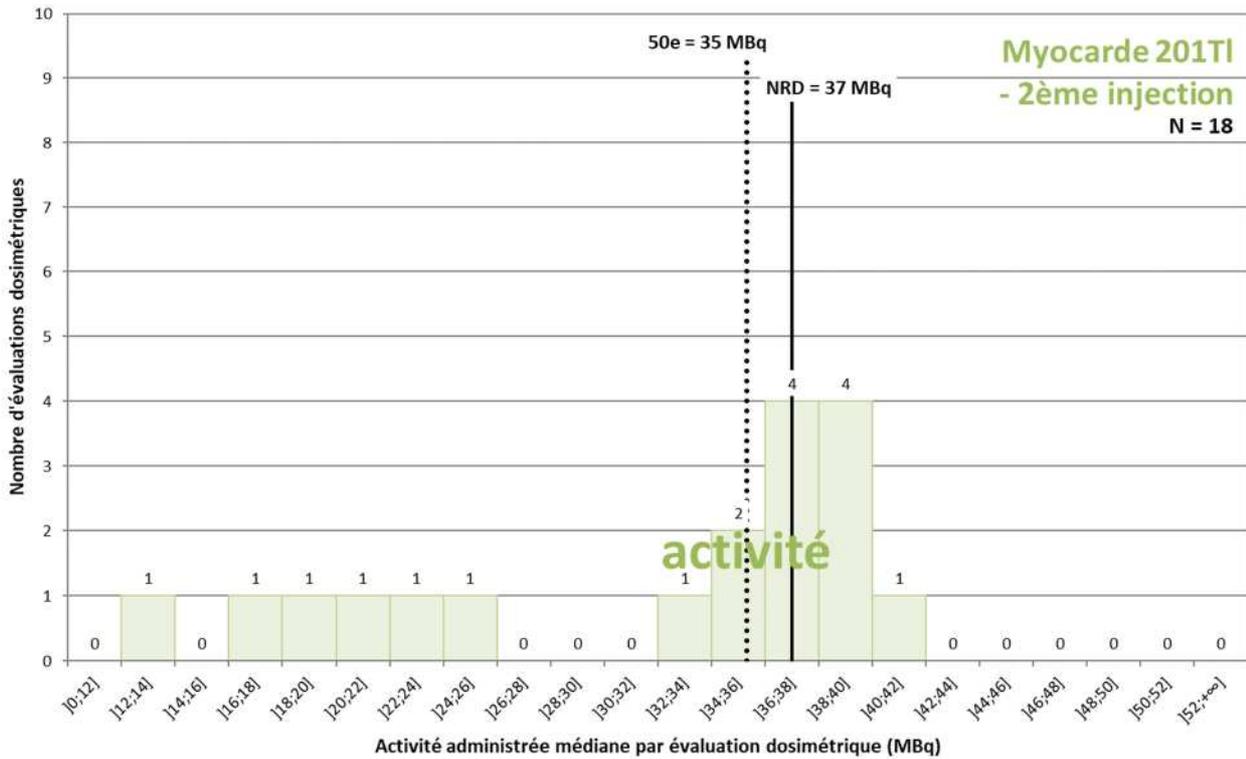


Figure 137 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée lors de la deuxième injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au thallium 201.

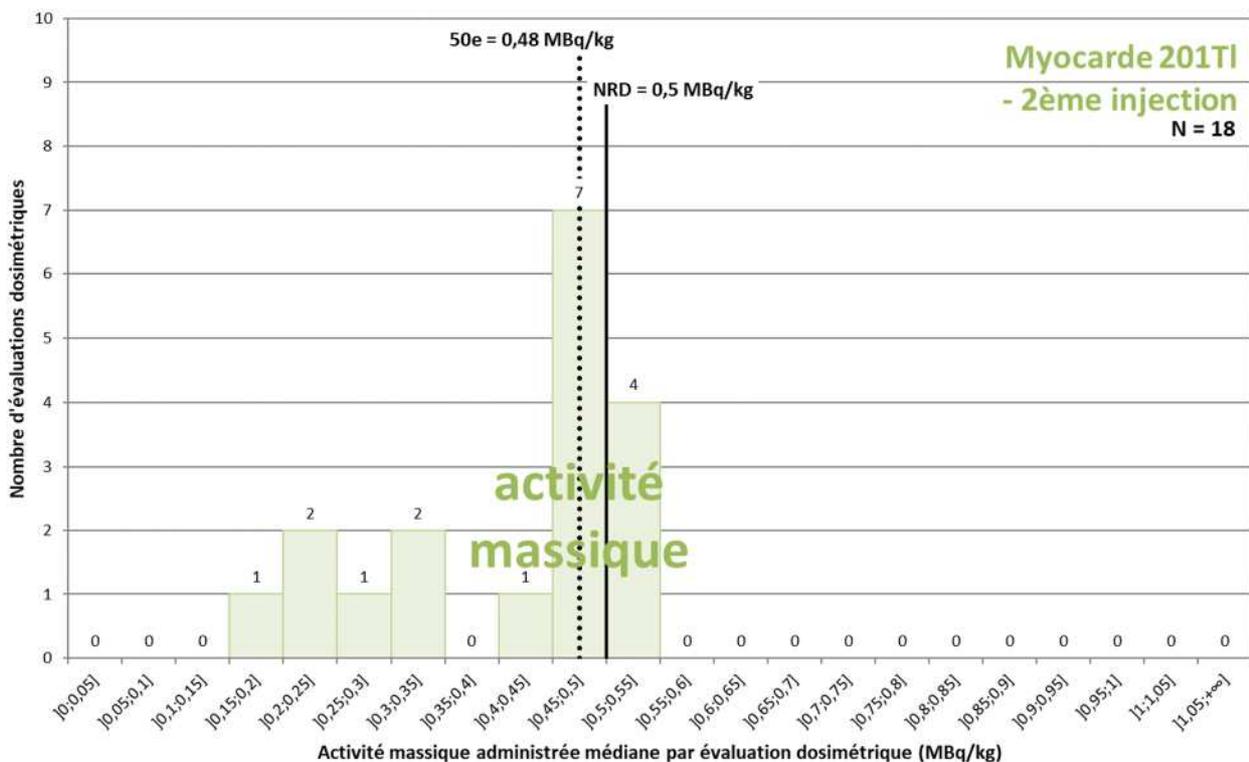


Figure 138 : Distribution des valeurs médianes de l'activité massique administrée lors de la deuxième injection résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au thallium 201.

Tableau 62 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées lors de la **première injection** résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au thallium 201.

### Tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>201</sup> Tl (chlorure)	
Protocole et injection	Première injection	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	110	1,4
<b>Période considérée</b>		
	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	20	20
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	101	1,38
Valeurs minimale - maximale	47 - 123	0,7 - 1,5
Nombre de dépassements du NRD	4 (20 %)	8 (40 %)

Tableau 63 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées lors de la **deuxième injection** résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au thallium 201.

### Tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>201</sup> Tl (chlorure)	
Protocole et injection	Deuxième injection	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	37	0,5
<b>Période considérée</b>		
	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	18	18
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	35	0,48
Valeurs minimale - maximale	14 - 41	0,2 - 0,5
Nombre de dépassements du NRD	6 (33 %)	3 (17 %)

#### Évolution depuis 2011

Compte tenu du nombre très faible d'évaluations dosimétriques reçues chaque année concernant la tomoscintigraphie myocardique avec épreuve d'effort et/ou stimulation pharmacologique au thallium 201, il n'apparaît pas pertinent de présenter des courbes dont les variations sont plus liées à la faiblesse statistique des données qu'à l'évolution des activités administrées au fil du temps.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie des cavités cardiaques (FEVG) <sup>99m</sup>Tc

Analyse des données 2019-2021

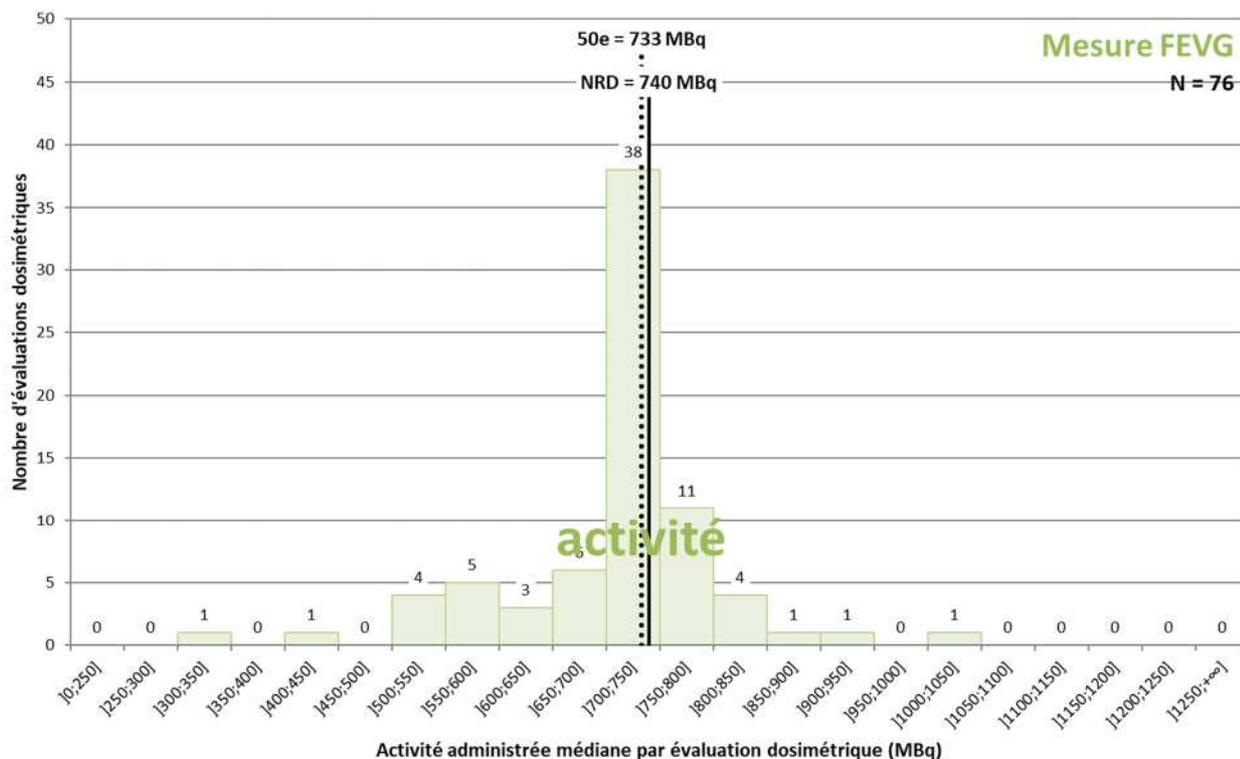


Figure 139 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie des cavités cardiaques pour mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) à l'équilibre chez l'adulte.

Tableau 64 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie des cavités cardiaques pour mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) à l'équilibre chez l'adulte.

### Scintigraphie des cavités cardiaques pour mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche à l'équilibre

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>99m</sup> Tc-sérum albumine humaine / érythrocytes	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	740	-
Période considérée	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	76	76
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	733	10,3
Valeurs minimale - maximale	310 - 1017	4,7 - 12,7
Nombre de dépassements du NRD	27 (36 %)	1 (1 %)

## Évolution depuis 2011

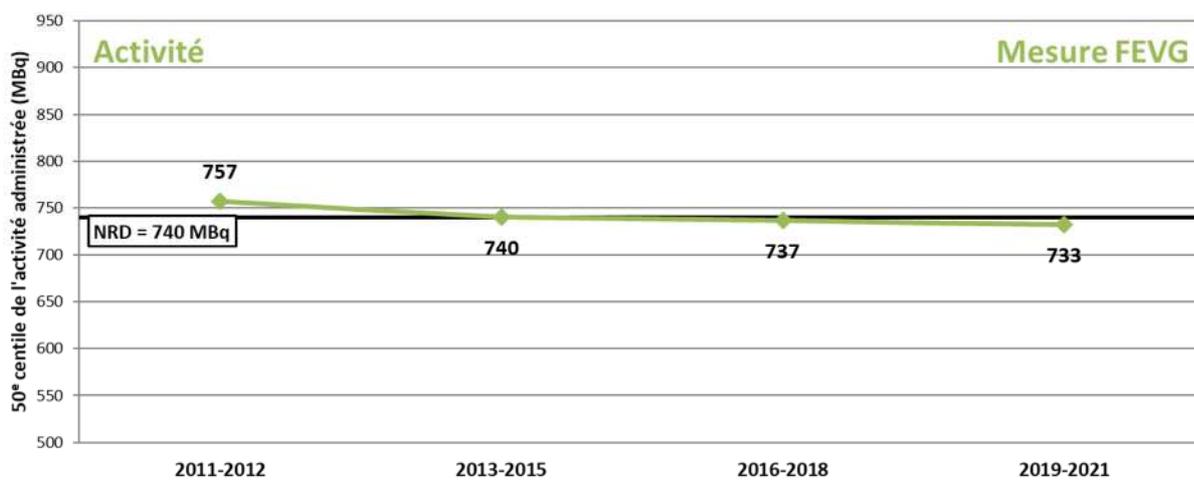


Figure 140 : Évolution du 50<sup>e</sup> centile de l'activité administrée pour la scintigraphie des cavités cardiaques pour mesure de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) à l'équilibre chez l'adulte.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Scintigraphie rénale dynamique <sup>99m</sup>Tc

Analyse des données 2019-2021

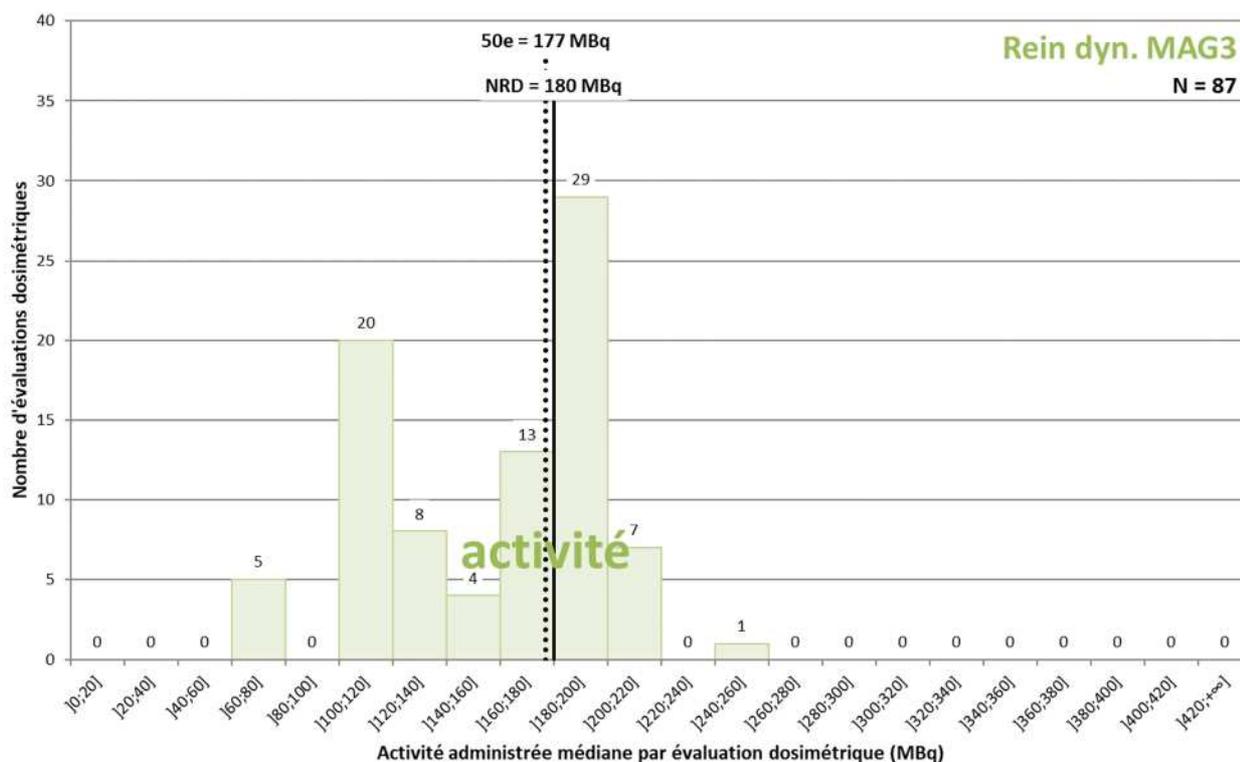


Figure 141 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie rénale dynamique au <sup>99m</sup>Tc-MAG3 chez l'adulte.

Tableau 65 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la scintigraphie rénale dynamique au <sup>99m</sup>Tc-MAG3 chez l'adulte.

### Scintigraphie rénale dynamique

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>99m</sup> Tc-MAG3	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	180	-
Période considérée	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	87	87
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	177	2,5
Valeurs minimale - maximale	69 - 245	1,0 - 3,4
Nombre de dépassements du NRD	37 (43 %)	1 (1 %)

## Évolution depuis 2011

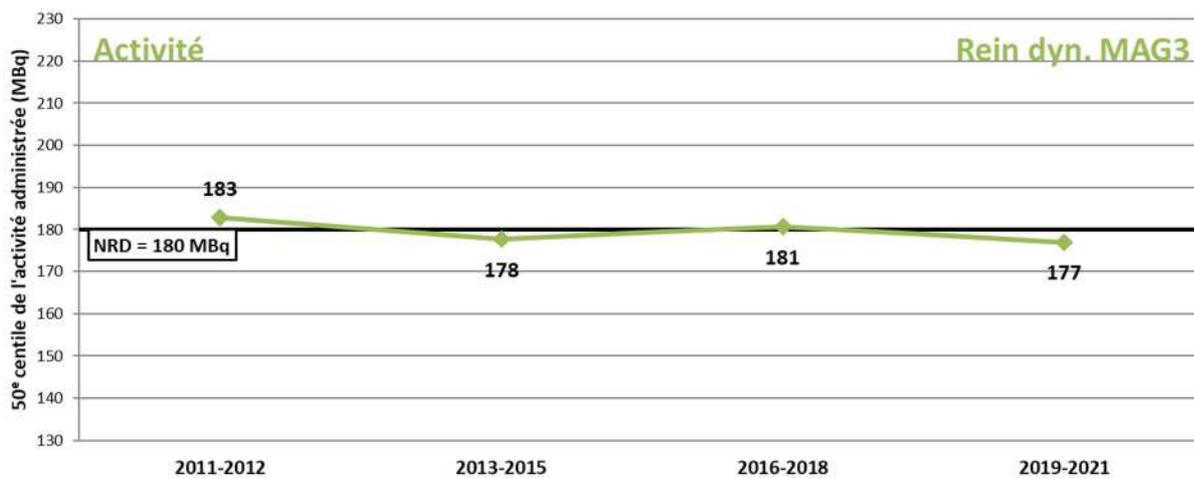


Figure 142 : Évolution du 50<sup>e</sup> centile de l'activité administrée pour la scintigraphie rénale dynamique au <sup>99m</sup>Tc-MAG3 chez l'adulte.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – Tomographie par émission de positons <sup>18</sup>F-FDG

Analyse des données 2019-2021

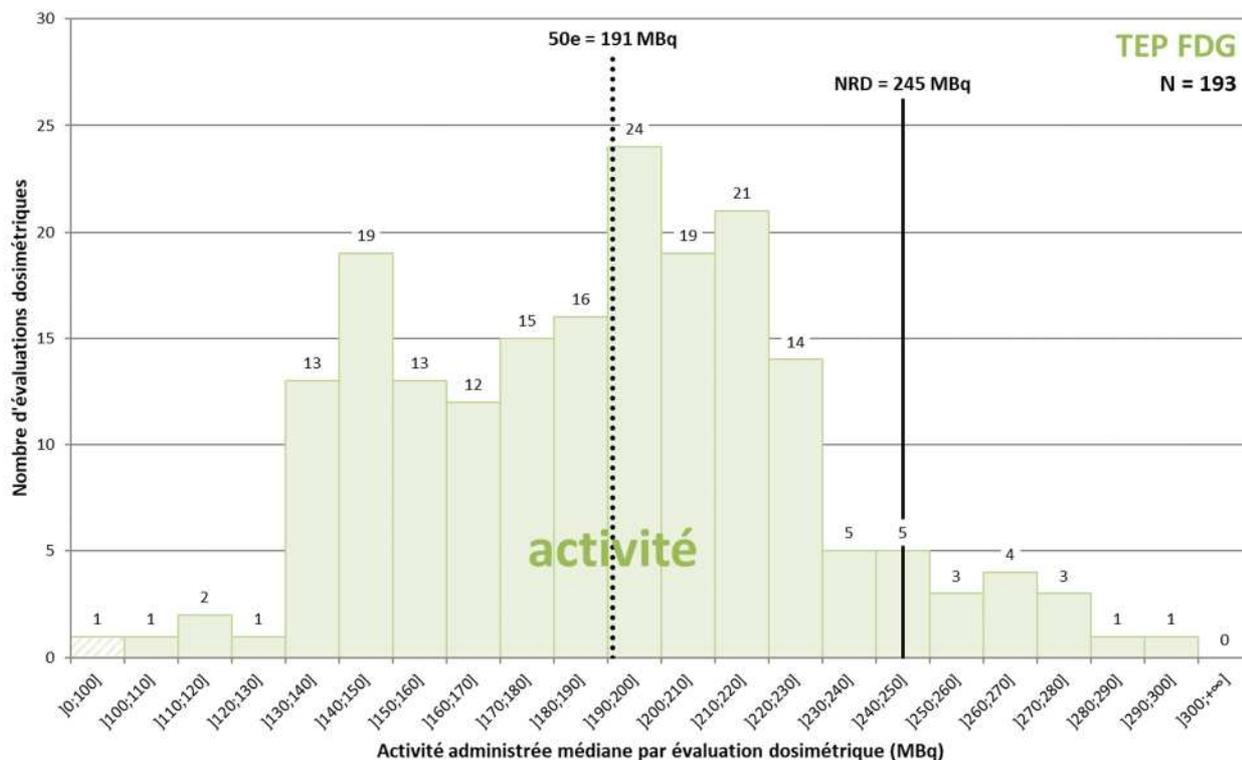


Figure 143 : Distribution des valeurs médianes de l'activité administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomographie par émission de positons au 18F-fluorodéoxyglucose chez l'adulte.

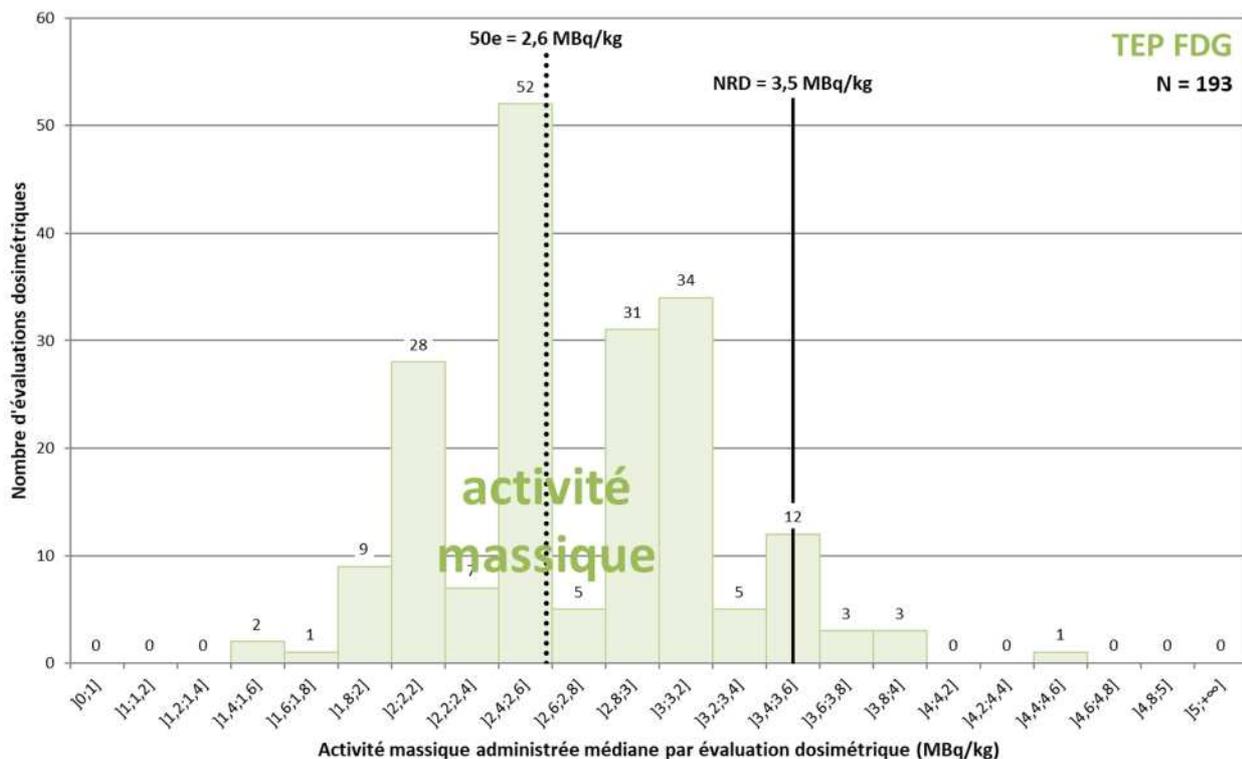


Figure 144 : Distribution des valeurs médianes de l'activité massique administrée résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomographie par émission de positons au 18F-fluorodéoxyglucose chez l'adulte.

Tableau 66 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes d'activité et d'activité massique administrées résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la tomographie par émission de positons au 18F-fluorodéoxyglucose chez l'adulte.

### Tomographie par émission de positons au <sup>18</sup>F-fluorodéoxyglucose

Médicament(s) radiopharmaceutique(s)	<sup>18</sup> F-FDG	
Grandeur dosimétrique	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
NRD en vigueur	245	3,5
<b>Période considérée</b>		
	2019 - 2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	193	193
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	Activité administrée (MBq)	Activité massique administrée (MBq/kg)
50 <sup>e</sup> centile	191	2,6
Valeurs minimale - maximale	96 - 292	1,5 - 4,5
Nombre de dépassements du NRD	15 (8 %)	11 (6 %)

#### Évolution depuis 2011

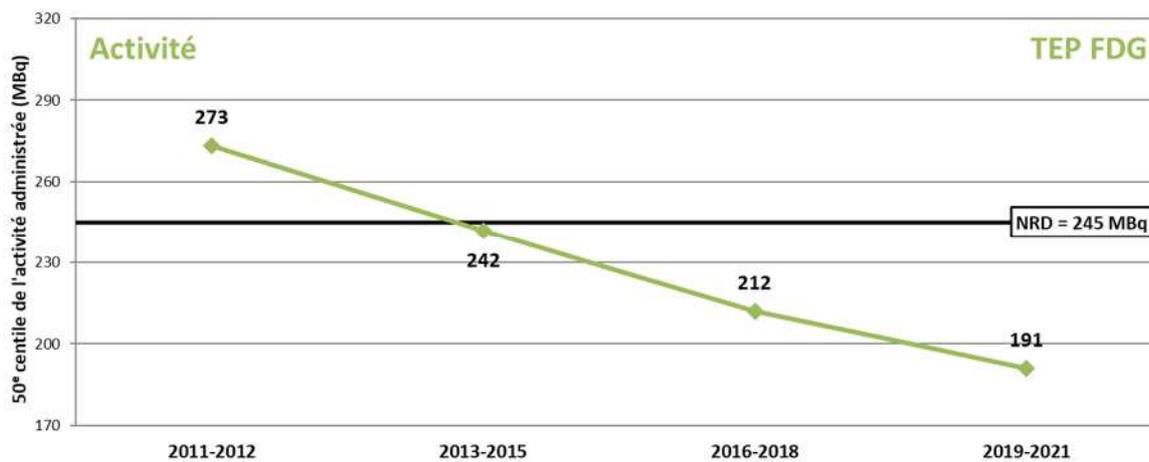


Figure 145 : Évolution du 50e centile de l'activité administrée pour la tomographie par émission de positons au 18F-fluorodéoxyglucose chez l'adulte.

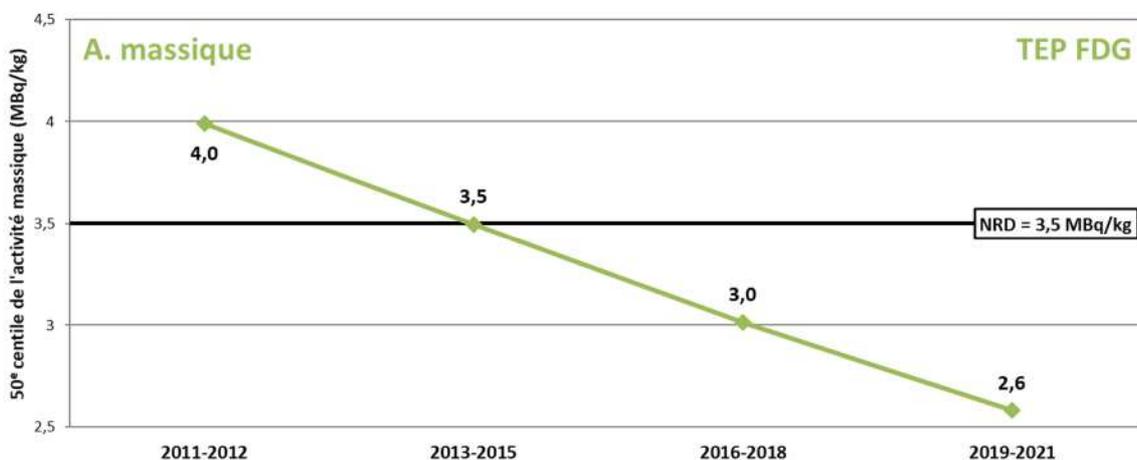


Figure 146 : Évolution du 50e centile de l'activité massique administrée pour la tomographie par émission de positons au 18F-fluorodéoxyglucose chez l'adulte.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – TEP-TDM corps entier, balayage jusqu'à mi-cuisses (partie scanographique)

Analyse des données 2019-2021

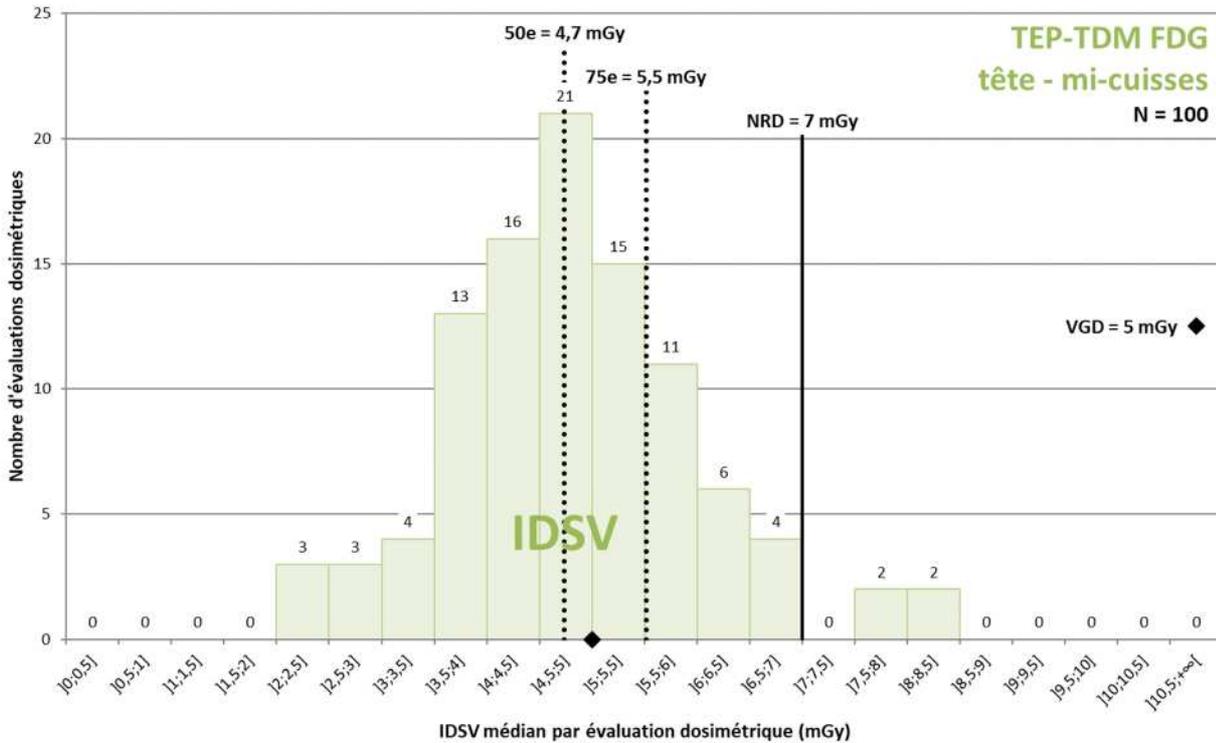


Figure 147 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la partie scanographique d'un acte de TEP-TDM au FDG corps entier, balayage jusqu'à mi-cuisses chez l'adulte.

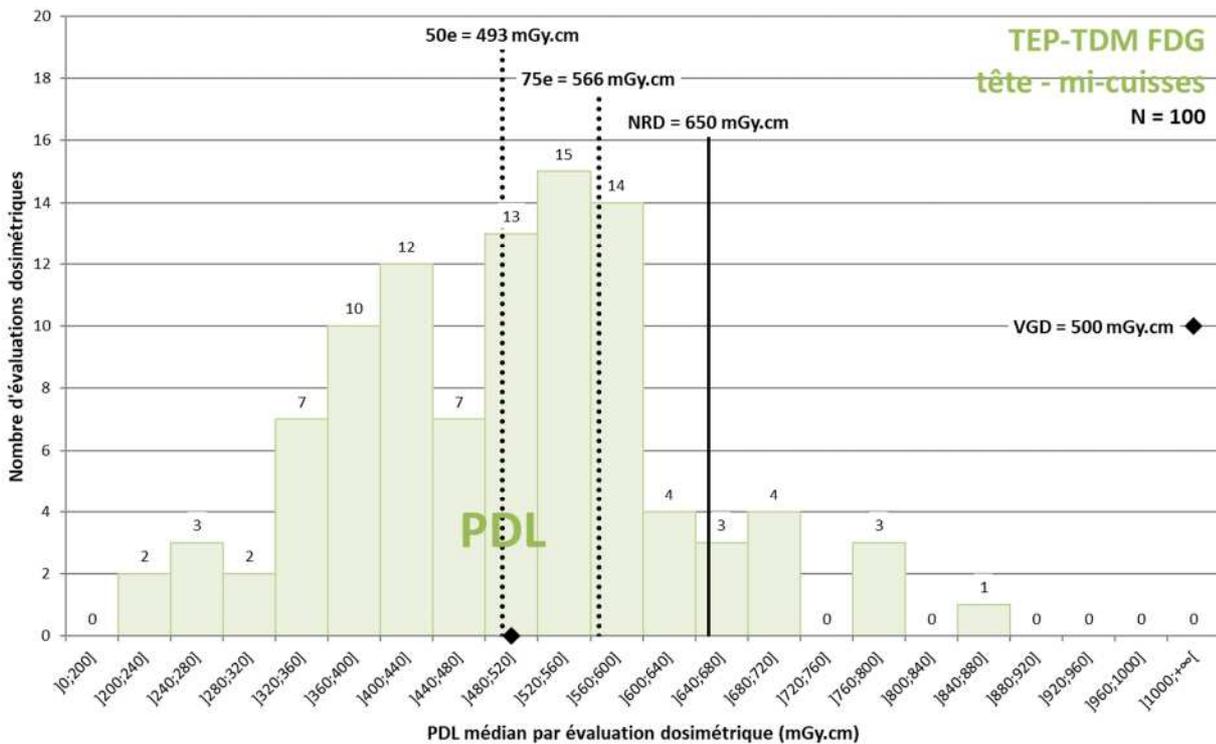


Figure 148 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la partie scanographique d'un acte de TEP-TDM au FDG corps entier, balayage jusqu'à mi-cuisses chez l'adulte.

Tableau 67 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la partie scanographique d'un acte TEP-TDM au FDG corps entier balayage jusqu'à mi-cuisses chez l'adulte.

### Partie scanographique d'un acte TEP-TDM au FDG corps entier balayage jusqu'à mi-cuisses

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	7	650
VGD en vigueur	5	500
<b>Période considérée</b>		
	<b>2019-2021</b>	
Nombre d'évaluations dosimétriques	100	100
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	5,5	566
50° centile	4,7	493
Valeurs minimale - maximale	2,2 - 8,1	217 - 854
Nombre de dépassements du NRD	4 (4,0 %)	10 (10,0 %)

#### Évolution depuis 2011

La partie scanographique d'un acte de TEP-TDM au FDG corps entier balayage jusqu'à mi-cuisses chez l'adulte a été introduite dans la liste des examens soumis aux NRD par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2019.

## Médecine nucléaire chez l'adulte – TEP-TDM corps entier, balayage jusqu'aux pieds (partie scanographique)

Analyse des données 2019-2021

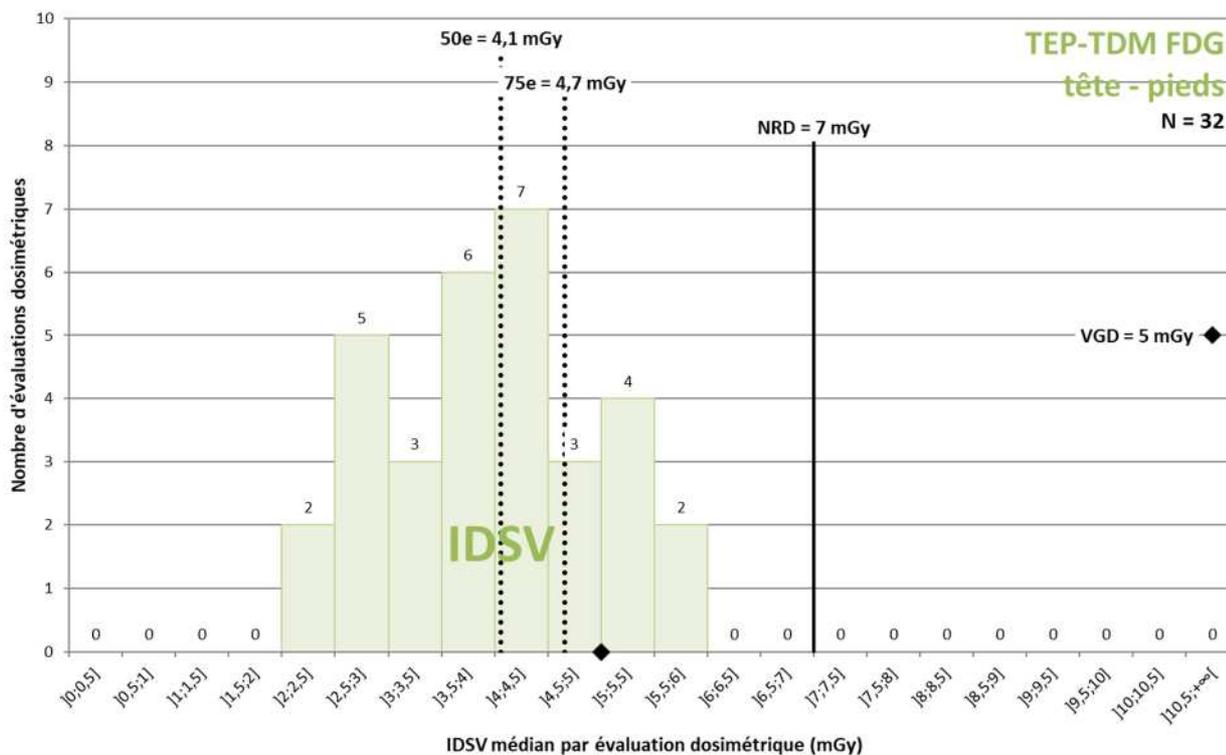


Figure 149 : Distribution des valeurs médianes de l'indice de dose scanographique du volume (IDSV) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la partie scanographique d'un acte de TEP-TDM au FDG corps entier, balayage jusqu'aux pieds chez l'adulte.

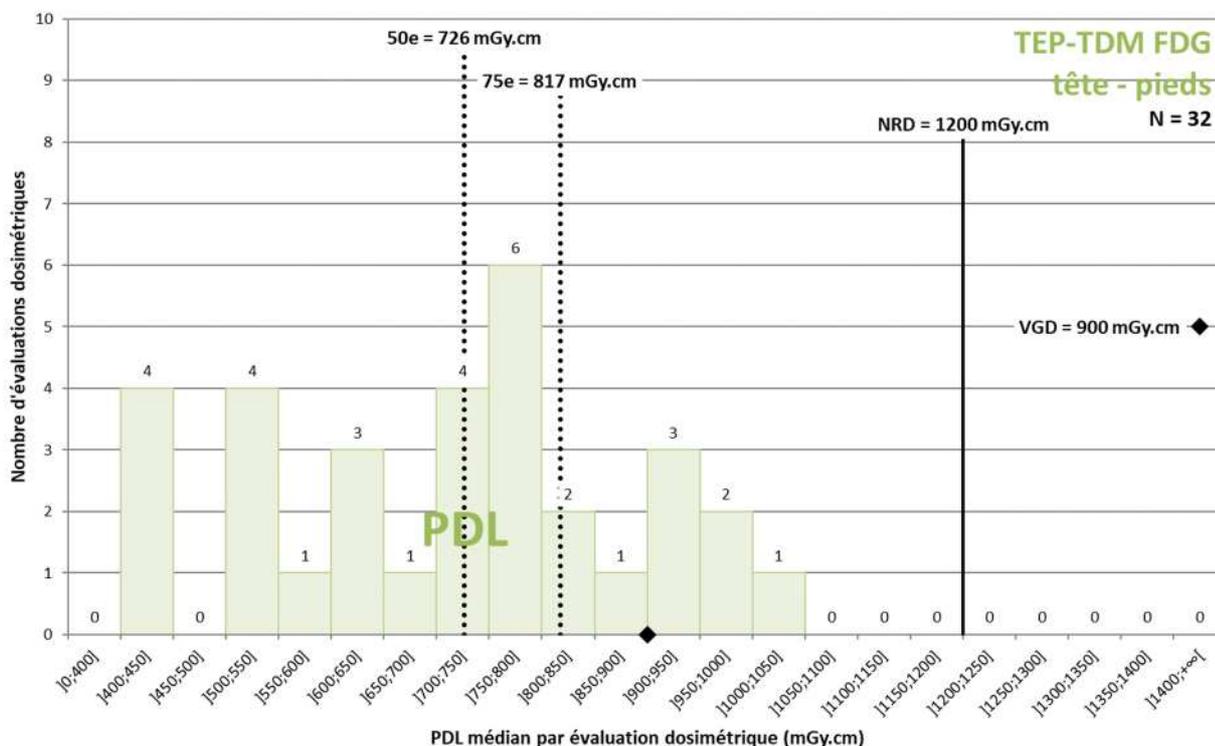


Figure 150 : Distribution des valeurs médianes du produit dose.longueur (PDL) résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la partie scanographique d'un acte de TEP-TDM au FDG corps entier, balayage jusqu'aux pieds chez l'adulte.

Tableau 68 : Données statistiques associées à la distribution des valeurs médianes de l'IDSV et du PDL résultant des évaluations dosimétriques réalisées pour la partie scanographique d'un acte de TEP-TDM au FDG corps entier, balayage jusqu'aux pieds chez l'adulte.

### Partie scanographique d'un acte TEP-TDM au FDG corps entier balayage jusqu'aux pieds

Grandeur dosimétrique	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
NRD en vigueur	7	1200
VGD en vigueur	5	900
<b>Période considérée</b>		
	2019-2021	
Nombre d'évaluations dosimétriques	32	32
<b>Grandeur dosimétrique</b>		
	IDSV (mGy)	PDL (mGy.cm)
75° centile	4,7	817
50° centile	4,1	726
Valeurs minimale - maximale	2,5 - 5,8	421 - 1034
Nombre de dépassements du NRD	0	0

#### Évolution depuis 2011

La partie scanographique d'un acte TEP-TDM au FDG corps entier balayage jusqu'aux pieds chez l'adulte a été introduite dans la liste des examens soumis aux NRD par la décision de l'ASN n°2019-DC-0667. Le recueil de données pour cet examen n'a donc débuté qu'en 2019.

**IRSN**  
**Pôle Santé et Environnement**  
Direction de la Santé

**E-mail**  
contact@irsn.fr

**N° du rapport**  
Rapport IRSN 2023 - 00333  
Tous droits réservés IRSN  
Juin 2023

Photo de couverture :

Julien Frandon, radiologue et Hélène Mohammad, interne, durant une embolisation de l'artère prostatique dans une salle de radiologie interventionnelle du service imagerie médicale du CHU de Nîmes. Sophie Brändström/Signatures/Médiathèque IRSN



31, avenue de la division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses  
RCS Nanterre B 440 546 018

**COURRIER**

B.P 17  
92260 Fontenay-aux-Roses Cedex

**TÉLÉPHONE**

+33 (0)1 58 35 88 88

**SITE INTERNET**

[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

**Email**

[contact@irsn.fr](mailto:contact@irsn.fr)

 [@IRSNFrance](https://twitter.com/IRSNFrance)