

IRSN

INSTITUT
DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

Faire avancer la sûreté nucléaire

Exposition des enfants aux rayonnements ionisants due aux actes d'imagerie médicale diagnostique réalisés en France en 2015

Étude ExPRI pédiatrique 2015

Rapport n° PSE-SANTE/SER/2018-00004

Pôle Santé et Environnement

Service d'études et d'expertise en radioprotection

Table des matières

1	INTRODUCTION	8
2	CHOIX DES TYPES D'ACTE ET DETERMINATION DE LEUR FREQUENCE	9
2.1	Sélection des actes d'imagerie diagnostique pour l'étude	9
2.2	Estimation de la fréquence des actes d'imagerie diagnostique	11
3	ESTIMATION DES DOSES ASSOCIEES AUX ACTES D'IMAGERIE DIAGNOSTIQUE.....	14
3.1	Indicateur dosimétrique : la dose efficace	14
3.2	Estimation des doses efficaces moyennes associées à chaque type d'acte	14
3.3	Incertitude sur les valeurs de dose efficaces	15
4	EXPOSITION DE L'ENSEMBLE DE LA POPULATION PEDIATRIQUE EN 2015.....	16
4.1	Répartition de l'exposition par modalité d'imagerie	17
4.2	Fréquence des actes d'imagerie diagnostique par zone anatomique explorée	22
4.3	Répartition des actes d'imagerie selon le type d'établissement de santé.....	31
5	POPULATION PEDIATRIQUE REELLEMENT EXPOSEE EN 2015.....	32
5.1	Caractérisation de la population exposée	33
5.2	Dose efficace individuelle	37
6	COMPARAISON AVEC LA LITTERATURE	39
7	CONCLUSION.....	41
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
	ANNEXE 1 LISTE DES CODES CCAM PAR MODALITE D'IMAGERIE ET PAR ZONE ANATOMIQUE EXPLOREE. DOSE EFFICACE, FREQUENCE ET CONTRIBUTION A LA DOSE COLLECTIVE ASSOCIEES.	45

Table des illustrations et des tableaux

Illustrations

Figure 1. Répartition par modalité d'imagerie des actes diagnostiques et de la dose efficace associée.....	17
Figure 2. Fréquence des actes par modalité en fonction de l'âge de l'enfant, deux sexes confondus.	19
Figure 3. Dose efficace annuelle moyenne par enfant en μSv selon la modalité d'imagerie et l'âge, deux sexes confondus.	21
Figure 4. Fréquences des actes de radiologie conventionnelle par région anatomique en fonction de l'âge de l'enfant (deux sexes confondus).	24
Figure 5. Fréquences d'actes de radiologie conventionnelle selon la zone anatomique explorée, la classe d'âge et le sexe de l'enfant.	25
Figure 6. Fréquences d'actes de radiologie dentaire intra- et extrabuccale selon la classe d'âge et le sexe de l'enfant.....	26
Figure 7. Fréquences d'actes de scanographie selon la région anatomique, la classe d'âge et le sexe de l'enfant.	27
Figure 8. Fréquences d'actes de médecine nucléaire selon la région anatomique et la classe d'âge de l'enfant.	28
Figure 9. Répartition des actes entre le secteur public et le secteur privé selon la classe d'âge des enfants, pour la radiologie conventionnelle et la scanographie.....	32
Figure 10. Proportion d'enfants ayant bénéficié d'au moins un acte diagnostique en 2015, par classe d'âge et selon le sexe.....	33
Figure 11. Histogramme des nombres d'actes par enfant ayant été exposé au cours de l'année, selon chaque tranche d'âge.	35
Figure 12. Proportion des enfants ayant bénéficié d'une ou plusieurs échographies de la hanche antérieurement à la radiographie du bassin réalisée avant l'âge de 6 mois.	36
Figure 13. Histogramme de la dose efficace cumulée reçue par chaque enfant ayant été exposé au cours de l'année, selon chaque tranche d'âge.....	38
Figure 14. Classement des codes CCAM selon : a) leur proportion du total des actes codés ; b) leur contribution à la dose efficace annuelle totale.	46

Tableaux

Tableau I : Zones anatomiques associées à chaque modalité d'imagerie et nombre de codes CCAM effectivement utilisés.	10
Tableau II : Nombre de bénéficiaires ² dans l'EGB 2015 par année de naissance entre 2000 et 2015	12
Tableau III. Fréquence de réalisation des actes par tranche d'âge selon la modalité d'imagerie (en nombre d'actes pour 1000 enfants de la tranche d'âge considérée)	18
Tableau IV. Dose efficace annuelle moyenne par enfant selon la tranche d'âge et la modalité d'imagerie (μSv).	20
Tableau V. Répartition des actes d'imagerie selon la modalité d'imagerie et la zone anatomique explorée, en nombre d'actes et en fréquence d'actes pour 1000 enfants.	23
Tableau VI. Répartition entre le secteur public et le secteur privé des actes diagnostiques pédiatriques dénombrés dans l'EGB en 2015.....	31
Tableau VII. Statistiques sur le nombre d'actes annuel par enfant exposé selon la classe d'âge.....	34
Tableau VIII. Statistiques sur la dose efficace par enfant exposé selon la classe d'âge.	37

Résumé

Ce rapport a pour objectif d'établir pour l'année 2015 les données relatives à l'exposition des enfants de moins de 16 ans aux examens d'imagerie médicale diagnostique utilisant les rayonnements ionisants (radiologie conventionnelle, dentaire et interventionnelle diagnostique, scanographie et médecine nucléaire). L'étude a été réalisée à partir des actes d'imagerie diagnostique extraits de l'échantillon généraliste des bénéficiaires de l'Assurance maladie, représentatif au 1/97^{ème} de la population française.

Environ 604 actes diagnostiques pour 1000 enfants ont été réalisés en 2015, chiffre en relative stabilité (+1,5 %) par rapport à l'année 2010. La proportion d'enfants ayant bénéficié d'au moins un acte diagnostique atteint 31 %, en hausse de 2 points. La dose efficace annuelle moyenne s'élève à 0,135 mSv par enfant, exposé ou non, en baisse de 25 % par rapport à l'année 2010, tandis que la dose efficace moyenne par enfant exposé atteint la valeur de 0,43 mSv, en baisse de 34 %. L'exposition est extrêmement hétérogène puisque la moitié des enfants exposés a reçu une dose efficace annuelle cumulée inférieure ou égale à 0,02 mSv. Les enfants âgés de moins de 1 an sont, en proportion de l'effectif exposé de leur classe d'âge, la catégorie la plus exposée, avec une dose efficace annuelle médiane de 0,55 mSv.

L'exposition des enfants aux rayonnements ionisants due aux actes d'imagerie médicale diagnostique a très sensiblement diminuée entre 2010 et 2015 en France et cela alors que la fréquence moyenne de ces actes est restée relativement stable sur la même période. Cette baisse de l'exposition est donc exclusivement due à la diminution globale des doses moyennes par acte d'imagerie médicale, liée à l'amélioration des techniques et des pratiques.

Abstract

The purpose of this report is to establish for the year 2015 the data related to the exposure of the French children, aged less than 16 years, to diagnostic medical imaging involving ionising radiations (conventional and dental radiology, diagnostic interventional radiology, computed tomography and nuclear medicine). The study was conducted on the base of the *échantillon généraliste des bénéficiaires*, a sample at the 1/97th scale of the healthcare consumption of the population covered by the main French health insurances.

Around 604 diagnostic procedures per 1000 children were performed in 2015, a near stable figure (+1.5%) when compared to the year 2010. The proportion of children having benefited from at least one diagnostic procedure reaches 31%, up by 2 points from 2010. The annual mean effective dose is 0.135 mSv per child, exposed or not, down by 25% from 2010, while the mean effective dose per exposed child equals to 0.43 mSv, down by 34% from 2010. The exposure is extremely heterogeneous among exposed children since half of them have received a cumulated annual effective dose less or equal to 0.02 mSv. Children aged less than 1 year are, in proportion to the exposed size of their age group, the most exposed category, with a median annual effective dose of 0.55 mSv.

Children exposure to ionizing radiation originating from diagnostic medical imaging has very distinctly decreased between 2010 and 2015 in France, whereas the mean frequency of these procedures has remained nearly stable over the same time period. This reduction of the exposure is therefore exclusively due to the overall decrease of the mean dose per medical imaging procedure, which is related the improvement of technologies and practices.

Glossaire

ASP	Radiographie de l'abdomen sans préparation
ATIH	Agence technique de l'information sur l'hospitalisation
CCAM	Classification commune des actes médicaux
CIPR	Commission internationale de protection radiologique
CNAM	Caisse nationale de l'assurance maladie
EGB	Échantillon généraliste des bénéficiaires
FDG	Fluorodésoxyglucose
HAS	Haute autorité de santé
MSA	Mutualité sociale agricole
NIR	Numéro d'inscription au répertoire national des personnes physiques (numéro de sécurité sociale)
NRD	Niveaux de référence diagnostiques
PMSI	Programme de médicalisation des systèmes d'information
RSI	Régime social des indépendants
SFIPP	Société francophone d'imagerie pédiatrique et prénatale
SFR	Société française de radiologie
SLM	Sections locales mutualistes
SNIIRAM	Système national d'information interrégimes de l'assurance maladie
T2A	Tarifification à l'activité
TEP	Tomographie par émission de positon

1 INTRODUCTION

L'imagerie médicale, qui apporte un bénéfice incontestable dans la prise en charge des patients, est cependant le principal contributeur à l'exposition des français aux rayonnements ionisants d'origine artificielle [1]. Il est donc important d'estimer et de caractériser régulièrement cette exposition médicale, comme l'exige d'ailleurs depuis 1997 l'Union Européenne [2]. Cette exigence s'est vue renforcée en 2013 par la directive européenne 2013/59/EURATOM [3], laquelle a été récemment transcrite en droit français. L'article R1333-67 du Code de la santé publique, modifié par décret le 4 juin 2018, stipule que « *L'exposition moyenne par modalité d'imagerie, par région anatomique, par âge et par sexe, de la population aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical est estimée et analysée périodiquement par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire et fait l'objet d'un rapport public consultable sur le site internet de l'Institut.* »

Cette mission est assurée par l'IRSN depuis 2003, année où l'institut a participé, avec l'institut de veille sanitaire (InVS, aujourd'hui intégré à Santé publique France) à la création du système national ExPRI (Exposition de la population aux rayonnements ionisants), dont l'objectif est de mettre à disposition des autorités et des professionnels des données actualisées relatives à l'exposition de la population française aux actes d'imagerie médicale diagnostique. Le système ExPRI est depuis 2012 entièrement mis en œuvre par l'IRSN. Trois rapports portant sur l'exposition de la population française ont été réalisés, avec une périodicité de 5 ans (2002, 2007 et 2012) [4]-[6]. En 2015, l'IRSN a réuni un comité d'experts, constitué de représentants des autorités compétentes et des sociétés savantes et professionnelles concernées. Ce comité a, entre autres, recommandé de renouveler l'étude spécifique portant sur l'exposition de la population pédiatrique en 2010 en raison de la radiosensibilité particulière et de l'espérance de vie prolongée de cette catégorie de la population [7].

L'objectif de ce rapport est d'établir pour l'année 2015 les données relatives à l'exposition médicale de la population pédiatrique française due aux examens d'imagerie diagnostique. Il aborde tout d'abord les méthodes de sélection des actes d'imagerie diagnostique, d'estimation de leur fréquence de réalisation et des doses qui leur sont associées. Les résultats obtenus sont ensuite présentés, par modalité d'imagerie, par zone anatomique explorée, par type d'acte et par type d'établissement de santé, sur l'ensemble de la population pédiatrique. L'ensemble des résultats est caractérisé selon l'âge et le sexe des individus. Enfin, les résultats sont comparés avec les données internationales.

2 CHOIX DES TYPES D'ACTE ET DETERMINATION DE LEUR FREQUENCE

L'exposition des enfants aux rayonnements ionisants liée aux actes d'imagerie diagnostique en France est étudiée, pour l'année 2015, en utilisant les indicateurs suivants :

- la fréquence de chaque type d'acte d'imagerie diagnostique utilisant des rayonnements ionisants pour l'année 2015 et pour les enfants âgés de moins de 16 ans au jour de l'acte ;
- la part de la population d'enfants réellement exposés en 2015, c'est-à-dire ayant bénéficié d'au moins un acte d'imagerie diagnostique utilisant des rayonnements ionisants au cours de l'année ;
- la contribution de chaque type d'acte à la dose efficace moyenne par enfant, sur l'ensemble de la population pédiatrique ;
- la dose efficace annuelle reçue par les enfants réellement exposés en 2015.

2.1 Sélection des actes d'imagerie diagnostique pour l'étude

Seuls sont inclus dans l'étude les actes d'imagerie utilisant les rayonnements ionisants à visée diagnostique, c'est-à-dire :

- les actes de radiologie conventionnelle, y compris dentaire ;
- les actes de scanographie ;
- les actes de médecine nucléaire à visée diagnostique ;
- les actes de radiologie interventionnelle à visée diagnostique¹.

Ces actes sont dénommés « actes diagnostiques » dans la suite du rapport.

2.1.1 Identification des actes : la classification commune des actes médicaux (CCAM)

La CCAM est un référentiel unique et codé de l'ensemble des actes techniques médicaux pris en charge par l'assurance maladie. Son utilisation est nationale et obligatoire depuis le 31 décembre 2005 pour l'ensemble des médecins généralistes et spécialistes exerçant soit en secteur ambulatoire (cabinets de ville, centres d'examen de santé), soit en secteur hospitalier public ou privé (séjours et consultations externes). Ces codes sont utilisés à des fins de tarification et de description de l'activité.

La CCAM permet d'identifier sans ambiguïté les actes diagnostiques les uns par rapport aux autres. Chaque type d'acte est identifié par un libellé complet et un code composé de quatre lettres et trois chiffres : par exemple, le code CCAM ZBQK002 correspond au libellé « Radiographie du thorax ». Pour les besoins de cette étude, une recherche par mots-clés a été effectuée sur la version 49 de la CCAM : 632 codes différents ont été trouvés. Après élimination des actes thérapeutiques, des biopsies et des examens ex-vivo, 401 codes ont été conservés, dont 24 nouveaux codes par rapport à l'étude portant sur l'année 2010 [7].

On notera que la codification des actes dans la nomenclature CCAM par les chirurgiens-dentistes, qui n'était pas effective lors de l'étude portant sur l'année 2010, était en 2015 en cours de généralisation. Une partie seulement des radiographies dentaires est donc associée à un code CCAM, l'autre partie restant néanmoins identifiable au moyen d'une référence de prestation particulière (voir la section 2.2.3 pour plus de détails).

¹ Les biopsies avec guidage radiologique ne sont pas incluses dans l'étude car ce sont des procédures très dépendantes de l'opérateur et de la difficulté du geste pour lesquelles les données dosimétriques représentatives sont rares.

2.1.2 Regroupements des actes

Les actes sélectionnés pour cette étude ont été regroupés pour analyse selon deux catégories :

- a. **Par modalités d'imagerie** : radiologie conventionnelle (hors dentaire), radiologie dentaire, scanographie, médecine nucléaire et radiologie interventionnelle diagnostique.
- b. **Par zones anatomiques explorées** : les zones anatomiques définies dans le rapport sont basées sur des critères de radioprotection, c'est-à-dire en considérant les organes situés dans le champ de rayonnement, selon la méthodologie recommandée par le rapport européen n° 154 [8]. Par exemple, l'examen radiologique du rachis lombaire est classé dans la zone anatomique « abdomen ». Dans cette étude, certaines de ces zones anatomiques, très peu explorées chez l'enfant, ont été regroupées : les actes portant sur le système digestif sont inclus dans les zones *tête et cou*, *thorax* ou *abdomen-pelvis*, en fonction de l'organe concerné ; ceux portant sur le tractus uro-génital sont regroupés dans la zone *abdomen-pelvis*. Au contraire, les actes portant sur le bassin (*pelvis osseux*) sont regroupés dans une zone spécifique, eu égard à leur importance particulière en radiologie pédiatrique. De la même manière les actes portant sur une section du rachis sont inclus dans les zones *tête et cou*, *thorax* ou *abdomen-pelvis*, en fonction de la partie de la colonne vertébrale étudiée, tandis que ceux portant sur le rachis en totalité bénéficient d'une catégorie spécifique. En radiologie dentaire, les actes sont regroupés en deux catégories qui ne sont pas à proprement parler des zones anatomiques. La catégorie *extrabuccal* inclut les actes pour lesquels le récepteur d'image est situé à l'extérieur de la bouche du patient (panoramique dentaire, cone-beam CT, téléradiographie du crâne), tandis que la catégorie *intra-buccal* inclut ceux où le récepteur d'image est placé dans la bouche du patient (radiographies rétroalvéolaires, rétrocoronaires et pelvibuccales).

Tableau I : Zones anatomiques associées à chaque modalité d'imagerie et nombre de codes CCAM effectivement utilisés.

Modalité d'imagerie <i>Zone anatomique</i>	Nombre de codes CCAM
Radiologie conventionnelle	93
<i>Tête et cou</i>	8
<i>Thorax</i>	13
<i>Abdomen et pelvis</i>	16
<i>Pelvis osseux</i>	10
<i>Rachis complet</i>	4
<i>Membres</i>	31
<i>Autres</i>	11
Radiologie dentaire	22
<i>Extrabuccal</i>	5
<i>Intra-buccal</i>	17
Scanographie	37
<i>Tête et cou</i>	13
<i>Thorax et coeur</i>	4
<i>Abdomen et pelvis</i>	5
<i>Rachis</i>	4
<i>Membres</i>	9
<i>Tronc</i>	2
Médecine nucléaire	27
<i>Tête et cou</i>	3
<i>Thorax et coeur</i>	4
<i>Abdomen et pelvis</i>	10
<i>Corps entier</i>	7
<i>Autres</i>	3
Radiologie interventionnelle diag.	9
<i>Cardiaque</i>	1
<i>Vasculaire</i>	8
Toutes modalités	188

Le Tableau I indique les zones anatomiques prises en compte pour chacune des modalités d'imagerie, ainsi que le nombre de codes CCAM effectivement utilisés pour cette étude (c'est-à-dire les codes dénombrant au moins un acte sur l'échantillon de population considéré). La liste complète des codes CCAM inclus dans cette étude est présentée en Annexe 1.

2.2 Estimation de la fréquence des actes d'imagerie diagnostique

L'estimation de la fréquence des actes pour la population pédiatrique « France entière » repose dans cette étude sur la fréquence observée sur la population pédiatrique incluse dans l'échantillon généraliste de bénéficiaires (EGB) du système national d'information interrégimes de l'assurance maladie (SNIIRAM), la base de données anonymisées gérée par la CNAM où figurent les informations de facturation des actes de soins.

2.2.1 L'échantillon généraliste des bénéficiaires (EGB)

L'arrêté SNIIRAM du 20 juin 2005 a permis la création d'un échantillon national représentatif au 1/97^{ème} des bénéficiaires de l'Assurance maladie (régime général hors sections locales mutualistes), appelé Échantillon Généraliste des Bénéficiaires (EGB). Il s'agit d'un échantillon permanent de bénéficiaires, reliant leurs caractéristiques administratives et sociodémographiques à leur « consommation » de soins au cours du temps (cette consommation pouvant être nulle). Dans une étude publiée en 2009 par Roquefeuil *et al.* [9], la validité interne de l'EGB, c'est-à-dire sa représentativité sans biais de la population protégée par le régime général de l'Assurance maladie (hors SLM), et des consommations de soins remboursées à cette population, a été démontrée :

- la répartition de l'EGB selon le sexe et l'âge est très proche de celle de la population exhaustive ;
- la dépense moyenne remboursée par bénéficiaire de l'EGB ayant présenté au moins un acte de soins au cours de l'année d'étude (2007) est très proche de celle de la population exhaustive.

Depuis cette étude, l'EGB a été étendu en 2011 aux bénéficiaires du régime agricole (MSA) et du régime social des indépendants (RSI), puis en 2015 aux bénéficiaires de 10 sections locales mutualistes (SLM). Il intègre ainsi 94,5 % de la population couverte par un régime de sécurité sociale en France et couvrira à terme tous les régimes de sécurité sociale français. Sa représentativité s'est donc encore améliorée depuis l'étude de Roquefeuil *et al.* Les résultats de ce rapport, calculés à partir de la population pédiatrique de l'échantillon généraliste des bénéficiaires pour l'année 2015, peuvent donc être extrapolés à la population française complète avec une grande confiance.

L'accès aux données de l'EGB se fait par un portail internet sécurisé de la CNAMTS. Depuis fin 2016, l'IRSN dispose par décret d'un accès permanent dans le cadre de ses missions de service public, et notamment l'établissement du présent rapport [10].

Environ 120 000 bénéficiaires nés entre 2000 et 2015 étaient présents dans l'EGB en 2015, qu'ils aient été « consommateurs » ou « non consommateurs » de soins durant cette période². En particulier pour le champ d'intérêt de cette étude, ces bénéficiaires pouvaient avoir bénéficié d'un ou de plusieurs actes diagnostiques, ou bien d'aucun au cours de l'année 2015. La composition de l'EGB en 2015 pour les bénéficiaires nés en 2000 et ultérieurement est présentée dans le Tableau II. La population a été étudiée par classe d'âge de 5 ans (ou par année lorsque le nombre d'actes était suffisant), conformément aux recommandations du rapport européen n° 154 [8], avec une classe spécifique pour les moins d'un an, compte tenu de la morbidité particulière de cette tranche d'âge.

² Dans cette étude, la population de l'EGB 2015 est calculée uniquement avec les bénéficiaires du régime général, du régime agricole et du régime social des indépendants. En effet, les bénéficiaires des 10 SLM ayant été intégrés en cours d'année, sans reprise d'antériorité, leur consommation de soins ne porte pas sur 12 mois en 2015. Les prendre en compte aurait donc biaisé l'étude.

Tableau II : Nombre de bénéficiaires² dans l'EGB 2015 par année de naissance entre 2000 et 2015

	Année de naissance				Total
	2015	2010-2014	2005-2009	2000-2004	
Garçons	3 362	19 683	19 932	19 203	62 180
Filles	3 161	18 790	19 031	18 275	59 257
Total	6 523	38 473	38 963	37 478	121 437

2.2.2 Dénombrement des actes

La consommation de soins de chaque bénéficiaire est périodiquement versée dans l'EGB à partir des données de facturation du SNIIRAM. Depuis juin 2011, le SNIIRAM comporte les données de remboursement des prestations de soins (soins de ville) ainsi que les données hospitalières publiques et privées, grâce à l'intégration des données complémentaires issues du Programme de Médicalisation des Systèmes d'Information (PMSI) de l'Agence Technique de l'Information sur l'Hospitalisation (ATIH). La CCAM est utilisée pour coder les actes effectués. Chaque bénéficiaire inclus dans l'EGB étant identifié par son NIR³ crypté, il est donc possible, en respectant l'anonymat des patients, de reconstituer le parcours de soins, que ceux-ci aient été réalisés par un professionnel exerçant en secteur privé ou public et qu'ils aient eu lieu à domicile, en cabinet ou à l'hôpital. L'EGB permet donc de dénombrer l'ensemble des actes diagnostiques réalisés sur les bénéficiaires de l'échantillon.

Par rapport à l'étude portant sur l'année 2010 [7], la représentativité des données du SNIIRAM disponibles en 2015 a grandement progressé, sur plusieurs points :

- Les données issues du PMSI pour les hôpitaux publics y sont beaucoup plus complètes. La tarification à l'activité (T2A), introduite en 2004 et graduellement montée en charge depuis, constitue désormais le mode presque unique de financement pour les activités de médecine, chirurgie, obstétrique et odontologie des établissements de santé aussi bien publics que privés. L'ensemble des actes d'imagerie réalisé dans ces établissements apparaît par conséquent dans le PMSI, il peut donc être considéré en 2015 comme pratiquement exhaustif de l'activité hospitalière.
- L'intégration des bénéficiaires du régime agricole et du régime des salariés indépendants rend l'EGB plus représentatif de la diversité des habitudes sanitaires de la population française. Cette représentativité sera encore améliorée pour les études futures avec l'intégration d'un grand nombre de sections locales mutualistes, dont les mutuelles étudiantes.
- Les soins dentaires libéraux y sont largement associés à un code CCAM, ce qui permet une description plus fine de cette activité.

Les données extraites de l'EGB pour cette étude peuvent donc être considérées comme suffisamment complètes pour décrire l'exposition de la population liée aux actes diagnostiques effectués en secteur libéral ou lors d'un séjour ou de soins externes en secteur hospitalier public. Cependant, l'EGB étant un échantillon au 1/97^{ème} de la population, certains

³ Numéro d'inscription au répertoire national des personnes physiques, usuellement appelé numéro de sécurité sociale, unique à chaque bénéficiaire.

actes peu fréquents chez l'enfant - comme les actes de radiologie interventionnelle, de médecine nucléaire ou, dans une moindre mesure, de scanographie - peuvent n'être présent qu'en très faible nombre. L'extrapolation à la population entière devient alors problématique du point de vue statistique.

2.2.3 Extraction des paramètres d'intérêt pour l'étude

Des requêtes ont été réalisées, via le logiciel SAS Enterprise Guide 7.1, sur les bases de données SNIIRAM et PMSI afin d'extraire l'intégralité des actes diagnostiques de l'EGB effectués entre le 1^{er} janvier et le 31 décembre 2015 sur des enfants âgés de moins de 16 ans au moment de l'acte. En pratique, le jour de naissance du bénéficiaire n'étant pas disponible dans l'EGB pour éviter tout ré-identification, l'âge du bénéficiaire au moment de l'acte diagnostique est calculé au mois près, arrondi par excès : un enfant né en février 2014 et ayant un acte en février 2015 est considéré comme étant âgé de 12 mois au moment de l'examen, alors que son âge réel peut être de 11 ou 12 mois selon que le jour de l'examen est antérieur ou postérieur à sa date d'anniversaire. Les actes diagnostiques extraits incluent :

- les actes réalisés dans le secteur privé, c'est-à-dire par des « *praticiens exerçant à titre privé* », des « *praticiens à temps plein hospitalier pour l'activité privée* », ainsi que des « *praticiens exerçant à titre salarié dans un établissement à tarification privée* », ce qui inclut donc les actes effectués en cabinet de ville et en établissement de santé privé, y compris les soins dentaires lorsqu'ils sont codés en CCAM ;
- les actes réalisés lors de séjours hospitaliers dans des établissements publics de santé ;
- les actes réalisés lors de soins externes dans des établissements publics de santé ;
- les actes réalisés par des chirurgiens-dentistes dans le secteur privé et non codés en CCAM.

Pour chacun de ces actes, les paramètres d'intérêt pour cette étude ont été :

- les caractéristiques démographiques du bénéficiaire : NIR crypté, sexe, mois et année de naissance ;
- les caractéristiques de l'acte :
 - nature de la prestation de référence⁴,
 - secteur de soin (libéral, dentaire hors CCAM, séjour et soins externes dans le public),
 - code CCAM et libellé de l'acte, pour tous les actes sauf une partie de la radiologie dentaire,
 - mois et année de réalisation.

L'analyse a porté sur :

- la fréquence de réalisation en 2015 de chacun de ces types d'acte diagnostique, pour des enfants âgés de 0 à 15 ans, selon les deux classifications définies (modalités d'imagerie et zones anatomiques explorées), et selon l'âge et le sexe des bénéficiaires ;
- la répartition des actes d'imagerie entre secteur public et secteur privé ;

⁴ La nature de la prestation de référence est une variable définissant le type de prestation de soin dans le SNIIRAM, pour les actes réalisés en secteur libéral. Les valeurs de cette variable associées à des actes de radiologie sont au nombre de 10. En pratique seuls 4 codes ont retourné un nombre d'actes non nuls (par nombre d'actes décroissant) : 1351 (actes d'imagerie [hors échographie] CCAM), 1331 (actes de radiologie), 9423 (prévention bucco-dentaire - radio 4 clichés) et 9422 (prévention bucco-dentaire - radio 2 clichés). Le code 1351 est utilisé pour tous les actes radiologiques codés en CCAM, y compris les actes dentaires. Les codes 1331, 9422 et 9423 sont exclusivement utilisés pour les actes de radiologie dentaire non codés en CCAM.

- la part de la population d'enfants réellement exposés en 2015, c'est-à-dire ayant bénéficié d'au moins un acte au cours de l'année, qui a été caractérisée par âge et sexe.

Enfin, l'exposition des enfants ayant bénéficié d'au moins une radiographie du bassin avant l'âge de 6 mois en 2015 a également été étudiée. La persistance de ce type de radiographie sur les très jeunes enfants, malgré les recommandations de la haute autorité de santé (HAS) [11], a en effet suscité l'intérêt de la société francophone d'imagerie pédiatrique et prénatale (SFIPP).

3 ESTIMATION DES DOSES ASSOCIEES AUX ACTES D'IMAGERIE DIAGNOSTIQUE

3.1 Indicateur dosimétrique : la dose efficace

Conformément aux recommandations des rapports européens n° 154 [8] et 180 [12], l'indicateur dosimétrique utilisé dans cette étude pour évaluer l'exposition aux rayonnements ionisants des enfants liée aux actes diagnostiques est la dose efficace (exprimée en millisievert, mSv). La dose efficace est un indicateur du risque de détriment sanitaire à long terme (induction potentielle de cancers et d'effets héréditaires) lié à une exposition aux rayonnements ionisants. Cet indicateur est un outil qui permet d'évaluer un risque global au niveau de l'organisme entier, que celui-ci soit ou non exposé en totalité, en tenant compte du type de rayonnement (nature et énergie), et de la radiosensibilité propre à chaque organe exposé [13]. Calculée à partir de facteurs de pondération définis pour la population générale, tous âges et sexes confondus, **la dose efficace ne doit pas être utilisée pour quantifier de manière absolue un risque pour une population spécifique comme la population pédiatrique qui présente une radiosensibilité accrue, ni *a fortiori* pour l'estimation du risque individuel.** Elle permet toutefois de comparer, de manière relative, les risques radiologiques liés à des examens d'imagerie concernant des zones anatomiques différentes ou ceux liés à différentes modalités d'imagerie pour un même examen. Étant un indicateur standardisé, elle permet également des comparaisons entre différents pays et l'étude de l'évolution de l'exposition qui résulte d'un type d'acte donné dans le temps.

Les doses efficaces ont été calculées en utilisant les facteurs de pondération tissulaire définis dans la publication 103 de la commission internationale de protection radiologique (CIPR) [13]. La dose efficace individuelle annuelle est obtenue en sommant les doses efficaces associées aux différents actes réalisés sur un même patient au cours de la période d'intérêt.

3.2 Estimation des doses efficaces moyennes associées à chaque type d'acte

Différentes sources de données disponibles ont été utilisées afin d'associer une dose efficace moyenne à chaque type d'acte :

- les données transmises à l'IRSN par l'ensemble des services d'imagerie dans le cadre de la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire [14], [15] ;
- les guides des procédures établis par les professionnels, radiologues, médecins nucléaires et chirurgiens-dentistes [16]-[18];
- les études dosimétriques réalisées par l'IRSN ou par des sociétés professionnelles en France [19]-[23];
- des communications privées avec des professionnels [24].

Ces données sont considérées comme représentatives de la pratique française en radiologie et en médecine nucléaire en 2015. Les doses efficaces moyennes par type d'acte pour l'année 2015 sont présentées en Annexe 1, classées par modalité d'imagerie, par zone anatomique et par code CCAM. Ces doses par type d'acte sont globalement en baisse par rapport à 2010, dans la logique de la baisse des indicateurs dosimétriques déjà constatée dans le rapport de l'IRSN publié en 2016 et portant sur l'analyse des données relatives à la mise à jour des NRD [15].

Il est important de rappeler que les doses efficaces moyennes qui ont été retenues pour chaque acte correspondent à des examens réalisés chez l'adulte. En effet, les données dédiées à la pédiatrie sont relativement rares dans la littérature, rendant très difficile une estimation exhaustive des doses pour l'ensemble des actes diagnostiques de cette étude. De plus les données disponibles sont fortement dépendantes de la morphologie des enfants, et donc de leur âge. En outre, même dans les cas où des paramètres d'exposition spécifiques aux enfants sont disponibles, la faible corpulence des enfants fait que l'atténuation du rayonnement est moins forte et donc que les doses aux organes ne sont pas nécessairement moins élevées que chez les adultes. Enfin, comme expliqué dans la section 3.1 ci-dessus, les facteurs de pondération tissulaire de la CIPR 103 sont définis pour la population générale, ce qui rend leur utilisation impropre à l'estimation du risque pour une population spécifique. Cette étude n'étant pas une étude de risque mais uniquement une étude visant à caractériser l'exposition de la population pédiatrique à des fins de comparaison nationale et internationale, il est donc préférable d'utiliser les doses efficaces calculées pour les adultes, comme le recommandent le rapport européen n° 154 [8] et le rapport 103 de la CIPR [13, Paragr. 340], et comme cela a été fait dans l'étude précédente [7].

3.3 Incertitude sur les valeurs de dose efficaces

Les principales sources d'incertitudes sur l'estimation de la dose efficace moyenne par type d'acte ont été décrites et discutées dans le rapport portant sur l'année 2010 [7]. Elles concernent :

- la dispersion au niveau national des doses efficaces délivrées pour un type d'acte donné ;
- les incohérences pouvant persister pour certains types d'actes entre les pratiques cliniques réelles et la classification CCAM ;
- la rareté de certains types d'acte qui rend peu fiable leur évaluation dosimétrique.

Le rapport européen RP n° 180 [12] a estimé l'incertitude sur les doses efficaces moyennes par type d'acte calculées par chacun des pays participant à l'étude Dose Datamed 2. L'incertitude moyenne de cette estimation, basée sur la méthode proposée par Hart et Wall [25], se situe dans une fourchette de 20-40 % pour l'ensemble des actes pris en compte.

L'incertitude sur le calcul des doses efficaces annuelles moyennes par enfant est principalement due à l'incertitude sur les doses efficaces moyennes par type d'acte qui est, dans ce type d'étude, largement supérieure aux incertitudes sur la fréquence des actes ou sur le décompte de la population. Le rapport européen RP n° 180 [12] estime que l'incertitude sur les estimations de dose à la population est comprise entre 12 et 25 % selon que les doses efficaces moyennes par type d'acte sont calculées à partir des pratiques cliniques réelles ou bien estimées à partir de la littérature. Les doses efficaces moyennes par type d'acte de la présente étude étant pour partie calculées à partir de données réelles (recueil NRD ou études spécifiques) et pour partie extrapolées de la littérature, l'incertitude sur les doses efficaces annuelles moyennes par enfant calculées dans cette étude devrait se situer dans cette fourchette.

Synthèse

L'étude ExpRI pédiatrique 2015 a été réalisée à partir de l'échantillon généraliste des bénéficiaires qui est représentatif au 1/97^{ème} de la population française protégée par le régime général de la CNAM, le régime des salariés indépendants et le régime agricole. L'ensemble des actes d'imagerie médicale diagnostique utilisant les rayonnements ionisants (radiologie conventionnelle, dentaire et interventionnelle diagnostique, scanographie et médecine nucléaire), réalisés en 2015 sur des enfants âgés de moins de 16 ans au jour de l'acte, a été pris en compte. Les fréquences de réalisation des actes ont pu être déterminées pour les secteurs public et privé et étudiées en fonction de l'âge et du sexe de l'enfant. Les doses efficaces moyennes associées à chaque type d'acte ont été déterminées et ont permis le calcul de la dose efficace annuelle moyenne par enfant. La part de la population d'enfants réellement exposés, c'est-à-dire ayant bénéficié d'au moins un acte dans l'année, a été caractérisée par âge et sexe. Le nombre d'actes ainsi que la dose efficace annuelle individuelle ont été calculés pour la population d'enfants réellement exposés.

4 EXPOSITION DE L'ENSEMBLE DE LA POPULATION PEDIATRIQUE EN 2015

Ce chapitre décrit les résultats de l'étude portant sur l'ensemble de la population pédiatrique étudiée, que celle-ci ait bénéficié ou non d'un acte diagnostique. Les résultats sont donnés sous forme de fréquence de réalisation, c'est-à-dire en nombre d'actes pour 1000 enfants de la population étudiée, et sous forme de dose efficace annuelle moyenne par enfant. Lorsque les informations accessibles dans le cadre de cette étude le permettent, les principaux résultats sont interprétés.

Un total de 73 325 actes diagnostiques a été réalisé durant l'année 2015 sur les enfants de l'EGB âgés de moins de 16 ans. Rapporté aux 121 437 enfants de l'EGB nés entre 2000 et 2015, cela représente une **moyenne de 604 actes pour 1000 enfants**. La dose efficace moyenne par enfant de l'EGB due aux actes diagnostiques réalisés au cours de l'année 2015 est de **0,135 mSv par enfant**. Cette moyenne peut être extrapolée à l'ensemble de la population pédiatrique française. Elle fournit donc un indicateur de l'exposition des jeunes français aux rayonnements ionisants d'origine médicale (hors usage thérapeutique). L'exposition réelle des enfants est cependant extrêmement hétérogène puisque seule une fraction des enfants de l'échantillon a bénéficié d'un ou plusieurs actes diagnostiques en 2015. Cette population d'enfants effectivement exposés sera étudiée au chapitre 5.

4.1 Répartition de l'exposition par modalité d'imagerie

La Figure 1 présente, par modalités d'imagerie, les fréquences de réalisation des actes et la répartition de la dose efficace totale associée, tout âge et sexe confondus.

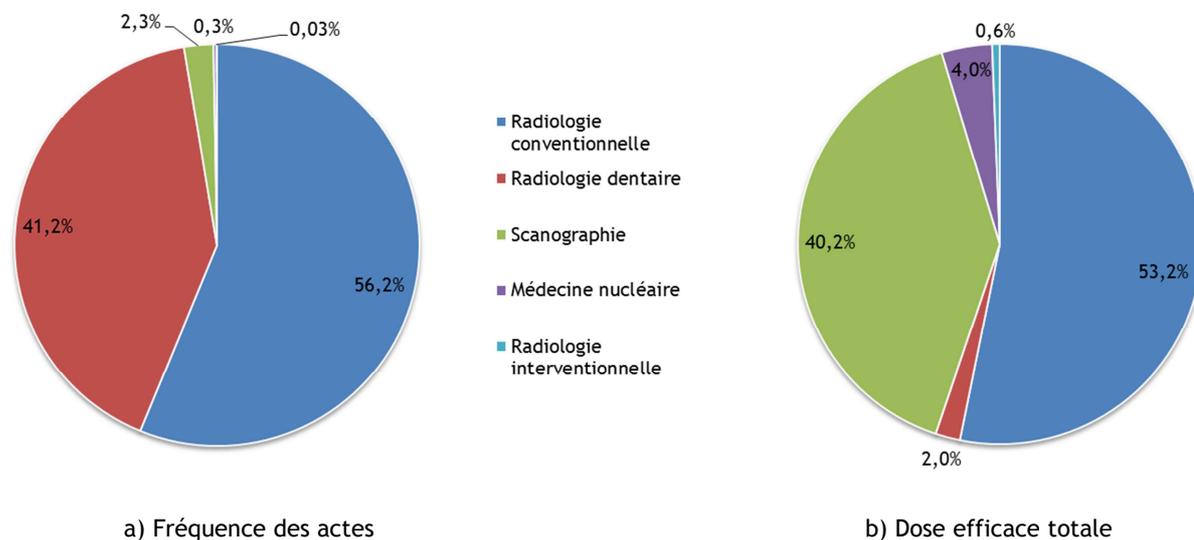


Figure 1. Répartition par modalité d'imagerie des actes diagnostiques et de la dose efficace associée.

La radiologie conventionnelle représente à la fois la majorité des actes réalisés et la majorité de la dose efficace totale. La radiologie dentaire est le second contributeur en fréquence d'actes mais seulement le quatrième pour la dose efficace totale. Inversement, la scanographie est la troisième modalité la plus fréquente, loin derrière la radiologie dentaire, mais elle est à la seconde place pour la dose efficace avec une contribution de plus de 40 %. Bien que réalisant des actes dosants, la médecine nucléaire et la radiologie interventionnelle diagnostique sont très faiblement représentées en fréquence d'actes et contribuent donc peu à la dose globale de la population pédiatrique.

4.1.1 Fréquences d'actes par modalité d'imagerie selon l'âge et le sexe des enfants

Les fréquences de réalisation des actes ne sont pas homogènes selon l'âge des enfants et dans une moindre mesure, selon leur sexe. Le Tableau III donne, par tranche d'âge et par sexe, les fréquences de réalisation des actes calculées pour 1000 enfants par tranche d'âge.

Tableau III. Fréquence de réalisation des actes par tranche d'âge selon la modalité d'imagerie (en nombre d'actes pour 1000 enfants de la tranche d'âge considérée)

Modalité d'imagerie	< 1 an	1 à 5 ans	6 à 10 ans	11 à 15 ans	Tous âges
Sexe	/1000 enf. (%)	/1000 enf. (%)	/1000 enf. (%)	/1000 enf. (%)	/1000 enf. (%)
Radiologie conventionnelle	521 (95,8%)	214 (85,5%)	288 (48,9%)	490 (49,3%)	339 (56,2%)
<i>Garçons</i>	562 (95,1%)	224 (85,2%)	272 (48,4%)	501 (51,6%)	343 (57,6%)
<i>Filles</i>	476 (96,8%)	204 (85,9%)	305 (49,5%)	478 (47%)	336 (54,7%)
Radiologie dentaire	0,5 (0,1%)	26,7 (10,7%)	289 (49,1%)	478 (48,1%)	249 (41,2%)
<i>Garçons</i>	0,3 (0,1%)	28,8 (11%)	278 (49,6%)	444 (45,7%)	235 (39,6%)
<i>Filles</i>	0,6 (0,1%)	24,6 (10,4%)	300 (48,6%)	514 (50,5%)	262 (42,8%)
Scanographie	17 (3,2%)	7,6 (3,1%)	11 (1,8%)	24 (2,4%)	14 (2,3%)
<i>Garçons</i>	22 (3,7%)	8,2 (3,1%)	11 (1,9%)	25 (2,5%)	15 (2,5%)
<i>Filles</i>	12 (2,5%)	7,0 (3%)	11 (1,7%)	23 (2,2%)	13 (2,2%)
Médecine nucléaire	3,4 (0,6%)	1,7 (0,7%)	0,8 (0,1%)	1,8 (0,2%)	1,5 (0,3%)
<i>Garçons</i>	5,1 (0,9%)	1,5 (0,6%)	0,8 (0,1%)	1,6 (0,2%)	1,5 (0,3%)
<i>Filles</i>	1,6 (0,3%)	1,9 (0,8%)	0,9 (0,1%)	1,9 (0,2%)	1,6 (0,3%)
Radiologie interventionnelle diag.	1,5 (0,3%)	0,2 (0,1%)	0,1 (0%)	0,1 (0%)	0,2 (0%)
<i>Garçons</i>	1,8 (0,3%)	0,3 (0,1%)	0,1 (0%)	0,1 (0%)	0,2 (0%)
<i>Filles</i>	1,3 (0,3%)	0,1 (0%)	0,2 (0%)	0,2 (0%)	0,2 (0%)
Toutes modalités	543 (100%)	250 (100%)	588 (100%)	993 (100%)	604 (100%)
<i>Garçons</i>	592 (100%)	262 (100%)	562 (100%)	971 (100%)	595 (100%)
<i>Filles</i>	492 (100%)	238 (100%)	616 (100%)	1017 (100%)	613 (100%)

De fortes variations selon les classes d'âges sont observables :

- Les enfants de 1 à 5 ans sont les moins fréquemment exposés aux actes diagnostiques, environ 4 fois moins souvent que les enfants âgés de 11 à 15 ans, qui sont les plus fréquemment exposés avec une fréquence moyenne proche de 1 acte par enfant.
- La radiologie conventionnelle représente près de 96 % des actes diagnostiques réalisés sur les enfants de moins de un an, ce qui en fait la classe d'âge la plus fréquemment exposée à cette modalité d'imagerie.
- Les proportions de la radiologie conventionnelle et de la radiologie dentaire sont équivalentes pour les enfants de 6 ans et plus.
- Les filles sont globalement légèrement plus souvent exposées que les garçons (1,8 %) ; cette tendance se renforçant chez les enfants de plus de 6 ans, essentiellement à cause de la radiologie dentaire. Au contraire les petites filles de moins de 6 ans sont moins souvent exposées que les petits garçons, particulièrement dans la tranche d'âge des moins de 1 an où la fréquence des actes diagnostiques est plus élevée de 10 % pour les garçons, dû pour l'essentiel à la radiologie conventionnelle. Cet écart entre sexes chez les très jeunes enfants est très vraisemblablement lié à la mortalité périnatale qui est supérieure de 20 à 30 % pour les petits garçons par rapport aux petites filles, dans les pays développés [26]. Il semble en effet logique de considérer que ces pathologies périnatales plus nombreuses chez les petits garçons se traduisent par un plus grand nombre d'exams d'imagerie.

Ces tendances sont également observables sur la Figure 2, où la fréquence des actes est représentée selon l'âge de l'enfant et selon la modalité d'imagerie, les deux sexes confondus.

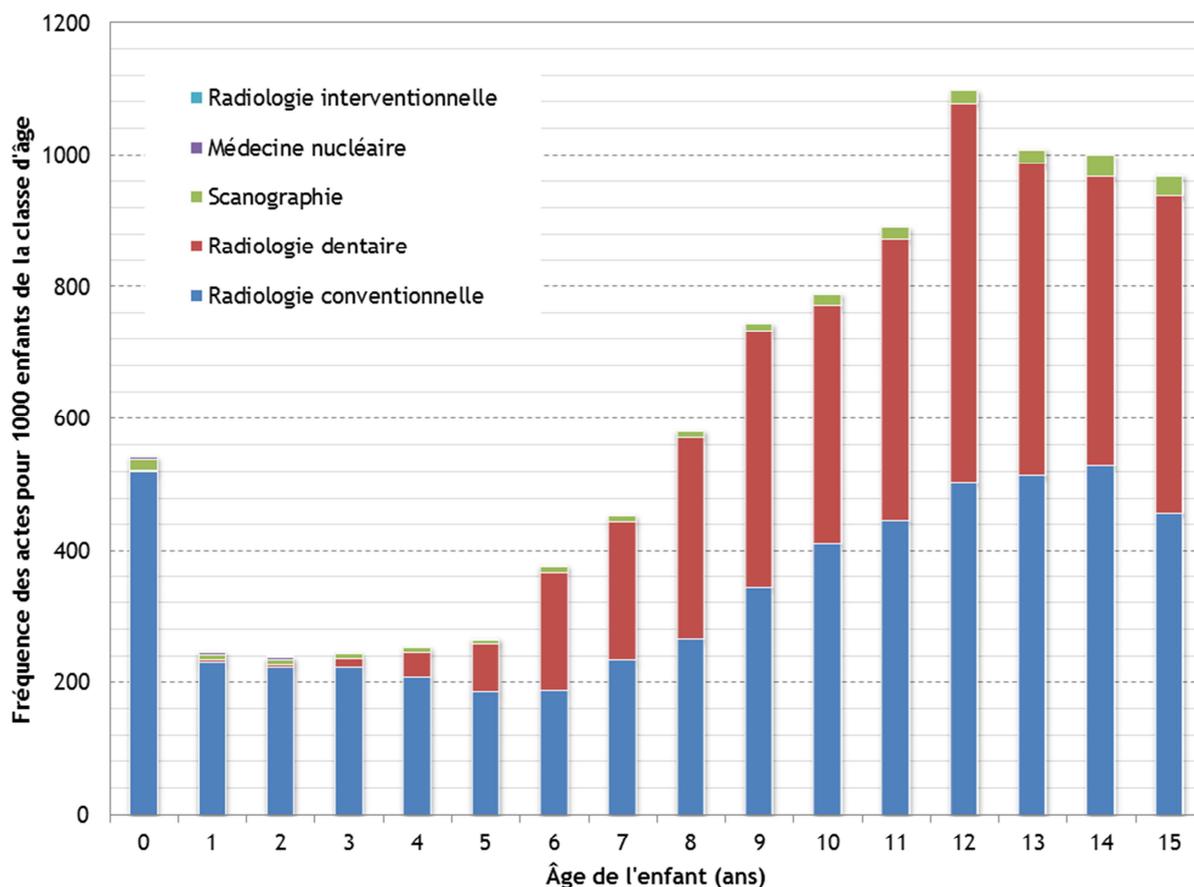


Figure 2. Fréquence des actes par modalité en fonction de l'âge de l'enfant, deux sexes confondus.

On peut noter que :

- Après le pic observé avant l'âge de 1 an, la fréquence des actes est minimale et assez stable de 1 à 5 ans, la proportion de radiologie conventionnelle diminuant progressivement au profit de la radiologie dentaire. À partir de 6 ans, la fréquence des actes augmente régulièrement jusqu'à l'âge de 12 ans où le maximum est atteint avec environ 1100 actes pour 1000 enfants, puis diminue légèrement et se stabilise autour de 1 acte par enfant de 13 à 15 ans.
- Les proportions de radiologie conventionnelle et dentaire sont presque équivalentes à partir de l'âge de 6 ans, sauf à l'âge de 12 ans où un surcroît d'actes dentaires génère le maximum observé sur la fréquence des actes toutes modalités confondues. Ce pic d'actes est très probablement à mettre en rapport avec l'examen bucco-dentaire de prévention obligatoire fixé à 12 ans par le code de la santé publique [27].
- La proportion d'actes de scanographie varie entre 1,3 % et 3,5 %, les valeurs maximales étant observées à la fois chez les enfants les plus jeunes et ceux les plus âgés.

- La médecine nucléaire et plus encore la radiologie interventionnelle diagnostique ne représentent une part significative des fréquences d'actes que chez les enfants les plus jeunes.

4.1.2 Dose efficace moyenne par modalité d'imagerie selon l'âge et le sexe des enfants

Le Tableau IV présente la dose efficace moyenne par enfant et par modalité d'imagerie, selon la classe d'âge et le sexe.

Tableau IV. Dose efficace annuelle moyenne par enfant selon la tranche d'âge et la modalité d'imagerie (μSv).

Modalité d'imagerie	< 1 an	1 à 5 ans	6 à 10 ans	11 à 15 ans	Tous âges
Sexe	$\mu\text{Sv}/\text{enf.}$ (%)				
Radiologie conventionnelle	220 (78,5%)	45 (57,6%)	47 (49,7%)	101 (47%)	72 (53%)
<i>Garçons</i>	243 (75,9%)	44 (54,1%)	44 (46,5%)	86 (42,3%)	67 (49,7%)
<i>Filles</i>	196 (82,3%)	45 (61,7%)	50 (53%)	118 (51,4%)	77 (56,4%)
Radiologie dentaire	-- (0%)	<1 (0,4%)	3 (3,3%)	5 (2,4%)	3 (2%)
<i>Garçons</i>	-- (0%)	<1 (0,4%)	3 (3,2%)	5 (2,4%)	3 (1,9%)
<i>Filles</i>	-- (0%)	<1 (0,4%)	3 (3,4%)	6 (2,4%)	3 (2,1%)
Scanographie	50 (17,6%)	27 (34,6%)	40 (42,6%)	101 (46,7%)	55 (40,4%)
<i>Garçons</i>	63 (19,8%)	31 (38%)	44 (46,6%)	103 (50,5%)	59 (43,4%)
<i>Filles</i>	35 (14,5%)	23 (30,8%)	36 (38,4%)	99 (43,1%)	51 (37,3%)
Médecine Nucléaire	7 (2,6%)	5 (6,6%)	4 (3,9%)	8 (3,5%)	6 (4%)
<i>Garçons</i>	12 (3,8%)	5 (6,3%)	3 (3,4%)	9 (4,4%)	6 (4,5%)
<i>Filles</i>	2 (0,8%)	5 (6,8%)	4 (4,3%)	6 (2,7%)	5 (3,6%)
Radiologie interventionnelle diag.	4 (1,3%)	<1 (0,8%)	<1 (0,5%)	<1 (0,4%)	<1 (0,6%)
<i>Garçons</i>	2 (0,5%)	1 (1,3%)	<1 (0,3%)	<1 (0,4%)	<1 (0,6%)
<i>Filles</i>	6 (2,4%)	<1 (0,4%)	<1 (0,8%)	<1 (0,4%)	<1 (0,7%)
Toutes modalités	280 (100%)	77 (100%)	94 (100%)	216 (100%)	136 (100%)
<i>Garçons</i>	321 (100%)	80 (100%)	94 (100%)	203 (100%)	136 (100%)
<i>Filles</i>	238 (100%)	74 (100%)	94 (100%)	229 (100%)	137 (100%)

La dose efficace moyenne par enfant, sans distinction de sexe, par modalité d'imagerie et selon l'âge de l'enfant est présentée sur la Figure 3.

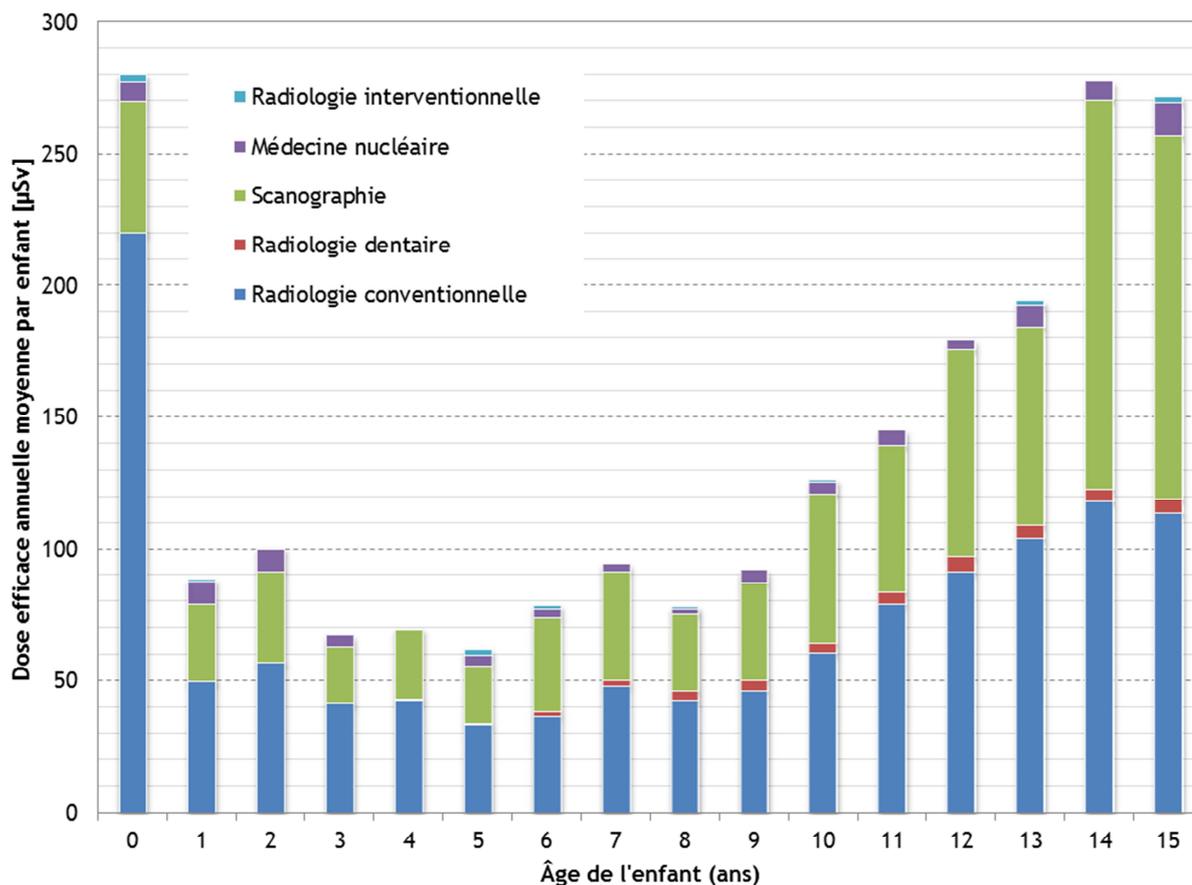


Figure 3. Dose efficace annuelle moyenne par enfant en µSv selon la modalité d'imagerie et l'âge, deux sexes confondus.

Les fortes variations observées sur les fréquences d'actes en fonction de l'âge des enfants sont confirmées et amplifiées en évaluant la dose efficace annuelle moyenne :

- Les enfants de moins de 1 an et les enfants âgés de 11 à 15 ans sont ceux dont la dose efficace annuelle moyenne est la plus élevée, 280 µSv par enfant pour les premiers, 216 µSv pour les seconds (jusqu'à 270-275 µSv pour les enfants de 14 et 15 ans). La radiologie conventionnelle est de loin le principal contributeur pour les moins de 1 an, avec la dose efficace moyenne la plus élevée tous âges confondus (220 µSv) alors que la scanographie est responsable d'environ la moitié de l'exposition des plus âgés. Les enfants de 1 à 10 ans reçoivent quant à eux des doses moyennes 3 à 4 fois plus faibles.
- Globalement, les doses moyennes des garçons et des filles sont équivalentes, avec cependant une contribution du scanner plus importante chez les garçons et une contribution de la radiologie conventionnelle plus élevée chez les filles. On observe par contre que les garçons de moins de 1 an reçoivent en moyenne une dose efficace nettement plus élevée (35%) que les filles du même âge, en lien avec l'écart en fréquence d'actes mentionné à la section précédente. Inversement, les filles de 11 à 15 ans ont en moyenne 13 % de dose efficace en plus que les garçons de la même tranche d'âge, entièrement lié à la radiologie conventionnelle.

- À l'exception notable des enfants de moins de 1 an, les doses efficaces liées à la radiologie conventionnelle et à la scanographie sont assez faibles et relativement stables pour les enfants âgés de 1 à 10 ans, puis augmentent progressivement jusqu'à l'âge de 14 et 15 ans. Les actes plus fréquents observés sur la Figure 2 pour les enfants de 12 ans sont majoritairement des actes dentaires, qui sont très peu dosant et n'ont donc pas d'impact sur la dose moyenne par enfant. La contribution de la médecine nucléaire à la dose efficace moyenne par enfant reste faible pour l'ensemble des classes d'âges (10 μ Sv ou moins). La contribution de la radiologie interventionnelle diagnostique n'est significative que pour les enfants de moins de 1 an, tout en restant très faible.

Synthèse des résultats et comparaison avec l'étude précédente

En France en 2015, environ 604 actes diagnostiques ont été réalisés pour 1000 enfants de moins de 16 ans, chiffre en relative stabilité (+1,5 %) par rapport à l'année 2010. La radiologie conventionnelle et la radiologie dentaire représentent respectivement 56 % et 41 % des actes, la scanographie représente un peu plus de 2 %, la médecine nucléaire et la radiologie interventionnelle diagnostique représentent moins de 1 %. Cette répartition est sensiblement équivalente à celle observée en 2010. Par classe d'âge, ce sont les enfants de 11 à 15 ans qui sont les plus fréquemment exposés avec 993 actes/1000 enf. (en baisse de 10 % par rapport à 2010), tandis que ceux de 1 à 5 ans sont le moins fréquemment exposés avec 250 actes/1000 enf. (en hausse de 24 %). La fréquence des actes pour les enfants de moins de 1 an (543 actes/1000 enf.) est en baisse de 26 % par rapport à 2010. Les filles sont légèrement plus souvent exposées que les garçons, toutes classes d'âges confondues (+1,8 %).

La dose efficace annuelle moyenne s'élève à 0,135 mSv par enfant ; elle est en baisse de 25 % par rapport à l'année 2010. La radiologie conventionnelle contribue pour environ 53 % à cette dose, soit 72 μ Sv par enfant, en recul de 53 μ Sv par rapport à 2010. Le scanner représente environ 40 % de la dose totale, soit 55 μ Sv par enfant, en légère augmentation de 7 μ Sv depuis 2010. La radiologie dentaire, la médecine nucléaire et la radiologie interventionnelle diagnostique contribuent ensemble pour moins de 7 %, soit 9 μ Sv, en augmentation de 2 μ Sv depuis 2010. Les enfants de moins de 1 an sont ceux pour lesquels la dose efficace annuelle moyenne est la plus élevée : 0,28 mSv par enfant. Toutes classes d'âges confondues, la dose efficace annuelle moyenne des filles et celle des garçons sont identiques.

4.2 Fréquence des actes d'imagerie diagnostique par zone anatomique explorée

La répartition des actes d'imagerie extraits de l'EGB pour l'année 2015 est décrite dans le Tableau V. Le nombre d'actes y est indiqué par modalité d'imagerie et détaillé par zone anatomique, les fréquences d'actes rapportées à la population de l'EGB sont également données pour chaque sexe et pour les deux sexes confondus. Les résultats de ce tableau sont détaillés par modalité d'imagerie dans les pages qui suivent.

4.2.1 Radiologie conventionnelle

La majorité absolue des actes concerne les examens des membres, suivis par les radiographies du thorax. Les garçons bénéficient globalement un peu plus souvent que les filles (+0,7 %) d'actes de radiologie conventionnelle, cet écart étant essentiellement dû aux radiographies des membres et du thorax, où l'écart en faveur des garçons est important (+1,4 % pour les membres, +1,1 % pour le thorax). Au contraire, les filles bénéficient plus fréquemment d'examens du bassin osseux (+0,3 %), de l'abdomen et du pelvis (+0,3 %) et surtout du rachis complet où l'écart est de 1,3 %.

Tableau V. Répartition des actes d'imagerie selon la modalité d'imagerie et la zone anatomique explorée, en nombre d'actes et en fréquence d'actes pour 1000 enfants.

Modalité d'imagerie <i>Zone anatomique</i>	Nombre d'actes dans l'EGB 2015	Fréquence des actes		
		Globale /1000 enf. (%)	Garçons /1000 enf. (%)	Filles /1000 enf. (%)
Radiologie conventionnelle	41210	339,4 (56,2%)	342,9 (57,6%)	335,6 (54,7%)
<i>Tête et cou</i>	1540	12,7 (3,7%)	13,6 (4%)	11,7 (3,5%)
<i>Thorax</i>	8733	71,9 (21,2%)	77,1 (22,5%)	66,5 (19,8%)
<i>Abdomen et pelvis</i>	2124	17,5 (5,2%)	16,3 (4,7%)	18,8 (5,6%)
<i>Bassin osseux</i>	3046	25,1 (7,4%)	23,6 (6,9%)	26,6 (7,9%)
<i>Rachis complet</i>	2673	22,0 (6,5%)	15,8 (4,6%)	28,6 (8,5%)
<i>Membres</i>	22148	182,4 (53,7%)	189,0 (55,1%)	175,4 (52,3%)
<i>Autres</i>	946	7,8 (2,3%)	7,7 (2,2%)	7,9 (2,4%)
Radiologie dentaire	30190	248,6 (41,2%)	235,4 (39,6%)	262,5 (42,8%)
<i>Extrabuccal</i>	10585	87,2 (35,1%)	79,9 (34%)	94,7 (36,1%)
<i>Intrabuccal</i>	19605	161,4 (64,9%)	155,5 (66%)	167,7 (63,9%)
Scanographie	1714	14,1 (2,3%)	14,8 (2,5%)	13,4 (2,2%)
<i>Tête et cou</i>	1010	8,3 (58,9%)	8,8 (59,4%)	7,8 (58,3%)
<i>Thorax et coeur</i>	160	1,3 (9,3%)	1,6 (10,7%)	1,0 (7,7%)
<i>Abdomen et pelvis</i>	229	1,9 (13,4%)	1,8 (12,5%)	1,9 (14,4%)
<i>Rachis</i>	86	0,7 (5%)	0,7 (4,9%)	0,7 (5,2%)
<i>Membres</i>	205	1,7 (12%)	1,6 (10,5%)	1,8 (13,6%)
<i>Tronc</i>	24	0,2 (1,4%)	0,3 (2%)	0,1 (0,8%)
Médecine nucléaire	186	1,5 (0,3%)	1,5 (0,3%)	1,6 (0,3%)
<i>Tête et cou</i>	4	<0,1 (2,2%)	-- (0%)	0,1 (4,3%)
<i>Thorax et coeur</i>	4	<0,1 (2,2%)	<0,1 (3,2%)	<0,1 (1,1%)
<i>Abdomen et pelvis</i>	75	0,6 (40,3%)	0,6 (37,6%)	0,7 (43%)
<i>Corps entier</i>	97	0,8 (52,2%)	0,9 (58,1%)	0,7 (46,2%)
<i>Autres</i>	6	<0,1 (3,2%)	<0,1 (1,1%)	0,1 (5,4%)
Radiologie interventionnelle diag.	25	0,2 (<0,1%)	0,2 (<0,1%)	0,2 (<0,1%)
<i>Cardiaque</i>	2	<0,1 (8%)	-- (0%)	<0,1 (18,2%)
<i>Vasculaire</i>	23	0,2 (92%)	0,2 (100%)	0,2 (81,8%)
Toutes modalités	73325	603,8 (100%)	594,9 (100%)	613,2 (100%)

La Figure 4 représente l'évolution des fréquences d'actes selon l'âge des enfants pour chaque zone anatomique explorée.

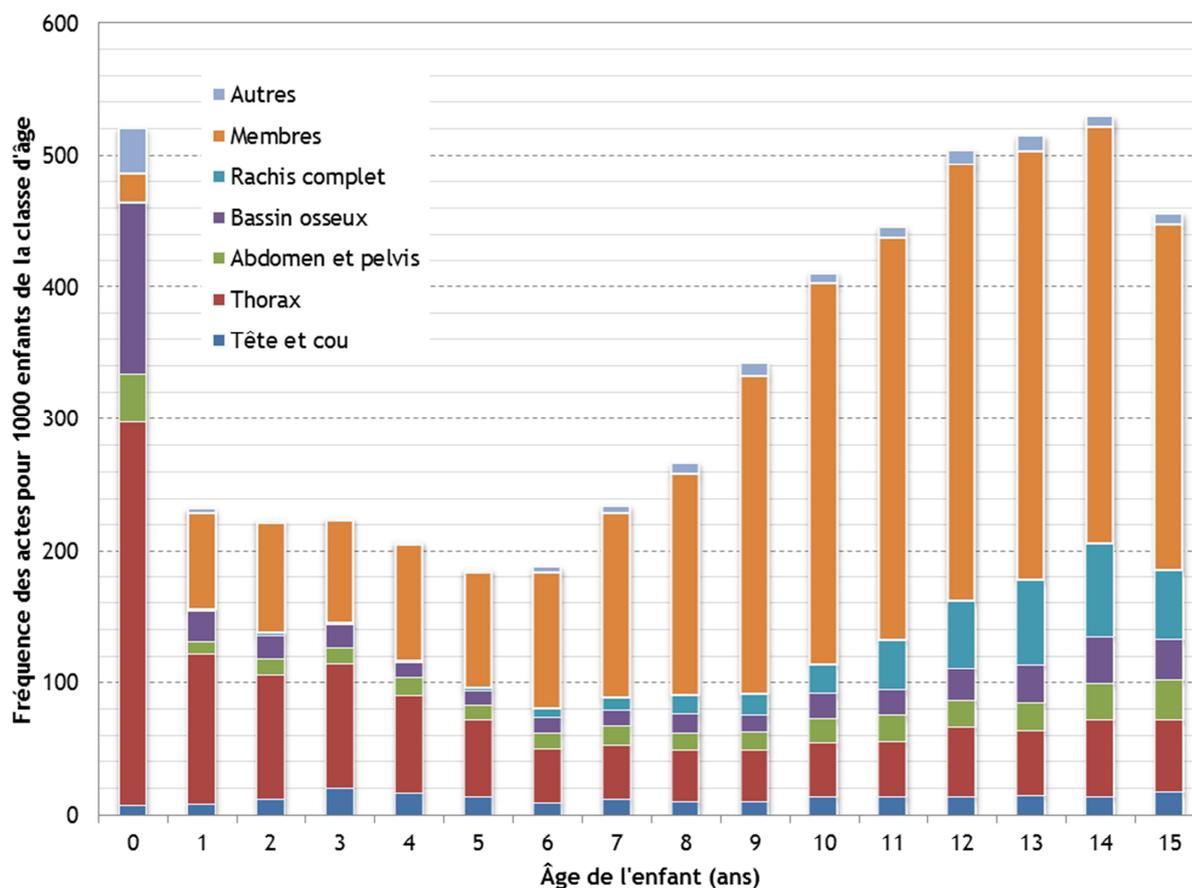


Figure 4. Fréquences des actes de radiologie conventionnelle par région anatomique en fonction de l'âge de l'enfant (deux sexes confondus).

Ce graphique permet de constater que les zones anatomiques explorées varient fortement avec l'âge de l'enfant :

- Les radiographies du thorax sont très fréquentes chez les enfants de moins de 1 an où elles représentent plus de la moitié des actes de radiologie conventionnelle. Leur fréquence est beaucoup plus faible chez les enfants plus âgés mais constitue néanmoins de 30 à 50 % des actes de radiologie conventionnelle chez les enfants de 1 à 5 ans jusqu'à environ 10 % chez les enfants de plus de 10 ans.
- Inversement, les radiographies des membres sont peu fréquentes pour les moins de 1 an et très fréquentes chez les enfants plus âgés : elles représentent la majorité des actes à partir de l'âge de 6 ans.
- Les actes portant sur le bassin osseux sont réalisés avec une fréquence variant assez peu selon l'âge, à l'exception notable des enfants de moins de 1 an pour lesquels cette région est la deuxième plus fréquemment explorée avec une proportion d'environ 25 %. Cette particularité sera étudiée plus en détail dans un focus dédié en page 35.
- Les actes portant sur le rachis en totalité sont très minoritaires chez les jeunes enfants ; leur proportion augmente progressivement jusqu'à devenir aussi fréquent que le thorax chez l'enfant de 12 ans et plus.

- Les actes portant sur la tête et le cou restent minoritaires, quel que soit l'âge des enfants, ce qui semble cohérent au vu du faible nombre d'indications recommandées pour cet examen [28].
- La fréquence des actes portant sur l'abdomen et le pelvis est faible de 1 à 9 ans, sensiblement plus élevée ensuite ainsi que chez les enfants de moins de 1 an. Les radiographies de l'abdomen sans préparation (ASP) constituent l'essentiel des actes de radiologie conventionnelle sur cette zone (cf. Annexe 1). Les indications pédiatriques de l'ASP sont limitées en première intention mais restent relativement fréquentes en seconde intention après une échographie [29].

La Figure 5 permet de visualiser par tranche d'âge les différences en fréquence d'exposition entre garçons et filles déjà observées globalement sur le Tableau V.

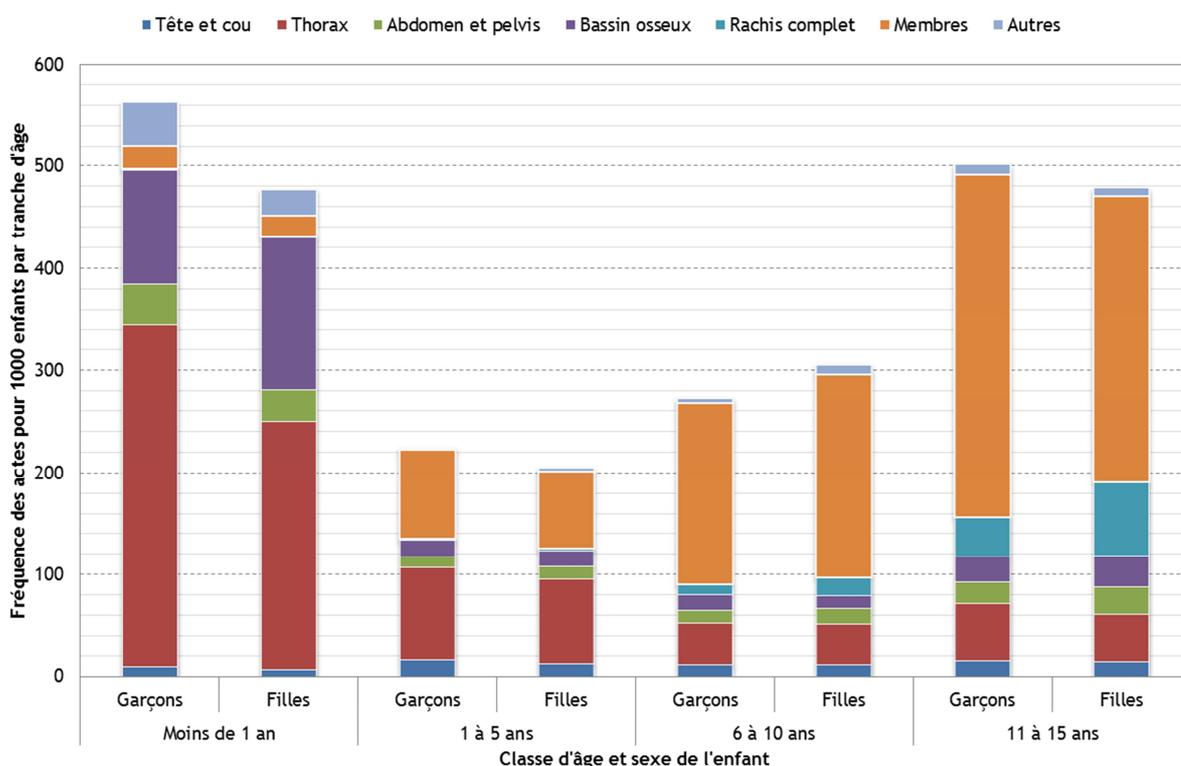


Figure 5. Fréquences d'actes de radiologie conventionnelle selon la zone anatomique explorée, la classe d'âge et le sexe de l'enfant.

On peut observer que :

- L'écart au profit des garçons pour les radiographies du thorax est particulièrement significatif chez les enfants de moins de 1 an et nettement moins marqué pour les autres classes d'âge. Cette observation conforte l'explication avancée dans la section 4.1.1 indiquant que cet écart serait lié à la surmortalité des nouveaux nés de sexe masculin, les syndromes respiratoires faisant partie des pathologies périnatales les plus fréquentes [26]. L'écart entre filles et garçons pour les radiographies de membres est également très marqué pour les enfants de 11 à 15 ans.
- Parmi les actes plus fréquemment réalisés chez les filles, les radiographies du bassin osseux sont particulièrement plus fréquentes pour les enfants de moins de 1 an et dans une moindre mesure pour ceux de 11 à 15 ans.

Concernant les radiographies du rachis entier, ce sont les filles de 6 ans et plus qui en bénéficient plus fréquemment que les garçons du même âge, ce type d'examen étant extrêmement rare chez les enfants plus jeunes.

4.2.2 Radiologie dentaire

Le Tableau V et la Figure 6 permettent d'étudier les fréquences des actes de radiologie dentaire selon le sexe et l'âge des enfants.

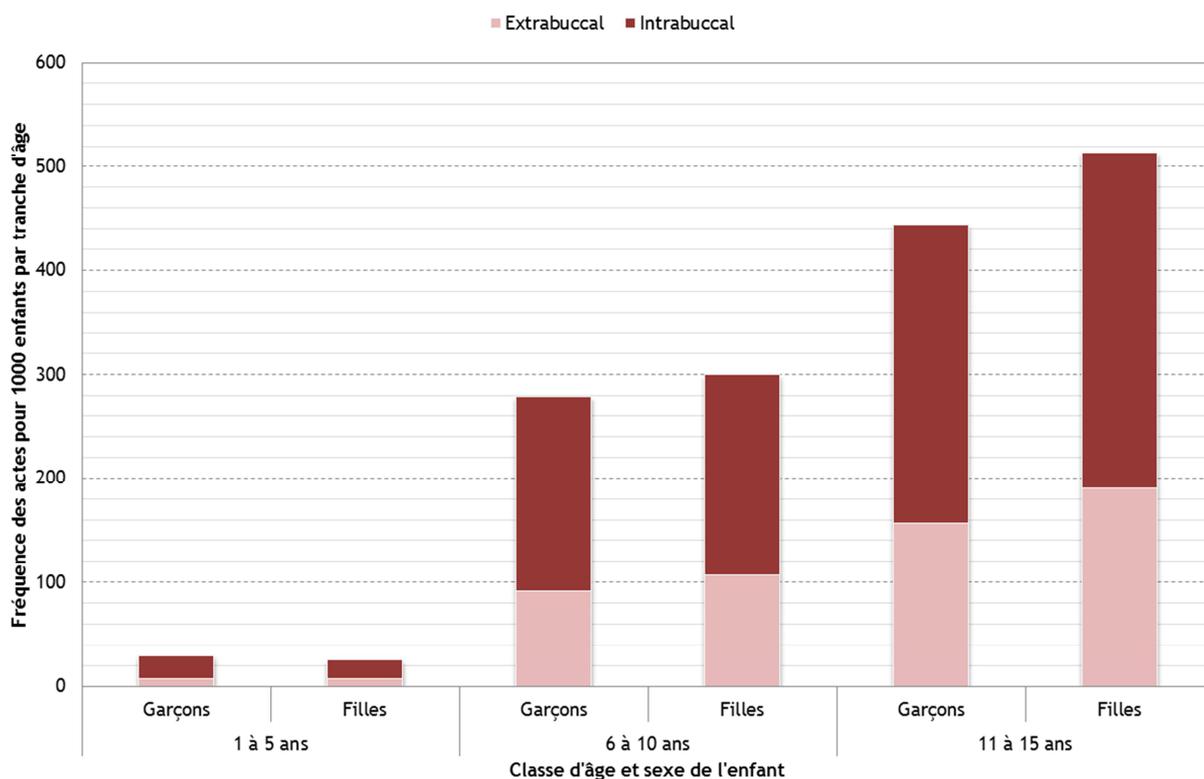


Figure 6. Fréquences d'actes de radiologie dentaire intra- et extrabuccale selon la classe d'âge⁵ et le sexe de l'enfant.

Globalement, environ deux tiers des actes de radiologie dentaire réalisés en 2015 sur la population étudiée sont des radiographies intrabuccales. Les actes de radiologie dentaire sont réalisés plus fréquemment chez les filles que chez les garçons, avec un écart de 27 actes pour 1000 enfants, dont 15 pour les radiographies extrabuccales (panoramique dentaire, cone-beam CT...). Cet écart n'est visible qu'à partir de la classe d'âge 6-10 ans et est particulièrement significatif chez les enfants de 11 à 15 ans. Cet écart peut très probablement être expliqué par des soins orthodontiques plus fréquents chez les jeunes filles que chez les jeunes garçons [30].

4.2.3 Scanographie

En scanner, les examens de la tête et du cou sont dominants et représentent près de 60 % des actes, toutes classes d'âge confondues (cf. Tableau V). La fréquence des scanners, toutes zones anatomiques confondues, est 10 % plus élevée chez

⁵ Les enfants de moins de 1 an ne sont pas représentés sur cette figure, le nombre d'actes les concernant étant insignifiant.

les garçons que chez les filles, celles-ci bénéficiant cependant légèrement plus souvent que les garçons de scanners des membres ou de l'abdomen et du pelvis.

Les fréquences d'actes de scanographie par zone anatomique explorée sont représentées sur la Figure 7 en fonction de l'âge des enfants et de leur sexe.

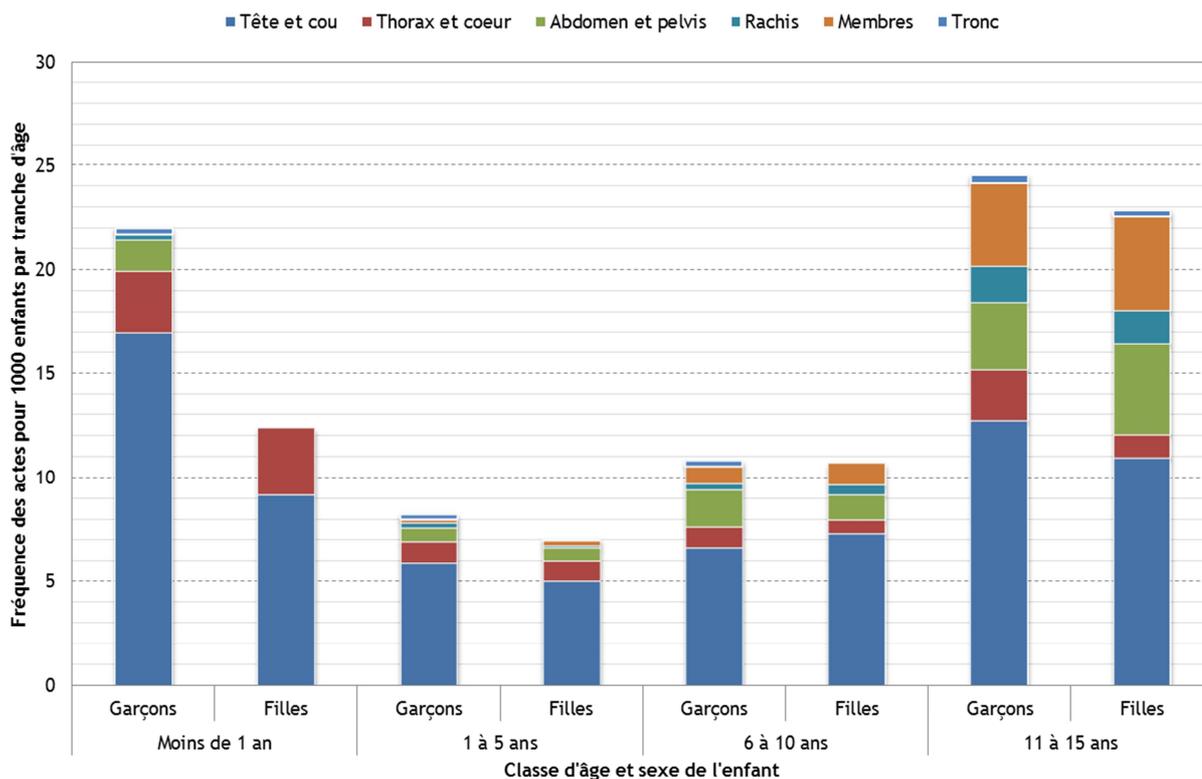


Figure 7. Fréquences d'actes de scanographie selon la région anatomique, la classe d'âge et le sexe de l'enfant.

On peut retenir que :

- des différences entre garçons et filles peuvent être observées sur toutes les classes d'âge, mais elles sont particulièrement marquées pour les enfants de moins de 1 an : les garçons ont presque deux fois plus souvent un examen scanographique, concernant la tête ou le cou principalement ;
- les examens de la tête, du cou, du thorax et du cœur semblent également sensiblement plus fréquents pour les garçons de 11 à 15 ans que pour les filles du même âge.

Ces observations doivent cependant être nuancées par le nombre relativement faible d'examens recensés dans l'EGB (1 714 au total) qui ne permet pas d'avoir une statistique suffisante pour certaines classes d'âge et pour certains types d'examens.

4.2.4 Médecine nucléaire

Le nombre d'actes de médecine nucléaire extrait de l'EGB est faible ; seules les fréquences d'actes concernant le corps entier (scintigraphie osseuse et TEP au FDG essentiellement) et la zone abdomino-pelvienne (scintigraphie rénale

essentiellement) sont statistiquement interprétables. Les garçons semblent bénéficier un peu plus souvent que les filles d'examens du corps entier, et inversement pour les examens abdomino-pelviens, mais ces écarts ne sont probablement pas significatifs au sens statistique. La Figure 8 indique que les examens abdomino-pelviens sont plus fréquents chez le jeune enfant, particulièrement pour les moins de 1 an, tandis qu'au contraire, les examens du corps entier concernent surtout les enfants plus âgés, particulièrement les 11-15 ans.

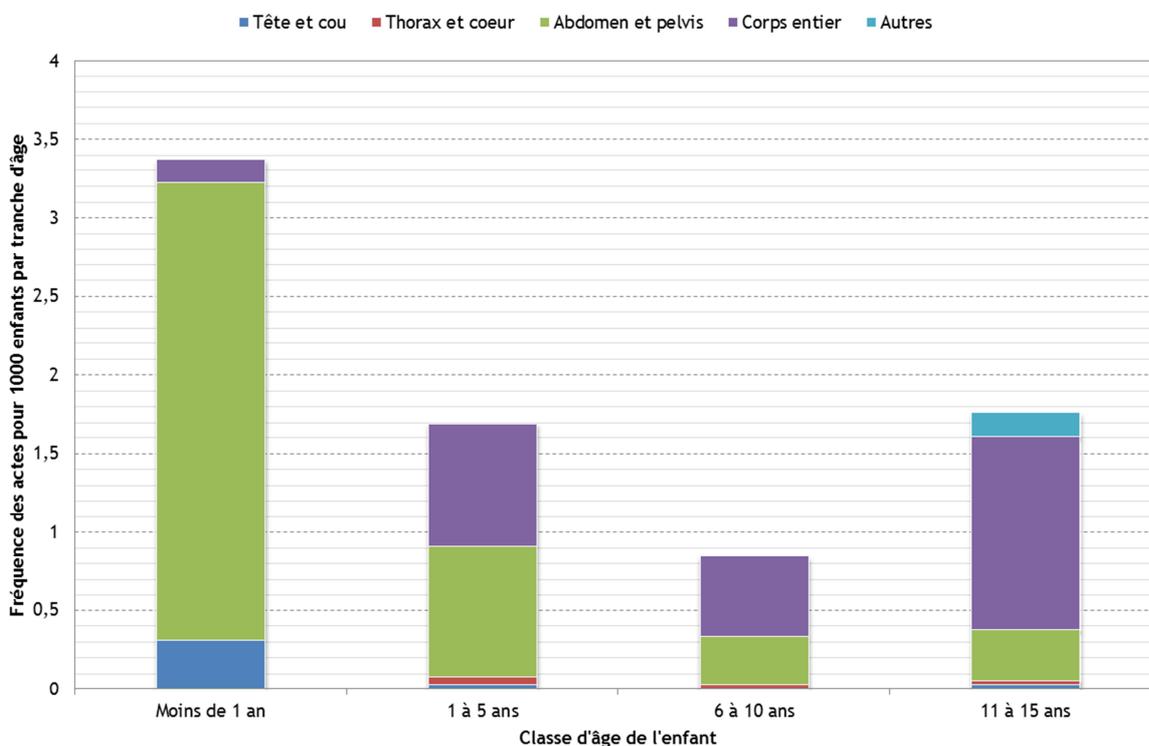


Figure 8. Fréquences d'actes de médecine nucléaire selon la région anatomique et la classe d'âge de l'enfant.

4.2.5 Radiologie interventionnelle diagnostique

Le nombre d'actes recueilli est extrêmement faible et ne permet pas leur analyse. Les examens vasculaires semblent dominer largement mais il convient de rappeler que les actes de cardiologie interventionnelle diagnostique, tels que les coronarographies, sont très fréquemment associés à un acte thérapeutique chez l'enfant et ne sont donc pas comptabilisés dans cette étude.

Synthèse des résultats et comparaison avec l'étude précédente

En radiologie conventionnelle, plus de la moitié des actes portent sur les membres, les enfants de plus de 6 ans et plus encore les garçons de 11 à 15 ans étant les catégories bénéficiant le plus fréquemment de ces actes. Le thorax est la seconde zone anatomique la plus fréquemment exposée, particulièrement chez les enfants de moins de 1 an et plus encore les garçons de cette tranche d'âge.

En radiologie dentaire, deux tiers des examens réalisés en 2015 sont des radiographies intrabuccales. Les filles bénéficient des actes de radiologie dentaire sensiblement plus souvent que les garçons, en particulier de radiographies extrabuccales.

En scanographie, les examens de la tête et du cou sont dominants et représentent près de 60 % des actes. Les enfants de moins de 1 an et ceux âgés de 11 à 15 ans sont plus fréquemment exposés, les garçons plus encore que les filles.

En médecine nucléaire, les actes portent majoritairement sur l'abdomen et le pelvis, de façon très marquée chez les enfants de moins de 1 an, et sur le corps entier, particulièrement pour les 11-15 ans.

Ces observations correspondent globalement à celles relevées lors de l'étude précédente qui portait sur l'année 2010.

Focus sur les codes CCAM les plus fréquents et les plus dosants

Les requêtes sur la base de données de l'EGB pour l'année 2015 ont fourni un total de 73 325 actes d'imagerie diagnostique réalisés sur des enfants de moins de 16 ans. Sur ce total, 61 219 actes comportaient un code CCAM (83,5%) et 12 106 n'en comportait pas (16,5%). Les actes non codés sont considérés comme des radiographies intrabuccales, comme expliqué en section 2.1.2. La liste détaillée des codes CCAM, avec leur intitulé, leur fréquence de réalisation et leur contribution à la dose efficace annuelle moyenne par enfant est disponible en Annexe 1. Au total, 188 codes CCAM, sur les 401 inclus dans cette étude, sont représentés, c'est-à-dire sortent avec une fréquence non nulle des requêtes sur l'EGB 2015.

Sur les 23 codes les plus fréquents, 5 concernent la radiologie dentaire et 18 la radiologie conventionnelle. L'acte le plus fréquemment codé est la radiographie panoramique dentomaxillaire (appelé panoramique dentaire par la suite) avec une fréquence de réalisation dans l'EGB d'environ 63 actes pour 1000 enfants. Viennent ensuite la radiographie du thorax (58 actes/1000 enf.), la radiographie intrabuccale rétroalvéolaire et/ou rétrocoronaire d'un secteur de 1 à 3 dents contiguës (38 actes/1000 enf.) puis les radiographies de la main ou du doigt (31 actes/1000 enf.), du pied (21 actes/1000 enf.) et du poignet (20 actes/1000 enf.). Il convient de noter que lorsque l'ensemble des codes CCAM portant sur la radiographie intrabuccale rétroalvéolaire et/ou rétrocoronaire est regroupé, celui-ci devient le deuxième type d'examen radiologique le plus fréquent (61 actes/1000 enf.) parmi les examens codés, et donc le premier globalement puisque les actes non codés en CCAM sont également des radiographies intrabuccales.

Le premier code correspondant à la scanographie (scanner injecté du crâne) arrive à la 24^{ème} place avec une fréquence de réalisation de 5 actes/1000 enfants. Le premier code de médecine nucléaire est la scintigraphie osseuse du corps entier en plusieurs temps, à la 76^{ème} place avec 0,5 actes/1000 enfants. Enfin, aucun code de radiologie interventionnelle diagnostique ne se classe parmi les 100 premiers.

Si l'on classe les codes CCAM en fonction de leur contribution relative à la dose efficace totale, l'acte contribuant le plus à l'exposition de la population pédiatrique de l'EGB en 2015 est le scanner abdomino-pelvien avec injection qui représente 15,7 μ Sv par enfant en moyenne. Viennent ensuite 4 actes de radiologie conventionnelle : l'abdomen sans préparation, le bassin selon 1 incidence, la colonne vertébrale en totalité selon 2 incidences et le transit œso-gastro-duodéal (TOGD) qui contribuent entre 7 et 12,4 μ Sv/enfant en moyenne. Les scanners du crâne et du rachis sans injection arrivent en 6^{ème} et 7^{ème} position de ce classement. Le premier code de médecine nucléaire est la scintigraphie osseuse en plusieurs temps, à la 18^{ème} position avec une contribution à la dose efficace moyenne annuelle par enfant de 2,1 μ Sv.

Pour conclure, il est intéressant de noter que les 12 106 actes non codés dans la CCAM, et correspondant à des actes dentaires, ne contribuent qu'à hauteur de 0,39 % à la dose efficace totale, ce qui ne représente qu'environ 0,5 μ Sv par enfant en moyenne sur l'année 2015.

4.3 Répartition des actes d'imagerie selon le type d'établissement de santé

Une analyse du secteur de réalisation des actes diagnostiques a pu être faite à partir des données de l'EGB pour l'année 2015, puisque le type de structure de soins fait partie des informations accessibles. Deux types de structures ont été individualisés : les structures privées d'une part, comprenant les cabinets de ville, les cliniques et hôpitaux privés ainsi que les structures privées à but non lucratif - tels que les centres de lutte contre le cancer - et les structures hospitalières publiques d'autre part, pour lesquelles il est possible de savoir si l'examen a été réalisé au cours d'un séjour ou en soins externes.

Les résultats de cette analyse sont présentés dans le Tableau VI.

Tableau VI. Répartition entre le secteur public et le secteur privé des actes diagnostiques⁶ pédiatriques dénombrés dans l'EGB en 2015.

Modalité d'imagerie	Nombre d'actes	Répartition des actes		
		Public		
		Privé	Soins ext.	Séjour
Radiologie conventionnelle	41 210	51,1%	38,3%	10,5%
Radiologie dentaire	30 190	98,1%	1,8%	0,1%
Scanographie	1 714	35,1%	27,0%	37,9%
Médecine nucléaire	186	30,1%	45,2%	24,7%
Toutes modalités	73 325	70,0%	23,0%	6,9%

Globalement, 70 % des actes dénombrés dans cette étude sont réalisés dans le secteur privé contre 30 % dans le secteur public, dont 23 % comme soins externes et 7 % lors d'un séjour. En excluant les actes de radiologie dentaire, qui sont très nombreux et réalisés à plus de 98 % dans le secteur privé, la répartition est plus équilibrée : 50,4 % pour le privé, 49,6 % pour le public, dont 37,9 % en soins externes et 11,7 % en séjour.

En dehors de la radiologie dentaire, la répartition entre secteur public et secteur privé est fortement dépendante de l'âge des patients, comme cela est visible sur la Figure 9 pour la scanographie et la radiologie conventionnelle.

⁶ La répartition public/privé des actes de radiologie interventionnelle diagnostique ne figure pas dans ce tableau car elle n'est pas statistiquement représentative.

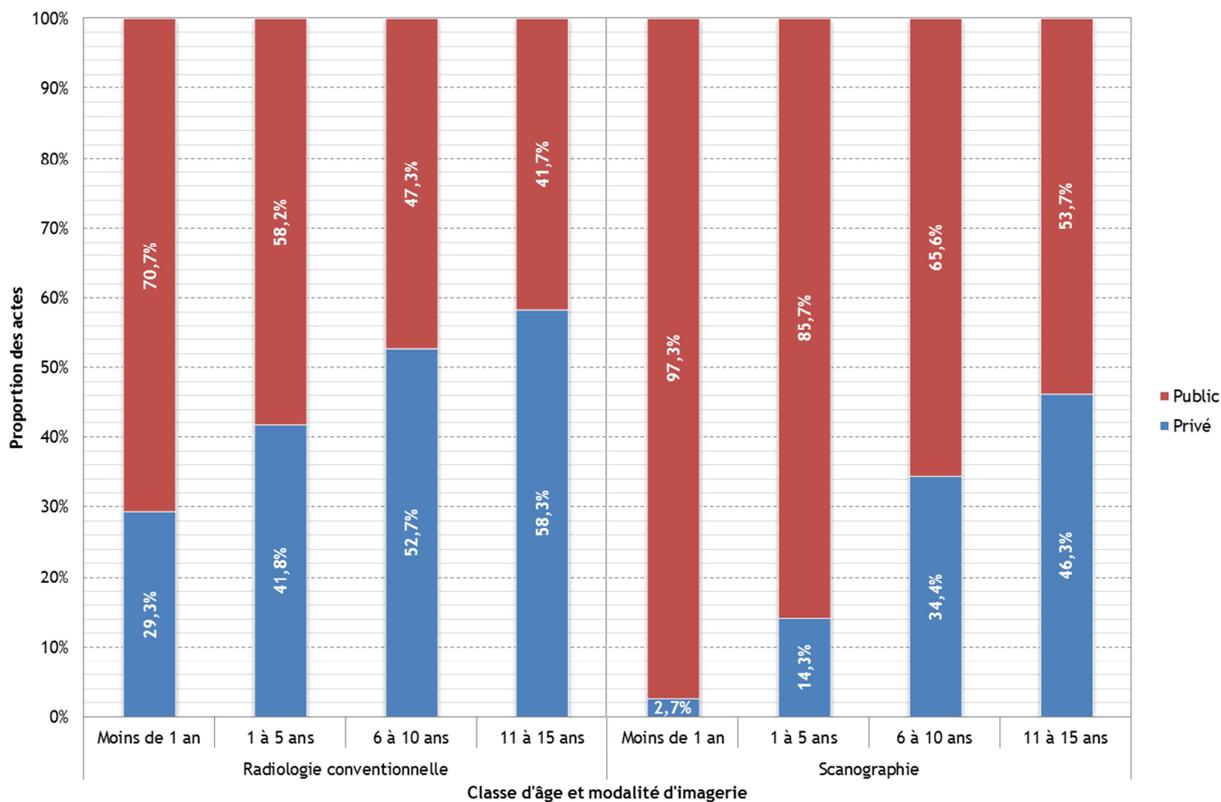


Figure 9. Répartition des actes entre le secteur public et le secteur privé selon la classe d'âge des enfants, pour la radiologie conventionnelle et la scanographie.

La proportion d'actes de radiologie conventionnelle réalisés dans le secteur privé augmente avec l'âge des patients, passant de 29 % pour les enfants de moins de 1 an à 58 % pour les 11-15 ans, soit une proportion deux fois plus grande. En scanographie, la proportion du secteur privé est systématiquement plus faible qu'en radiologie conventionnelle et l'évolution en fonction de l'âge des patients est encore plus marquée : la proportion du privé pour les enfants de 11-15 ans est 17 fois plus importante que pour les enfants de moins de 1 an, pour lesquels le secteur privé ne représente que 2,7 % des actes. Le scanner chez le jeune enfant étant presque systématiquement associé à une pathologie complexe ou à des soins d'urgence, il est essentiellement réalisé dans les services des hôpitaux spécialisés, qui sont très majoritairement publics.

En comparaison avec l'étude précédente portant sur l'année 2010 [7], où ces chiffres n'avaient été calculés que pour les actes de scanographie, la part du secteur public est un peu plus élevée en 2015, à 65 % contre 59 %, cette augmentation étant entièrement due à celle des soins externes. L'évolution selon l'âge du patient est comparable, avec une part du secteur public en augmentation par rapport à 2010 pour les tranches d'âge 6-10 ans et 11-15 ans (66 % contre 59 % et 54 % contre 39 % respectivement), mais en légère diminution pour les enfants plus jeunes (97 % contre 100 % pour les moins de 1 an et 86 % contre 91 % pour les 1 à 5 ans).

5 POPULATION PEDIATRIQUE REELLEMENT EXPOSEE EN 2015

L'EGB étant alimenté à la fois par le SNIIRAM pour le secteur privé et par le PMSI pour les séjours et les soins externes dans le secteur public, il a été possible de déterminer la part de la population étudiée réellement exposée en 2015, c'est-

à-dire ayant bénéficié d'au moins un acte d'imagerie utilisant les rayonnements ionisants à visée diagnostique dans l'année. Pour chaque bénéficiaire exposé, il a été possible de caractériser son exposition en nombre et en nature d'actes.

5.1 Caractérisation de la population exposée

Parmi les 121 437 enfants âgés de 0 à 15 ans présents dans l'effectif de l'EGB en 2015, 38 024 d'entre eux, soit 31,3 %, ont bénéficié en 2015 d'un ou plusieurs actes diagnostiques. Ils sont appelés enfants exposés ou population exposée dans la suite de ce rapport. La Figure 10 présente la proportion d'enfants exposés selon leur sexe et leur âge⁷.

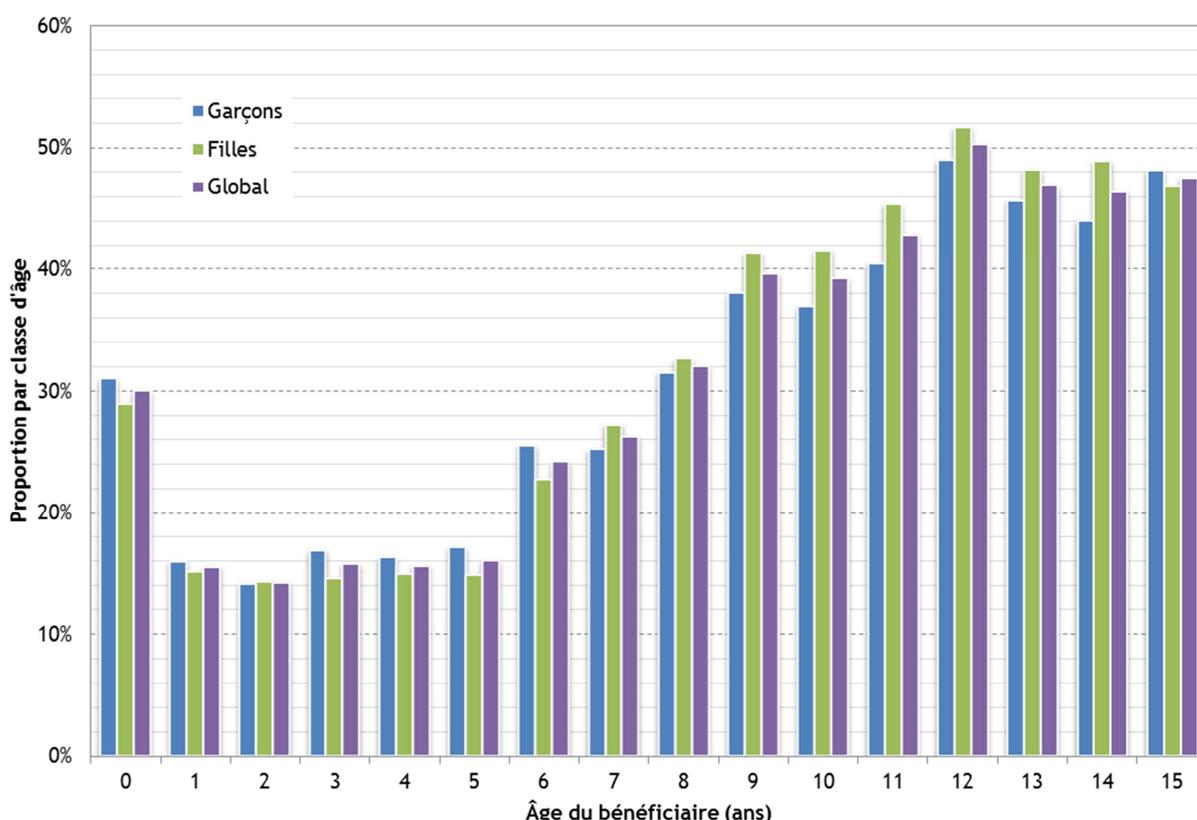


Figure 10. Proportion d'enfants ayant bénéficié d'au moins un acte diagnostique en 2015, par classe d'âge et selon le sexe

La proportion d'enfants exposés varie fortement avec l'âge des enfants et, dans une moindre mesure selon leur sexe :

- Les enfants de moins de 1 an sont 30 % à bénéficier d'un acte ou plus.
- De 1 à 5 ans, la proportion est relativement stable, autour de 15 %.
- La proportion augmente ensuite progressivement pour atteindre 50 % à l'âge de 12 ans, puis se stabilise autour de 47 %.

Ces résultats sont à comparer avec l'évolution des fréquences des actes, représentée sur la Figure 2, page 19. En particulier, les pics observés pour les enfants de moins de 1 an et pour ceux de 12 ans s'expliquent par le fait que les fréquences d'actes plus élevées de ces deux classes d'âges sont davantage dues à un plus grand nombre d'enfants exposés qu'à un plus grand nombre d'examen par enfant exposé. Le cas très spécifique du suivi médical de la population

⁷ L'âge de l'enfant est calculé à la date du premier acte diagnostique dans le cas d'actes multiples.

néonatale explique très probablement que les enfants de moins de 1 an soient, en proportion, deux fois plus nombreux à bénéficier d'un acte diagnostique que les enfants âgés de 1 à 5 ans. Quant à la forte proportion d'enfants âgés de 12 ans qui sont exposés, elle est très probablement due à l'examen bucco-dentaire de prévention obligatoire, comme déjà évoqué dans la section 4.1.1 en page 19.

Les différences entre garçons et filles sont moins marquées que celles liées à l'âge. Cependant, on note qu'à partir de l'âge de 7 ans, la proportion de filles bénéficiant d'au moins un acte est significativement supérieure à celle des garçons, à l'exception de l'âge de 15 ans. Inversement, les garçons de 6 ans et moins sont plus fréquemment exposés que les filles du même âge.

En 2015, la population exposée de l'EGB a bénéficié de 73 325 actes diagnostiques au total (cf. Tableau V, page 23). Les enfants exposés ont donc bénéficié en moyenne de 1,93 acte. Le Tableau VII présente les indicateurs statistiques sur le nombre d'actes par enfant exposé selon la classe d'âge.

Tableau VII. Statistiques sur le nombre d'actes annuel par enfant exposé selon la classe d'âge.

	< 1 an	1 à 5 ans	6 à 10 ans	11 à 15 ans	Tous âges
Nombre d'enfants exposés					
dans l'EGB	1 960	5 960	12 570	17 534	38 024
Nombre d'actes par enfant					
<i>Moyenne</i>	1,88	1,62	1,88	2,08	1,93
<i>Minimum</i>	1	1	1	1	1
<i>25^{ème} centile</i>	1	1	1	1	1
<i>Médiane</i>	1	1	1	2	1
<i>75^{ème} centile</i>	2	2	2	3	2
<i>95^{ème} centile</i>	5	4	4	5	5
<i>Maximum</i>	92	25	42	31	92

On observe par exemple que 50 % des enfants exposés ne bénéficient que d'un acte diagnostique dans l'année ; 75 % bénéficient d'un ou deux actes et 95 % de 5 actes ou moins. La distribution du nombre d'actes par enfant est donc très asymétrique : une très grande majorité d'enfants n'ont qu'un acte dans l'année, alors qu'un nombre très réduit d'enfants ont un grand nombre d'actes. Cela s'explique par le fait que les actes inclus dans cette étude sont à la fois des examens radiologiques courants, comme les radiographies dentaires qui touchent un grand nombre d'enfants de la population générale et ne sont pas récurrents, et des examens radiologiques plus spécialisés, comme par exemple le scanner abdomino-pelvien qui touche un nombre réduit d'enfants et s'inscrit en général dans le suivi d'une pathologie.

La répartition du nombre d'actes par enfant, au sein de la population exposée, est présentée sur la Figure 11, selon les 4 classes d'âge précédemment utilisées.

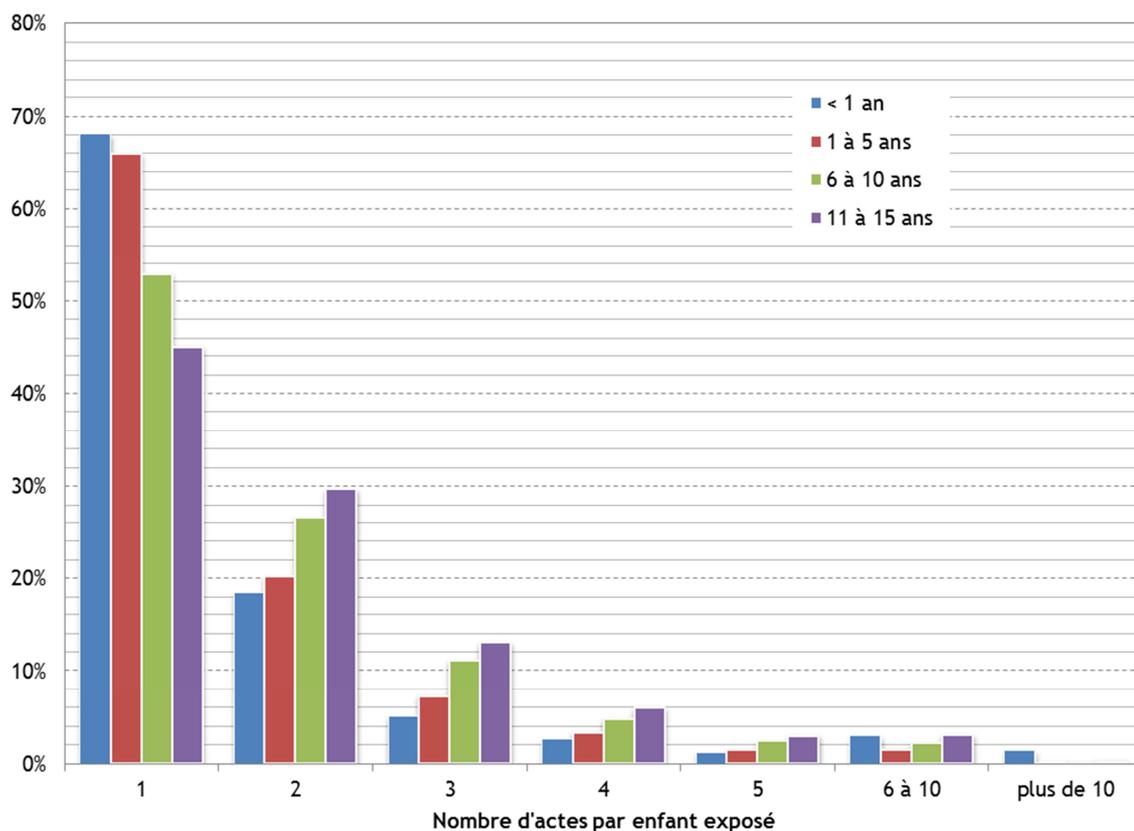


Figure 11. Histogramme des nombres d'actes par enfant ayant été exposé au cours de l'année, selon chaque tranche d'âge.

Ce graphique indique que parmi les enfants exposés, les plus âgés ont tendance à avoir un plus grand nombre d'exams d'imagerie diagnostique que les enfants les moins âgés : la classe d'âge 11 à 15 ans a le plus faible taux pour un acte unique (45 %) et les plus forts taux pour 2 actes et plus. L'exception à cette constatation est la classe des enfants de moins de 1 an : alors que 68 % des enfants exposés de cette classe d'âge ne bénéficient que d'un acte diagnostique dans l'année, le taux pour 6 à 10 examens est équivalent à celui des 11-15 ans et le taux pour plus de 10 examens est très largement supérieur aux autres classes d'âges (environ 3 %). Il s'agit vraisemblablement ici d'une population très spécifique, nécessitant un suivi médical lourd, probablement dans le cadre de maladies congénitales ou de naissance prématurée.

Parmi les examens fréquemment réalisés chez les enfants de moins de 1 an, les radiographies du bassin osseux tiennent une place spécifique. Leur fréquence est élevée (31 % du total des actes de radiologie conventionnelle réalisés chez les petites filles de moins de 1 an, 20 % de celui des petits garçons, cf. Figure 5) et leur pertinence est en question [11]. Leur étude fait l'objet d'un encadré en page suivante.

Focus sur les radiographies du bassin chez les enfants de moins de 6 mois

Une fréquence élevée de radiographies du bassin osseux chez les enfants de moins de 1 an avait été relevée dans le rapport portant sur l'année 2010 [7, Fig. 5]. La pertinence de ces actes étant déjà en question, la société française de radiologie (SFR) et la SFIPP menaient alors, en partenariat avec les pédiatres et les orthopédistes, des actions de sensibilisation à la bonne justification de ces radiographies [24]. Dans le cadre du dépistage des luxations/dysplasies congénitales des hanches, l'échographie est en effet l'examen recommandé, la radiographie n'intervenant que dans le cadre du suivi des maladies avérées [11]. Les fréquences calculées dans le présent rapport pour cette classe d'âge sont en nette baisse : 112 actes pour 1000 garçons vs 205 pour l'année 2010 (soit une baisse de 45 %) et 148 actes pour 1000 filles, vs 250 en 2010 (soit 41 % de baisse). Cette baisse est encourageante mais la question de la pertinence des actes résiduels se pose toujours. Pour apporter un élément de réponse à cette question, et à la demande de la SFIPP, une requête sur les données de l'EGB a été réalisée sur le principe suivant : pour

tout enfant ayant passé au moins une radiographie du bassin osseux⁸ avant l'âge de 6 mois au cours de l'année 2015, le nombre d'actes d'échographies⁹ réalisés antérieurement a été recherché. Les résultats de cette requête sont présentés sur la Figure 12. Il ressort de ces chiffres que seulement 23 % des enfants ayant eu une ou plusieurs radiographies du bassin avant l'âge de 6 mois ont bénéficié d'une ou plusieurs échographies auparavant, en cohérence avec les recommandations de l'HAS [11]. Les échanges avec des radiologues de la SFR et de la SFIPP permettent d'affiner l'interprétation de ce chiffre. Le cas des enfants bénéficiant de plusieurs radiographies sans échographie préalable pouvant également être considérées comme justifiées (luxation avérée vue cliniquement puis suivie en radiographie), le pourcentage d'enfants pour lesquels la(les) radiographie(s) du bassin est(ont) *a priori* justifiée(s) atteint 28 %. Les 72 % d'enfants restants peuvent être répartis en plusieurs catégories :

- Enfants chez qui l'échographie n'a pas été réalisée avant l'âge de 3 mois, comme recommandé, et chez qui, en conséquence, une radiographie est réalisée ultérieurement. Ce schéma ne correspond pas aux recommandations de bonne pratique [11].
- Enfants pour qui l'échographie n'a pas été réalisée en raison de l'indisponibilité d'un appareil d'échographie ou de l'absence de formation du clinicien. Ce schéma ne devrait en théorie plus exister et est combattu par les sociétés savantes concernées.
- Indications de radiographies du bassin autres que le dépistage de luxation congénitale de la hanche, telles qu'infection, trauma... La justification est alors réelle mais la fréquence de ce type d'indication ne peut expliquer qu'une faible partie des 72 % d'enfants évoqués.

En conclusion, la fréquence des actes de radiologie du bassin sur les enfants de moins de 1 an a très significativement baissé depuis l'étude de 2010, ce qui montre que les actions de sensibilisation des professionnels ont été utiles. Cependant, une fraction importante, pouvant atteindre 70 %, des enfants ayant bénéficié d'une radiographie du bassin avant l'âge de 6 mois peut être considérée, sous réserve d'investigations complémentaires, comme non justifiée.

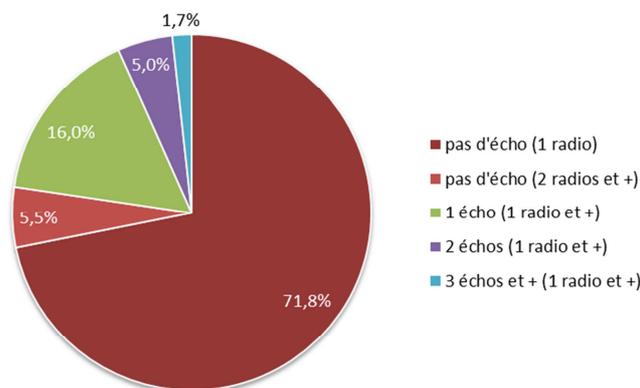


Figure 12. Proportion des enfants ayant bénéficié d'une ou plusieurs échographies de la hanche antérieurement à la radiographie du bassin réalisée avant l'âge de 6 mois.

⁸ Correspondant aux codes CCAM NAQK007, NAQK015, NAQK023, NAQK049, NAQK071, NEQK010, NEQK012 et NEQK035.

⁹ Correspondant aux codes CCAM NEQM001, PBQM001 à PBQM004.

5.2 Dose efficace individuelle

Lorsque la dose efficace totale calculée pour l'année 2015 est rapportée au nombre d'enfants de la population de l'EGB réellement exposés, on obtient une dose efficace individuelle moyenne de 0,43 mSv. Plus encore que pour le nombre d'actes, la distribution de la dose est extrêmement hétérogène (cf. Tableau VIII) : la moitié de la population exposée reçoit une dose inférieure ou égale à 0,02 mSv, 95 % reçoit 1,6 mSv ou moins, tandis que les 5 % restant reçoivent une dose supérieure à 1,6 mSv, avec un maximum observé dans cette étude de 68 mSv.

Tableau VIII. Statistiques sur la dose efficace par enfant exposé selon la classe d'âge.

	< 1 an	1 à 5 ans	6 à 10 ans	11 à 15 ans	Tous âges
Nombre d'enfants exposés					
dans l'EGB	1 960	5 960	12 570	17 534	38 024
Dose efficace / enf. (mSv)					
<i>Moyenne</i>	0,97	0,49	0,30	0,45	0,43
<i>Minimum</i>	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002
25 ^{ème} centile	0,06	0,005	0,004	0,004	0,004
<i>Médiane</i>	0,55	0,06	0,012	0,016	0,02
75 ^{ème} centile	0,6	0,12	0,04	0,06	0,06
95 ^{ème} centile	2,9	1,5	1,3	1,7	1,6
<i>Maximum</i>	57,8	40,8	56,2	68,0	68,0

La Figure 13 illustre également cette très forte hétérogénéité des doses reçues.

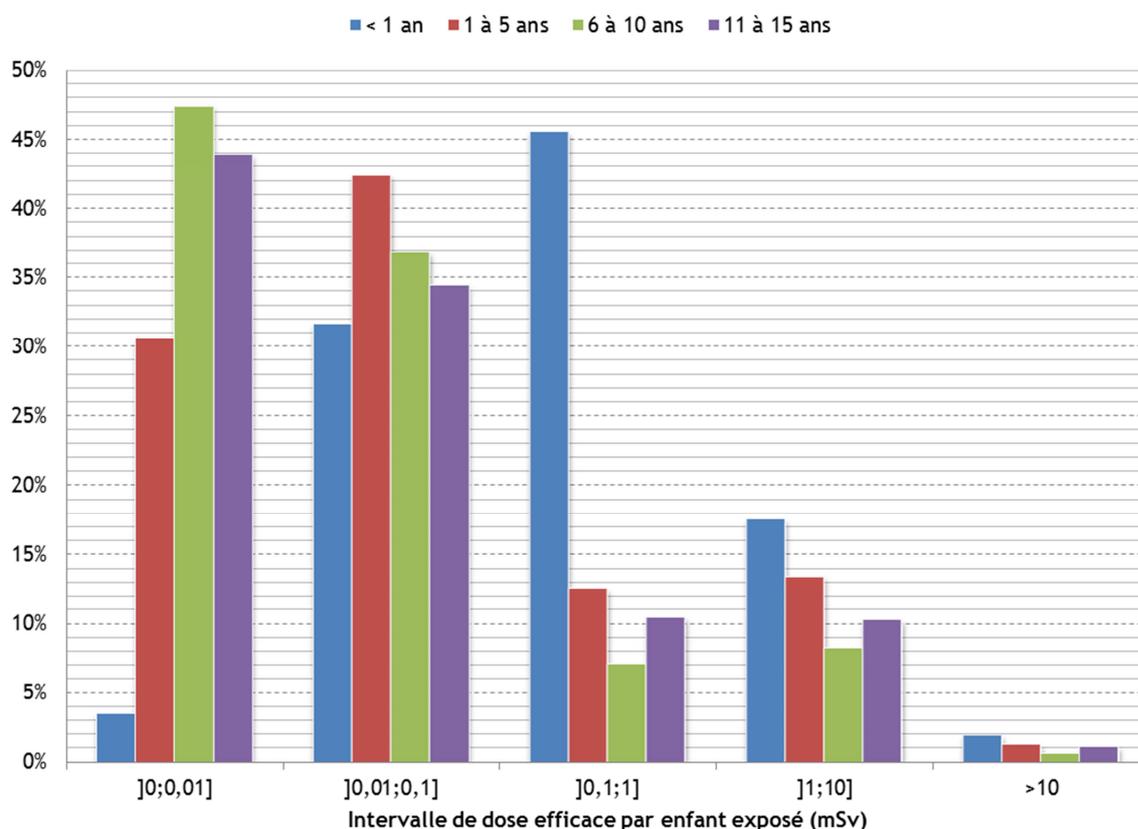


Figure 13. Histogramme de la dose efficace cumulée reçue par chaque enfant ayant été exposé au cours de l'année, selon chaque tranche d'âge.

Alors que la grande majorité des enfants âgés de plus de 1 an a reçu une dose cumulée largement inférieure à 0,1 mSv, la moitié de ceux âgés de moins de 1 an a reçu plus de 0,55 mSv. Les enfants les plus jeunes sont, en proportion de l'effectif exposé de leur classe d'âge, la catégorie la plus exposée. Cette constatation est évidemment en accord avec celle observée sur le nombre d'actes pour la même tranche d'âge (cf. section 5.1 ci-dessus). Les raisons en sont donc les mêmes : suivi médical lourd d'une population très spécifique.

Synthèse des résultats et comparaison avec l'étude précédente

En 2015, environ 31 % des enfants âgés de 0 à 15 ans ont bénéficié d'un ou plusieurs actes diagnostiques, en hausse de 2 points par rapport à 2010. Cette proportion varie d'environ 15 % pour les enfants âgés de 1 à 5 ans, à environ 30 % pour les enfants de moins de 1 an et à environ 45 % pour ceux de 11 à 15 ans. Le nombre moyen d'actes par enfant exposé qui est de 1,9 en 2015 est en légère baisse par rapport à 2010 (2 actes par enfant exposé).

La dose efficace moyenne par enfant exposé atteint en 2015 la valeur de 0,43 mSv, en baisse de 34 % par rapport à 2010. L'exposition est extrêmement hétérogène puisque la moitié des enfants exposés a reçu une dose efficace cumulée inférieure ou égale à 0,02 mSv (vs 0,025 mSv en 2010) et que seulement 5 % des enfants exposés ont reçu plus de 1,6 mSv. Les enfants âgés de moins de 1 an sont, en proportion de l'effectif exposé de leur classe d'âge, la catégorie la plus exposée, avec une dose efficace moyenne proche de 1 mSv et une dose efficace médiane de 0,55 mSv.

6 COMPARAISON AVEC LA LITTÉRATURE

La comparaison des résultats de cette étude avec les données publiées dans la littérature internationale est difficile à réaliser compte tenu du très faible nombre d'études décrivant l'exposition de la population pédiatrique.

Le rapport européen RP n° 180 [12] présente l'analyse de l'étude Dose Datamed 2 conduite entre 2007 et 2010 auprès de 36 pays européens. C'est l'étude la plus complète à ce jour sur l'exposition de la population européenne aux rayonnements ionisants, mais elle n'est pas spécifique à la population pédiatrique et présente très peu de résultats par tranche d'âge des patients. Les fréquences d'actes et les doses efficaces annuelles moyenne *per caput* ne sont en particulier données que pour l'ensemble de la population de chaque pays. Les distributions par tranche d'âge et par sexe de 20 examens radiologiques sont fournies mais, faute de normalisation du nombre d'actes par la population de chaque catégorie d'âge et de sexe, il ne s'agit pas de fréquences d'actes comparables à celles présentées dans ce rapport. Qualitativement, la variation du nombre d'actes selon l'âge du patient pour la radiographie du thorax (graphique *Chest*, p. 148) est comparable à celle observée dans la présente étude en Figure 5. Le nombre élevé d'actes pour les enfants de 0 à 4 ans observé dans l'étude européenne est cohérent avec la fréquence élevée de ce type d'acte pour les enfants de moins de 1 an relevée dans cette étude. De même, la fréquence plus élevée de cet acte pour les garçons est visible sur les données de l'étude européenne. Les mêmes observations qualitatives peuvent être faites avec les radiographies de l'abdomen et du bassin osseux (graphiques *Abdomen* et *Pelvis*, p. 151). Les graphiques portant sur les examens scanographiques (p. 154-157) permettent également de constater que les examens portant sur la tête et le cou sont largement dominants chez les enfants, en accord avec les résultats de cette étude (*cf.* Figure 7).

Une étude irlandaise publiée en 2015 [31] permet d'obtenir des éléments de comparaison sur les examens scanographiques et de médecine nucléaire. Une fréquence nationale de 3,85 examens scanner pour 1000 enfants en 2012 y est indiquée, donc nettement inférieure à celle calculée ici (14,1, *cf.* Tableau V). L'étude irlandaise ne porte cependant que sur les examens réalisés dans les 3 hôpitaux pédiatriques du pays, la fréquence des scanners est donc probablement sous-estimée même si les auteurs considèrent que peu d'examens de ce type sont réalisés en dehors des hôpitaux pédiatriques. Pour rappel, en France, environ 35 % des scanners pédiatriques sont réalisés dans le secteur privé et la proportion des examens réalisés dans les hôpitaux pédiatriques par rapport à l'ensemble du secteur public n'a pas été estimée. La fréquence d'examens de médecine nucléaire en Irlande, qui est de 1,53 pour 1000 enfants, est quasiment identique à celle calculée pour la France dans la présente étude. Les zones anatomiques sur lesquelles portent les examens irlandais sont, en scanner, la tête et le cou pour environ 50 %, le thorax (15 %) et la zone abdomino-pelvienne (15 %), ce qui est très proche de la répartition française. En médecine nucléaire, 70 % des examens portent sur le rein (40 % en France) et un peu plus de 20 % sur le squelette (environ 50 % en France). Les pratiques cliniques en médecine nucléaire semblent donc différentes entre les deux pays.

Une étude italienne récente [32] porte sur l'évolution de l'utilisation du scanner chez l'enfant et l'adulte entre 2004 et 2014 dans la région de Lombardie. Environ 8,5 examens scanographiques pour 1000 enfants de 0 à 17 ans sont comptabilisés pour l'année 2014. Ce chiffre est, bien que supérieur à celui de l'étude irlandaise, toujours inférieur à celui de cette étude (*cf.* Tableau V). De plus, l'étude italienne indique une fréquence quasi nulle pour les enfants de moins de 5 ans, *a contrario* des présents résultats. Il faut toutefois remarquer que l'étude italienne n'inclut pas les patients hospitalisés, ce qui conduit donc à une fréquence d'examen sous-estimée, tout particulièrement pour les jeunes enfants puisque les examens scanner sont en général associés à un suivi de pathologie lourde, et donc à une hospitalisation, dans cette tranche d'âge.

Il est également possible de comparer cette étude avec celle conduite sur l'exposition de la population suisse en 2013 [33]. Concernant la radiologie conventionnelle, l'étude suisse indique, de façon concordante avec les résultats de cette étude, que les examens du thorax sont très largement majoritaires chez les enfants de moins de 5 ans, alors que ce sont les examens portant sur les membres qui dominent largement chez les enfants de 5 ans et plus. En scanographie, l'étude suisse montre une fréquence d'examen significativement plus élevée chez les garçons, en accord avec cette étude. La zone anatomique la plus explorée est la zone de la tête et du cou, de façon dominante pour les enfants de moins de 5 ans, et de façon moindre pour les enfants de plus de 5 ans pour lesquels les zones thorax, abdomen-pelvis et membres sont également importantes. Ces résultats sont, là encore, en accord avec ceux de la présente étude (cf. Figure 7).

De nombreuses autres études portant sur l'exposition de la population existent mais très peu d'entre elles comportent des données spécifiques à la population pédiatrique. Lorsque celles-ci sont présentes, elles sont le plus souvent insuffisamment précises pour permettre une comparaison fiable avec la présente étude. Une étude roumaine portant sur l'année 2012 [34] indique que les examens scanographiques les plus fréquents pour les patients âgés de 0 à 15 ans portent sur les membres et les articulations, la tête et le rachis cervical. Ces résultats ne correspondent que partiellement avec ceux présentés ici puisque les examens portant sur l'abdomen et le pelvis y sont également fréquents et que ceux portant sur la tête et le cou dominent très largement (cf. Tableau V). Une autre étude est consacrée à l'exposition d'origine médicale de la population de la Corée du Sud [35]. Le nombre annuel d'examens d'imagerie diagnostique est présenté par tranche d'âge de 5 ans : stable à environ 3,8 millions pour les filles, variable entre 4,7 millions pour les garçons de 1 à 5 ans et 6,8 millions pour les garçons de 11 à 15 ans. Ces résultats, même s'ils ne sont pas directement comparables aux fréquences d'actes données dans le présent rapport pour 1000 enfants, restent néanmoins en contradiction avec les résultats du Tableau III où de tels écarts entre garçons et filles ne sont pas observés. Une cause possible de cette contradiction est la faible proportion d'actes de radiologie dentaire indiquée dans l'étude coréenne (10,8 % sur la population totale) en comparaison des pratiques françaises (33,8 % d'après [6]). Ces considérations illustrent la difficulté à comparer des études portant sur des pays ayant des pratiques médicales et des systèmes de santé très différents.

Outre le faible nombre de données disponibles, les données publiées dans les études sélectionnées sont donc très hétérogènes. Les comparaisons quantitatives avec les résultats de cette étude sont par conséquent nécessairement limitées. Les correspondances qualitatives observées sont cependant suffisantes pour considérer que les résultats de cette étude sont cohérents avec ceux déjà publiés dans d'autres pays. Enfin, cette comparaison met en lumière la spécificité de la présente étude : grâce à l'utilisation de l'EGB, elle est la seule à pouvoir caractériser la population d'enfants réellement exposés à une échelle nationale. Les études ne disposant pas d'un tel outil sont limitées soit à la description de l'exposition de la population globale, sans distinction entre enfant exposé et enfant non-exposé, soit à l'étude d'une population de patients issue d'un nombre limité d'établissements de soins.

7 CONCLUSION

L'étude ExpRI pédiatrique 2015 a été réalisée à partir de l'échantillon généraliste des bénéficiaires qui est représentatif au 1/97^{ème} de la population française protégée par le régime général de la CNAM, le régime des salariés indépendants et le régime agricole. L'ensemble des actes d'imagerie médicale diagnostique utilisant les rayonnements ionisants (radiologie conventionnelle, dentaire et interventionnelle diagnostique, scanographie et médecine nucléaire), réalisés en 2015 sur des enfants âgés de moins de 16 ans au jour de l'acte, a été pris en compte.

En France en 2015, environ 604 actes diagnostiques ont été réalisés pour 1000 enfants de moins de 16 ans, chiffre en relative stabilité (+1,5 %) par rapport à l'année 2010. Les enfants de 11 à 15 ans sont les plus fréquemment exposés avec 993 actes pour 1000 enfants, tandis que ceux de 1 à 5 ans le sont le moins avec 250 actes/1000 enfants. La radiologie conventionnelle et la radiologie dentaire représentent respectivement 56 % et 41 % des actes, la scanographie représente un peu plus de 2 %, la médecine nucléaire et la radiologie interventionnelle diagnostique représentent moins de 1 %. Cette répartition est sensiblement équivalente à celle observée en 2010. Les filles sont légèrement plus souvent exposées que les garçons, toutes classes d'âges confondues (+1,8 %). **La proportion d'enfants ayant bénéficié d'au moins un acte diagnostique atteint 31 %, en hausse de 2 points par rapport à 2010.** Cette proportion varie d'environ 15 % pour les enfants âgés de 1 à 5 ans à environ 45 % pour ceux de 11 à 15 ans. Le nombre moyen d'actes par enfant exposé est de 1,9 en légère baisse par rapport à 2010 (2 actes par enfant exposé).

La dose efficace annuelle moyenne s'élève à 0,135 mSv par enfant, exposé ou non, en baisse de 25 % par rapport à l'année 2010. La radiologie conventionnelle contribue pour environ 53 % à cette dose, soit 72 µSv par enfant, en recul de 53 µSv par rapport à 2010. Le scanner représente environ 40 % de la dose totale, soit 55 µSv par enfant, en légère augmentation de 7 µSv depuis 2010. La radiologie dentaire, la médecine nucléaire et la radiologie interventionnelle diagnostique contribuent ensemble pour moins de 7 %, soit 9 µSv, en augmentation de 2 µSv depuis 2010. La dose efficace annuelle moyenne des filles et celle des garçons sont identiques. **La dose efficace moyenne par enfant exposé atteint la valeur de 0,43 mSv, en baisse de 34 % par rapport à 2010.** L'exposition est extrêmement hétérogène puisque la moitié des enfants exposés a reçu une dose efficace cumulée inférieure ou égale à 0,02 mSv (vs 0,025 mSv en 2010) et que seulement 5 % des enfants exposés ont reçu plus de 1,6 mSv. **Les enfants âgés de moins de 1 an sont, en proportion de l'effectif exposé de leur classe d'âge, la catégorie la plus exposée,** avec une dose efficace moyenne proche de 1 mSv et une dose efficace médiane de 0,55 mSv.

De manière générale, très peu d'évolutions sont observées sur la fréquence des actes diagnostiques en 2015 par rapport à 2010, à la fois en nombre et en répartition par modalités d'imagerie. Au contraire, la dose efficace annuelle moyenne, calculée sur l'ensemble de la population comme sur la population exposée, est en baisse très significative par rapport à l'étude précédente. **Cette baisse de l'exposition moyenne des enfants étant constatée alors que la fréquence des actes d'imagerie est globalement stable, elle est donc directement liée à la baisse de la dose efficace moyenne par type d'acte, constatée essentiellement par l'analyse des données transmises à l'IRSN dans le cadre des niveaux de référence diagnostiques.** Plusieurs explications liées à l'amélioration des techniques et des pratiques peuvent être associées à cette diminution, sans toutefois qu'il soit possible de déterminer laquelle a le plus d'influence. Entre 2010 et 2015, plusieurs évolutions technologiques réduisant la dose nécessaire à la réalisation d'une image de qualité se sont généralisées dans les services et les cabinets de radiologie : capteurs numériques en radiologie conventionnelle et algorithmes de reconstruction itérative en scanographie en sont deux exemples. La sensibilisation des professionnels - aussi bien radiologues que manipulateurs en électroradiologie médicale - aux principes de justification et d'optimisation des examens s'est améliorée. L'intervention des physiciens médicaux s'est accrue dans le domaine de la radiologie et a contribué à l'optimisation des pratiques. Les sociétés savantes concernées ont publié des guides de bonnes pratiques. Les

autorités ont intensifié leur implication, telle que le plan d'action de l'ASN visant à la maîtrise des doses délivrées aux patients en imagerie médicale initié en 2011.

Références bibliographiques

- [1] IRSN, « Exposition de la population française aux rayonnements ionisants », IRSN, Fontenay-aux-Roses, 2015-001, 2016.
- [2] *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*, vol. OJ L. 1997.
- [3] *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, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom et 2003/122/Euratom*, vol. OJ L. 2014.
- [4] P. Scanff, J. Donadieu, P. Pirard, et B. Aubert, « Exposition médicale de la population française aux rayonnements ionisants », IRSN - INVS, avr. 2006.
- [5] C. Etard, S. Sinno-Tellier, et B. Aubert, « Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2007 », IRSN - INVS, mars 2010.
- [6] « Exposition de la population française aux rayonnements ionisants liée aux actes de diagnostic médical en 2012 », IRSN, PRP-HOM 2014-6, 2014.
- [7] « Exposition des enfants aux rayonnements ionisants liée aux actes diagnostiques en 2010 en France », IRSN, PRP-HOM 2013-003.
- [8] European Commission, « European Guidance on Estimating Population Doses from Medical X-Ray Procedures », Radiation Protection Report 154, 2008.
- [9] L. D. Roquefeuil, A. Studer, A. Neumann, et Y. Merlière, « L'échantillon généraliste de bénéficiaires : représentativité, portée et limites », *Pratiques et Organisation des Soins*, vol. 40, n° 3, p. 213-223, déc. 2011.
- [10] *Décret n° 2016-1871 du 26 décembre 2016 relatif au traitement de données à caractère personnel dénommé « système national des données de santé »*. 2016.
- [11] « Luxation congénitale de la hanche : dépistage », *Haute autorité de santé*. [En ligne]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_1680275/fr/luxation-congenitale-de-la-hanche-depistage. [Consulté le: 14-nov-2018].
- [12] European Commission et Directorate-General for Energy, *Medical radiation exposure of the European population*. Luxembourg: Publications Office, 2015.
- [13] Commission internationale de protection contre les radiations. *Recommandations 2007 de la Commission internationale de protection radiologique*. Edition en langue française par J.C. Nénot. Paris, Éd. Tec & doc, 2009.
- [14] IRSN, « Analyse des données relatives à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire. Bilan 2011-2012 », IRSN, Fontenay-aux-Roses, PRP-HOM/2014-9, 2014.
- [15] IRSN, « Analyse des données relatives à la mise à jour des niveaux de référence diagnostiques en radiologie et en médecine nucléaire Bilan 2013-2015 », IRSN, Fontenay-aux-Roses, PRP-HOM 2016-00006, nov. 2016.
- [16] « Guide des Procédures Radiologiques : Critère de Qualité et Optimisation des Doses ». [En ligne]. Disponible sur: <http://www.sfrnet.org/sfr/professionnels/5-referentiels-bonnes-pratiques/guides/guide-procedures-radiologiques/index.phtml>. [Consulté le: 14-nov-2018].
- [17] Société française de radiologie et Société française de médecine nucléaire et d'imagerie moléculaire, « Guide du Bon Usage des examens d'imagerie médicale ». [En ligne]. Disponible sur: <http://gbu.radiologie.fr/>. [Consulté le: 14-nov-2018].

- [18] « Guide des indications et des procédures des examens radiologiques en odontostomatologie. Recommandations pour les professionnels de santé. », mai-2006. [En ligne]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_610464/fr/guide-des-indications-et-procedures-des-examens-radiologiques-en-odontostomatologie. [Consulté le: 14-nov-2018].
- [19] IRSN, « Doses délivrées aux patients en scanographie et en radiologie conventionnelle. Résultats d'une enquête multicentrique en secteur public. », IRSN, Fontenay-aux-Roses, DRPH/SER 2010-12, 2010.
- [20] IRSN, « Doses délivrées aux patients en scanographie. Analyse des recueils de doses de 9 services de radiologie en France en 2012. », IRSN, Fontenay-aux-Roses, PRP-HOM 2013-12, 2013.
- [21] H. J. Brisse et B. Aubert, « Niveaux d'exposition en tomodensitométrie multicoups pédiatrique : résultats de l'enquête dosimétrique SFIPP/IRSN 2007-2008 », *Journal de Radiologie*, vol. 90, n° 2, p. 207-215, févr. 2009.
- [22] C. Etard, D. Celier, P. Roch, et B. Aubert, « National survey of patient doses from whole-body FDG PET-CT examinations in France in 2011 », *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 152, n° 4, p. 334-338, janv. 2012.
- [23] C. Etard et B. Aubert, « Enquête nationale en médecine nucléaire : radiopharmaceutiques et activités utilisés en 2007 dans le secteur public », *Médecine Nucléaire*, vol. 36, n° 2, p. 53-61, févr. 2012.
- [24] « communications personnelles avec la section radioprotection de la SFR et l'association dentaire française (ADF) », 2018-2017.
- [25] D. Hart et B. F. Wall, « Radiation exposure of the UK populations from medical and dental X-rays examinations », NRPB-W4, mars 2002.
- [26] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, « Sex Differentials in Childhood Mortality », United Nations, ST/ESA/SER.A/314, 2011.
- [27] *Code de la santé publique - Article L2132-2-1*, vol. L2132-2-1. .
- [28] « Indications de la radiographie du crâne et/ou du massif facial », *Haute autorité de santé*. [En ligne]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_679833/fr/indications-de-la-radiographie-du-crane-et/ou-du-massif-facial. [Consulté le: 14-nov-2018].
- [29] « Indications et non-indications de la radiographie de l'abdomen sans préparation », *Haute autorité de santé*. [En ligne]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_745656/fr/indications-et-non-indications-de-la-radiographie-de-l-abdomen-sans-preparation. [Consulté le: 14-nov-2018].
- [30] K.-F. Krey et C. Hirsch, « Frequency of orthodontic treatment in German children and adolescents: influence of age, gender, and socio-economic status », *Eur J Orthod*, vol. 34, n° 2, p. 152-157, avr. 2012.
- [31] M. O'Connor, J. Ryan, et S. Foley, « A review of cross-sectional imaging, ultrasound and nuclear medicine utilization patterns in paediatric patients in Ireland, 2003-12 », *BJR*, vol. 88, n° 1048, p. 20140767, févr. 2015.
- [32] A. Pola *et al.*, « Computed tomography use in a large Italian region: trend analysis 2004-2014 of emergency and outpatient CT examinations in children and adults », *Eur Radiol*, vol. 28, n° 6, p. 2308-2318, juin 2018.
- [33] R. Le Coultre, J. Bize, M. Champendal, D. Wittwer, P. Trueb, et F. Verdun, « Exposition de la population suisse aux rayonnements ionisants en imagerie médicale en 2013 », Université de Lausanne et Haute école spécialisée de Suisse occidentale, 2014.
- [34] O. Girjoaba et A. Cucu, « Romanian medical exposure to ionising radiation in 2012 », *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 165, n° 1-4, p. 137-140, juil. 2015.
- [35] S. Y. Lee, H. S. Lim, J. Lee, et H. S. Kim, « Evaluation of diagnostic medical exposure in Republic of Korea », *Radiat Prot Dosimetry*, vol. 168, n° 3, p. 388-395, mars 2016.

Annexe 1 Liste des codes CCAM par modalité d'imagerie et par zone anatomique explorée. Dose efficace, fréquence et contribution à la dose collective associées.

L'ensemble des 188 codes CCAM de fréquence non nulle de cette étude, représentant 61 219 actes, soit 83,5% du total des actes pour l'année 2015 sur la population pédiatrique de l'EGB, sont détaillés dans les tableaux IX à XIII ci-dessous. Les codes sont classés par modalité d'imagerie et par région anatomique exposée. La colonne « E / acte » indique la dose efficace¹⁰ associée au code CCAM, en mSv. La colonne « Fréq. Acte » contient la fréquence de réalisation de l'acte, en nombre d'actes pour 1000 enfants, ainsi que son rang de classement par fréquence décroissante. La colonne « E_{moy.} / enf. » indique la contribution de l'acte à la dose annuelle moyenne par enfant en μSv , calculée sur l'ensemble de la population pédiatrique de l'EGB 2015, exposée comme non exposée. La mention N.S. (non significatif) est présente lorsque moins de 10 occurrences du code ont été trouvées. La mention [100+] indique que le rang de classement du code est de 100 ou plus.

La distribution des codes CCAM selon leur fréquence d'occurrence dans cette étude est représentée en Figure 14a. Les 8 premiers codes CCAM par leur fréquence représentent à eux seuls plus de la moitié du nombre total d'actes codés. Les 20 premiers codes cumulent quant à eux les trois quarts du nombre total d'examen codés. Enfin, 165 codes ont une proportion inférieure à 1 % du nombre total d'actes codés, ce qui correspond à une fréquence de réalisation inférieure à 5 actes pour 1000 enfants. L'ensemble de ces codes peu fréquents représente plus de 21 % du nombre total d'actes codés. Il est également possible d'étudier les codes CCAM en fonction de leur contribution relative à la dose efficace totale, ce qui est représenté sur la Figure 14b. La moitié de la dose efficace totale sur l'année 2015 est due aux 8 premiers codes CCAM, 3 codes de scanographie et 5 de radiologie conventionnelle. Les 20 premiers codes cumulent quant à eux les trois quarts de la dose totale et sont constitués de 10 codes de radiologie conventionnelle, 9 de scanographie et 1 de médecine nucléaire. Enfin, les 164 codes contribuant chacun pour moins de 1 % à la dose totale, ce qui correspond à une dose efficace moyenne annuelle par enfant de 1,4 μSv , comptent ensemble pour 19 % de la dose totale, soit près de 26 μSv /enfant.

Les actes de radiologie dentaire non codés en CCAM (cf. section 2.2.3) ne sont pris en compte ni dans les tableaux IX à XIII, ni dans la Figure 14. Pour calculer leur contribution à la dose efficace totale, ils ont été considérés comme équivalant à une (respectivement deux et quatre) radiographie intrabuccale rétroalvéolaire et/ou rétrocoronaire d'un secteur de 1 à 3 dents contiguës (code CCAM HBQK389) pour le code de prestation de référence 1331 (respectivement 9422 et 9423).

¹⁰ Il est rappelé que cette dose est évaluée sur la base des examens *adultes* pour les raisons évoquées dans la section 3.2.

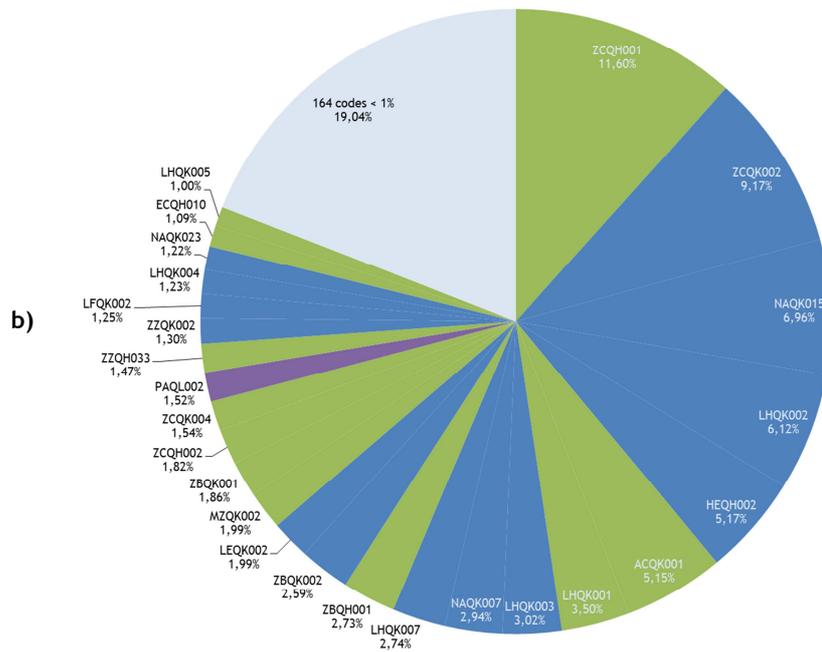
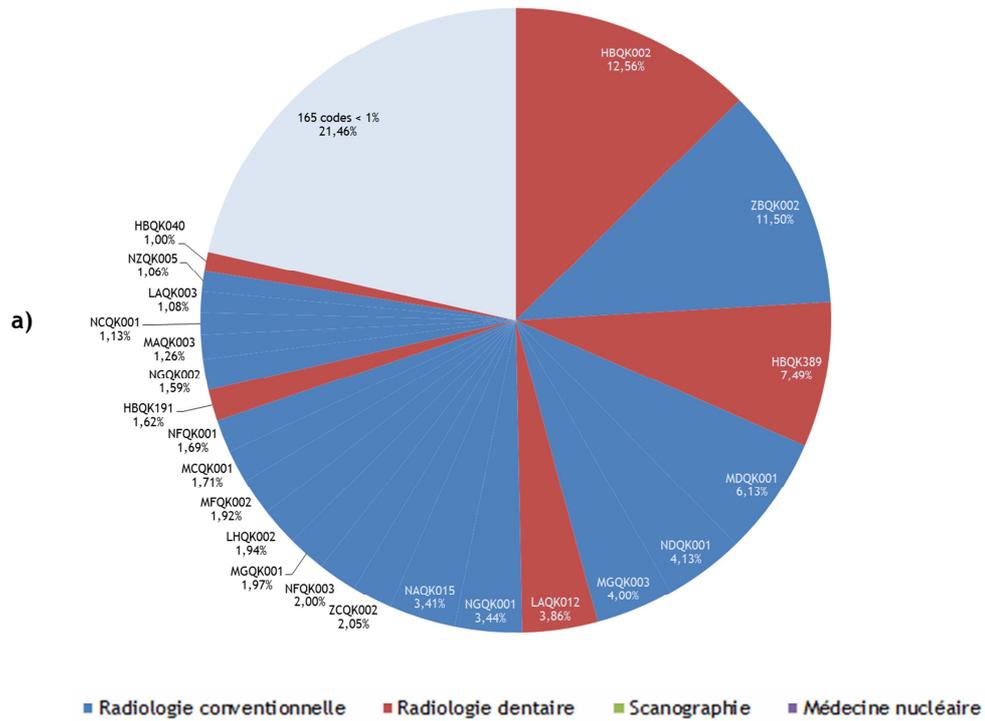


Figure 14. Classement des codes CCAM selon : a) leur proportion du total des actes codés ; b) leur contribution à la dose efficace annuelle totale.

Tableau IX. Liste des codes CCAM de radiologie conventionnelle, classés par zone anatomique.

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy./enf.}	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	μSv	[rang]
<i>Tête et cou</i>						
HQQH002	Étude radiologique dynamique de la déglutition, avec enregistrement [Pharyngographie dynamique]	0,06	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
LAQK003	Radiographie du crâne et/ou du massif facial selon 1 ou 2 incidences	0,04	5,44	[21]	0,22	[58]
LAQK005	Radiographie du crâne et/ou du massif facial selon 3 incidences ou plus	0,08	1,51	[48]	0,12	[77]
LBQK001	Tomographie unilatérale ou bilatérale de l'articulation temporomandibulaire	0,5	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
LBQK005	Radiographie unilatérale ou bilatérale de l'articulation temporomandibulaire	0,012	0,12	[96]	<0,01	[100+]
LCQK002	Radiographie des tissus mous du cou	0,06	1,58	[47]	0,09	[82]
LDQK001	Radiographie du segment cervical de la colonne vertébrale selon 1 ou 2 incidences	0,07	1,01	[58]	0,07	[91]
LDQK002	Radiographie du segment cervical de la colonne vertébrale selon 3 incidences ou plus	0,2	2,93	[34]	0,59	[40]
<i>Thorax</i>						
HEQH001	Radiographie de l'œsophage avec opacification par produit de contraste [Transit œsophagien]	1,2	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HEQH002	Radiographie œso-gastro-duodénale avec opacification par produit de contraste [Transit œso-gastro-duodénal]	10	0,70	[67]	7,00	[5]
LDQK004	Radiographie du segment cervical et du segment thoracique de la colonne vertébrale	0,35	0,39	[79]	0,14	[73]
LEQK001	Radiographie du segment thoracique de la colonne vertébrale	0,25	0,96	[61]	0,24	[56]
LJQK001	Radiographie du squelette du thorax	0,08	0,71	[66]	0,06	[96]
LJQK002	Radiographie du thorax avec radiographie du squelette du thorax	0,14	0,96	[60]	0,13	[74]
LJQK015	Radiographie du sternum et/ou des articulations sternoclaviculaires	0,08	0,44	[77]	0,03	[100+]
MAQK001	Radiographie de la ceinture scapulaire et/ou de l'épaule selon 3 ou 4 incidences	0,02	2,22	[41]	0,04	[99]
MAQK002	Radiographie de la ceinture scapulaire et/ou de l'épaule selon 5 incidences ou plus	0,03	0,57	[69]	0,02	[100+]
MAQK003	Radiographie de la ceinture scapulaire et/ou de l'épaule selon 1 ou 2 incidences	0,01	6,33	[19]	0,06	[93]
MEQH001	Arthrographie de l'épaule	0,03	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
ZBQK002	Radiographie du thorax	0,06	57,82	[2]	3,51	[12]
ZBQK003	Examen radiologique dynamique du thorax, pour étude de la fonction respiratoire et/ou cardiaque	0,12	0,12	[95]	0,01	[100+]

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy.} /enf.	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	µSv	[rang]
<i>Abdomen et pelvis</i>						
HGPH001	Désobstruction de l'intestin grêle par lavement intestinal pour iléus méconial, avec contrôle radiologique	6	N.S.	[100+]	N.S.	[80]
HGQH002	Radiographie de l'intestin grêle avec ingestion de produit de contraste [Transit du grêle]	3,3	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HHQH001	Radiographie du côlon avec opacification par produit de contraste	9	0,14	[93]	1,26	[27]
HPMP002	Contrôle radiologique secondaire de position et/ou de fonctionnement d'un drain péritonéal, d'un cathéter de dialyse péritonéale ou d'une dérivation péritonéojugulaire, avec opacification par produit de contraste	2,4	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HZMP002	Contrôle radiologique secondaire de position et/ou de fonctionnement d'une sonde digestive, d'un drain biliaire ou d'une endoprothèse biliaire avec opacification par produit de contraste	2,4	N.S.	[100+]	N.S.	[95]
JBQH002	Urétéropyélographie rétrograde [UPR]	2,4	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
JBQH003	Urétéropyélographie descendante, par une néphrostomie déjà en place	2,4	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
JDQH001	Urétrocystographie rétrograde	2,4	0,52	[73]	1,25	[29]
JDQH003	Urétrocystographie, par ponction transcutanée de la vessie	2,4	N.S.	[100+]	N.S.	[81]
JZQH003	Urographie intraveineuse avec urétrocystographie permictionnelle	2,5	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
LDQK005	Radiographie du segment cervical et du segment lombal de la colonne vertébrale	0,95	N.S.	[100+]	N.S.	[94]
LEQK002	Radiographie du segment thoracique et du segment lombal de la colonne vertébrale	1,1	2,45	[40]	2,70	[13]
LFQK001	Radiographie du segment lombal de la colonne vertébrale selon 4 incidences ou plus	1,1	1,11	[56]	1,22	[30]
LFQK002	Radiographie du segment lombal de la colonne vertébrale selon 1 à 3 incidences	0,85	1,99	[42]	1,69	[21]
LGQK001	Radiographie du sacrum et/ou du coccyx	0,5	0,72	[65]	0,36	[50]
ZCQK002	Radiographie de l'abdomen sans préparation	1,2	10,33	[10]	12,42	[2]
<i>Pelvis osseux</i>						
NAQK007	Radiographie de la ceinture pelvienne [du bassin] selon 2 incidences	1,1	3,62	[30]	3,99	[9]
NAQK015	Radiographie de la ceinture pelvienne [du bassin] selon 1 incidence	0,55	17,14	[9]	9,43	[3]
NAQK023	Radiographie de la ceinture pelvienne [du bassin] selon 3 incidences ou plus	1,7	0,97	[59]	1,65	[23]
NAQK049	Radiographie de la ceinture pelvienne [du bassin] selon 1 incidence et radiographie bilatérale de l'articulation coxofémorale selon 1 ou 2 incidences par côté	1,2	0,32	[80]	0,39	[48]
NAQK071	Radiographie de la ceinture pelvienne [du bassin] selon 1 incidence et radiographie unilatérale de l'articulation coxofémorale selon 1 ou 2 incidences	0,85	1,05	[57]	0,90	[33]
NEQH002	Arthrographie de la hanche	0,25	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
NEQK010	Radiographie de l'articulation coxofémorale selon 1 ou 2 incidences	0,3	1,45	[50]	0,43	[44]
NEQK012	Radiographie de l'articulation coxofémorale selon 4 incidences ou plus	0,75	0,21	[87]	0,15	[66]

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy./enf.}	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	µSv	[rang]
NEQK035	Radiographie de l'articulation coxofémorale selon 3 incidences	0,45	0,30	[82]	0,13	[75]
ZCQK001	Pelvimétrie par radiographie	0,55	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
<i>Rachis complet</i>						
LHQK002	Téléradiographie de la colonne vertébrale en totalité selon 2 incidences	0,85	9,76	[13]	8,29	[4]
LHQK003	Téléradiographie de la colonne vertébrale en totalité selon 2 incidences avec incidence segmentaire supplémentaire	1,1	3,71	[29]	4,09	[8]
LHQK004	Téléradiographie de la colonne vertébrale en totalité selon 1 incidence	0,4	4,18	[27]	1,67	[22]
LHQK007	Radiographie de la colonne vertébrale en totalité	0,85	4,36	[26]	3,71	[10]
<i>Membres</i>						
MBQK001	Radiographie du bras	0,001	1,80	[45]	<0,01	[100+]
MCQK001	Radiographie de l'avant-bras	0,001	8,58	[15]	<0,01	[100+]
MDQK001	Radiographie de la main ou de doigt	0,0002	30,82	[4]	<0,01	[100+]
MDQK002	Radiographie bilatérale de la main et/ou du poignet, selon 1 incidence sur un seul cliché de face	0,0002	0,49	[75]	<0,01	[100+]
MFQK001	Radiographie du coude selon 3 incidences ou plus	0,002	2,67	[37]	<0,01	[100+]
MFQK002	Radiographie du coude selon 1 ou 2 incidences	0,001	9,63	[14]	<0,01	[100+]
MGQK001	Radiographie du poignet selon 3 incidences ou plus	0,0004	9,88	[12]	<0,01	[100+]
MGQK002	Bilan radiographique dynamique du poignet pour entorse non dissociative selon 7 incidences spécifiques	0,0008	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
MGQK003	Radiographie du poignet selon 1 ou 2 incidences	0,0002	20,08	[6]	<0,01	[100+]
MZQK001	Téléradiographie unilatérale ou bilatérale du membre supérieur en totalité, de face	0,002	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
MZQK003	Radiographie de 2 segments du membre supérieur	0,002	3,38	[31]	<0,01	[100+]
MZQK004	Radiographie de 3 segments du membre supérieur ou plus	0,003	0,79	[63]	<0,01	[100+]
NBQK001	Radiographie de la cuisse	0,001	1,91	[44]	<0,01	[100+]
NCQK001	Radiographie de la jambe	0,002	5,69	[20]	0,01	[100+]
NDQK001	Radiographie unilatérale du pied selon 1 à 3 incidences	0,0002	20,75	[5]	<0,01	[100+]
NDQK002	Radiographie bilatérale du pied selon 1 à 3 incidences par côté	0,0004	2,94	[33]	<0,01	[100+]
NDQK003	Radiographie du pied selon 4 incidences ou plus	0,0004	1,46	[49]	<0,01	[100+]
NDQK004	Radiographie du pied selon 4 incidences ou plus, pour étude podométrique	0,0005	1,26	[55]	<0,01	[100+]
NFQH001	Arthrographie du genou	0,005	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
NFQK001	Radiographie unilatérale du genou selon 1 ou 2 incidences	0,002	8,47	[16]	0,02	[100+]
NFQK002	Radiographie bilatérale du genou selon 1 ou 2 incidences par côté	0,004	1,65	[46]	<0,01	[100+]

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy./enf.}	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	μSv	[rang]
NFQK003	Radiographie du genou selon 3 ou 4 incidences	0,003	10,05	[11]	0,03	[100+]
NFQK004	Radiographie du genou selon 5 incidences ou plus	0,006	4,80	[25]	0,03	[100+]
NGQH001	Arthrographie de la cheville	0,0005	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
NGQK001	Radiographie de la cheville selon 1 à 3 incidences	0,0002	17,28	[8]	<0,01	[100+]
NGQK002	Radiographie de la cheville selon 4 incidences ou plus	0,0004	8,00	[18]	<0,01	[100+]
NZQK001	Téléradiographie unilatérale ou bilatérale du membre inférieur en totalité, de face en appui bipodal	0,005	2,64	[38]	0,01	[100+]
NZQK003	Téléradiographie bilatérale du membre inférieur en totalité, de face en appui monopodal l'un après l'autre	0,01	0,19	[89]	<0,01	[100+]
NZQK005	Radiographie de 2 segments du membre inférieur	0,003	5,30	[22]	0,02	[100+]
NZQK006	Radiographie de 3 segments du membre inférieur ou plus	0,005	1,42	[51]	<0,01	[100+]
PAQK001	Radiographie comparative des cartilages de conjugaison des os longs des membres	0,01	0,13	[94]	<0,01	[100+]
<i>Autres</i>						
PAQK002	Radiographie du squelette pour calcul de l'âge osseux, après l'âge de 2 ans	0,01	3,86	[28]	0,04	[100+]
PAQK003	Radiographie du squelette complet, segment par segment, chez l'enfant	1,8	0,54	[72]	0,96	[32]
PAQK005	Radiographie de l'hémisquelette pour calcul de l'âge osseux, avant l'âge de 2 ans	0,01	0,31	[81]	<0,01	[100+]
PAQK007	ostéodensitométrie sur 2 sites, par méthode biphotonique	0,001	0,21	[86]	<0,01	[100+]
PAQK008	Ostéodensitométriedu corps entier par méthode biphotonique, pour affection osseuse constitutionnelle chez l'enfant	0,001	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
PAQK900	Ostéodensitométrie du corps entier par méthode biphotonique, pour affection osseuse autre que constitutionnelle	0,001	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
QEQK001	Mammographie bilatérale	0,36	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
QEQK005	Mammographie unilatérale	0,18	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
YYYY163	Radiographie de l'hémisquelette ou du squelette complet chez l'adulte	1,8	0,25	[85]	0,44	[43]
ZZQK001	Radiographie au lit du malade, selon 3 incidences ou plus	1,4	N.S.	[100+]	N.S.	[97]
ZZQK002	Radiographie au lit du malade, selon 1 ou 2 incidences	0,7	1,97	[43]	1,76	[20]

Tableau X. Liste des codes CCAM de radiologie dentaire.

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy./enf.}	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	µSv	[rang]
<i>Extrabuccal</i>						
HBQK002	Radiographie panoramique dentomaxillaire	0,02	63,14	[1]	1,26	[26]
LAQK001	Téléradiographie du crâne et du massif facial selon 2 incidences	0,026	2,91	[35]	0,08	[89]
LAQK008	Téléradiographie du crâne et du massif facial selon 3 incidences	0,039	0,11	[97]	<0,01	[100+]
LAQK012	Téléradiographie du crâne et du massif facial selon 1 incidence	0,013	19,43	[7]	0,25	[54]
LAQK027	Radiographie volumique par faisceau conique [cone beam computerized tomography][CBCT] du maxillaire, de la mandibule et/ou d'arcade dentaire	0,1	1,58	[47]	0,16	[62]
<i>Intrabuccal</i>						
HBQK001	Radiographie pelvibuccale [occlusale]	0,025	0,58	[68]	0,01	[100+]
HBQK040	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires sur un secteur de 1 à 3 dents contigües preinterventionnelle ou perinterventionnelle avec radiographie finale pour acte thérapeutique endodontique	0,008	5,04	[23]	0,04	[100+]
HBQK041	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 14 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,056	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HBQK046	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 9 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,036	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HBQK061	Radiographie intrabuccale rétroalvéolaire et/ou rétrocoronaire d'un secteur de 1 à 3 dents contigües finale pour acte thérapeutique endodontique ou perinterventionnelle et/ou finale, en dehors d'un acte thérapeutique endodontique	0,004	2,51	[39]	0,01	[100+]
HBQK065	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 10 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,04	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HBQK142	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 8 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,032	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HBQK191	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 2 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,008	8,14	[17]	0,07	[92]
HBQK303	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires sur un secteur de 1 à 3 dents contigües preinterventionnelle, perinterventionnelle et finale pour acte thérapeutique endodontique	0,012	2,96	[32]	0,04	[100+]
HBQK331	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 3 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,012	1,42	[52]	0,02	[100+]
HBQK389	Radiographie intrabuccale rétroalvéolaire et/ou rétrocoronaire d'un secteur de 1 à 3 dents contigües	0,004	37,64	[3]	0,15	[67]
HBQK424	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 11 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,044	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HBQK428	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 5 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,02	0,40	[78]	<0,01	[100+]
HBQK430	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 7 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,028	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HBQK443	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 4 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,016	2,79	[36]	0,04	[98]

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy.} /enf.	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	μSv	[rang]
HBQK476	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 12 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,048	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HBQK480	Radiographies intrabuccales rétroalvéolaires et/ou rétrocoronaires de 6 secteurs distincts de 1 à 3 dents contigües	0,024	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]

Tableau XI. Liste des codes CCAM de scanographie, classés par zone anatomique.

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy./enf.}	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	µSv	[rang]
<i>Tête et cou</i>						
ACQH002	Scanographie du crâne, de son contenu et du thorax, avec injection intraveineuse de produit de contraste	5,7	N.S.	[100+]	N.S.	[60]
ACQH003	Scanographie du crâne et de son contenu, avec injection intraveineuse de produit de contraste	1,4	0,90	[62]	1,26	[28]
ACQH004	Scanographie du crâne, de son contenu et du tronc, avec injection intraveineuse de produit de contraste	12	N.S.	[100+]	N.S.	[36]
ACQK001	Scanographie du crâne et de son contenu, sans injection de produit de contraste	1,4	4,97	[24]	6,97	[6]
EAQH002	Scanographie des vaisseaux encéphaliques [Angioscanner cérébral]	2,5	N.S.	[100+]	N.S.	[86]
EBQH004	Scanographie des vaisseaux cervicocéphaliques [Angioscanner cervicocérébral]	3,6	N.S.	[100+]	N.S.	[59]
EBQH006	Scanographie des vaisseaux cervicaux [Angioscanner cervical]	3,1	N.S.	[100+]	N.S.	[88]
LAQK002	Scanographie unilatérale ou bilatérale de la partie pétreuse de l'os temporal [rocher] et de l'oreille moyenne	1,3	0,56	[70]	0,73	[35]
LAQK009	Scanographie de la face avec scanographie des tissus mous du cou	1,8	0,20	[88]	0,36	[51]
LAQK011	Scanographie unilatérale ou bilatérale de l'angle pontocérébelleux et/ou du méat acoustique interne [conduit auditif interne]	1,2	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
LAQK013	Scanographie de la face = dentascanner	0,5	1,30	[53]	0,65	[38]
LCQH001	Scanographie des tissus mous du cou, avec injection intraveineuse de produit de contraste	4,2	0,16	[91]	0,66	[37]
LCQK001	Scanographie des tissus mous du cou, sans injection intraveineuse de produit de contraste	3,3	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
<i>Thorax et cœur</i>						
ECQH010	Scanographie des vaisseaux du thorax et/ou du cœur [Angioscanner thoracique]	10	0,15	[92]	1,48	[24]
ECQH011	Scanographie des vaisseaux du thorax et/ou du cœur, avec scanographie des vaisseaux de l'abdomen et/ou du petit bassin [Angioscanner thoracique avec angioscanner de l'abdomen et/ou du pelvis]	18	N.S.	[100+]	N.S.	[34]
ZBQH001	Scanographie du thorax, avec injection intraveineuse de produit de contraste	6,8	0,54	[71]	3,70	[11]
ZBQK001	Scanographie du thorax, sans injection intraveineuse de produit de contraste	4,3	0,58	[68]	2,51	[15]
<i>Abdomen et pelvis</i>						
ELQH002	Scanographie des vaisseaux de l'abdomen et/ou du petit bassin [Angioscanner abdominopelvien]	19	N.S.	[100+]	N.S.	[52]

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy./enf.}	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	µSv	[rang]
ZCQH001	Scanographie de l'abdomen et du petit bassin [pelvis], avec injection intraveineuse de produit de contraste	12	1,29	[54]	15,71	[1]
ZCQH002	Scanographie de l'abdomen ou du petit bassin [pelvis], avec injection intraveineuse de produit de contraste	12	0,21	[87]	2,47	[16]
ZCQK004	Scanographie de l'abdomen et du petit bassin [pelvis], sans injection intraveineuse de produit de contraste	7,7	0,27	[83]	2,09	[17]
ZCQK005	Scanographie de l'abdomen ou du petit bassin [pelvis], sans injection intraveineuse de produit de contraste	7,7	N.S.	[100+]	N.S.	[39]
<i>Rachis</i>						
LHQH002	Scanographie de plusieurs segments de la colonne vertébrale, avec injection intraveineuse de produit de contraste	13	N.S.	[100+]	N.S.	[45]
LHQH006	Scanographie d'un segment de la colonne vertébrale, avec injection intraveineuse de produit de contraste	11	N.S.	[100+]	N.S.	[42]
LHQK001	Scanographie d'un segment de la colonne vertébrale, sans injection intraveineuse de produit de contraste	9,3	0,51	[74]	4,75	[7]
LHQK005	Scanographie de plusieurs segments de la colonne vertébrale, sans injection intraveineuse de produit de contraste	11	0,12	[95]	1,36	[25]
<i>Membres</i>						
EMQH001	Scanographie des vaisseaux des membres inférieurs [Angioscanner des membres inférieurs]	20	N.S.	[100+]	N.S.	[61]
MZQH001	Arthrographie du membre supérieur avec scanographie [Arthroscanner du membre supérieur]	5,8	N.S.	[100+]	N.S.	[71]
MZQH002	Scanographie unilatérale ou bilatérale de segment du membre supérieur, avec injection de produit de contraste	4,8	N.S.	[100+]	N.S.	[63]
MZQK002	Scanographie unilatérale ou bilatérale de segment du membre supérieur, sans injection de produit de contraste	3,8	0,71	[66]	2,69	[14]
NZQH001	Scanographie unilatérale ou bilatérale de segment du membre inférieur, avec injection de produit de contraste	0,2	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
NZQH002	Arthrographie du membre inférieur avec scanographie [Arthroscanner du membre inférieur]	3,8	N.S.	[100+]	N.S.	[57]
NZQH005	Scanographie de la hanche et du membre inférieur pour conception intégrée par ordinateur d'une prothèse ostéoarticulaire sur mesure	10	N.S.	[100+]	N.S.	[87]
NZQK002	Scanographie unilatérale ou bilatérale de segment du membre inférieur, sans injection de produit de contraste	0,2	0,77	[64]	0,15	[65]
NZQK004	Télémétrie des membres inférieurs par scanographie	5,5	N.S.	[100+]	N.S.	[72]
<i>Tronc</i>						
ZZQH033	Scanographie de 3 territoires anatomiques ou plus, avec injection intraveineuse de produit de contraste	11	0,18	[90]	1,99	[19]
ZZQK024	Scanographie de 3 territoires anatomiques ou plus, sans injection de produit de contraste	9,6	N.S.	[100+]	N.S.	[64]

Tableau XII. Liste des codes CCAM de médecine nucléaire, classés par zone anatomique.

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy.} /enf.	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	µSv	[rang]
<i>Tête et cou</i>						
ACQL002	Tomoscintigraphie cérébrale par émission de positons, avec tépographe [caméra TEP] dédié	3,8	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
KCQL001	Scintigraphie de la glande thyroïde avec mesure radio-isotopique de la fixation thyroïdienne de l'iode	1,8	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
KCQL003	Scintigraphie de la glande thyroïde	1,6	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
<i>Thorax et cœur</i>						
DAQL009	Tomoscintigraphie de perfusion myocardique de repos, avec tomoscintigraphie de perfusion myocardique après épreuve d'effort ou épreuve pharmacologique avec synchronisation à l'électrocardiogramme	11	N.S.	[100+]	N.S.	[83]
GFQL002	Tomoscintigraphie pulmonaire de ventilation et de perfusion	3,5	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
GFQL007	Scintigraphie pulmonaire de perfusion	3,2	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
GLQL002	Mesure radio-isotopique de la perméabilité alvéolocapillaire	3,8	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
<i>Abdomen et pelvis</i>						
FFQL001	Scintigraphie de la rate, par injection de traceur radio-isotopique spécifique	1	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HEQL001	Recherche radio-isotopique d'un reflux gastrooesophagien	0,6	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HEQL002	Scintigraphie du transit œsophagien par substance solide ou liquide	0,9	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HFQL002	Scintigraphie du transit gastrique ou duodénal par substance solide ou liquide sans épreuve pharmacologique	0,3	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
HFQL004	Scintigraphie du transit gastrique ou duodénal par substances solide et liquide sans épreuve pharmacologique	0,6	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
JAQL001	Scintigraphie rénale glomérulaire ou tubulaire [Néphrographie isotopique] sans épreuve pharmacologique	1,3	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
JAQL002	Scintigraphie rénale corticale	1	0,26	[84]	0,26	[53]
JAQL003	Scintigraphie rénale glomérulaire ou tubulaire [Néphrographie isotopique] avec épreuve pharmacologique	1,3	0,12	[96]	0,15	[68]
JAQL005	Scintigraphie rénale glomérulaire ou tubulaire [Néphrographie isotopique] sans épreuve pharmacologique, avec scintigraphie antérograde de la vessie	1,3	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
KEQL001	Scintigraphie médullosurrénalienne	3,2	0,12	[95]	0,40	[47]

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy.} /enf.	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	μSv	[rang]
<i>Corps entier</i>						
PAQL002	Scintigraphie osseuse du corps entier en plusieurs temps	4,4	0,47	[76]	2,07	[18]
PAQL003	Scintigraphie osseuse du corps entier en un temps [temps tardif]	4,4	0,08	[99]	0,36	[49]
PAQL005	Scintigraphie osseuse du corps entier segment par segment en plusieurs temps, sans acquisition complémentaire par un collimateur sténopé	4,4	0,09	[98]	0,40	[46]
PAQL007	Scintigraphie osseuse segmentaire en plusieurs temps, avec acquisition complémentaire par un collimateur sténopé	4,4	N.S.	[100+]	N.S.	[78]
PAQL008	Scintigraphie osseuse segmentaire en plusieurs temps, sans acquisition complémentaire par un collimateur sténopé	4,4	N.S.	[100+]	N.S.	[70]
PAQL010	Scintigraphie osseuse du corps entier segment par segment en plusieurs temps, avec acquisition complémentaire par un collimateur sténopé	4,4	N.S.	[100+]	N.S.	[90]
ZZQL016	Tomoscintigraphie du corps entier par émission de positons, avec tépographe [caméra TEP] dédié	13	0,08	[99]	1,07	[31]
<i>Autres</i>						
FEQL002	Mesure radio-isotopique de la durée de vie des plaquettes	5,5	N.S.	[100+]	N.S.	[84]
KGQL001	Mesure de la clairance radio-isotopique plasmatique et urinaire	0,04	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
KGQL004	Mesure de la clairance radio-isotopique plasmatique	0,02	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]

Tableau XIII. Liste des codes CCAM de radiologie interventionnelle diagnostique.

Code CCAM	Libellé de l'acte	E/acte	Fréq. acte		E _{moy./enf.}	
		mSv	/1000 enf.	[rang]	µSv	[rang]
<i>Cardiaque</i>						
DDQH012	Artériographie coronaire avec ventriculographie gauche, par voie artérielle transcutanée	9	N.S.	[100+]	N.S.	[69]
<i>Vasculaire</i>						
DFQH001	Artériographie sélective du tronc et/ou des branches de l'artère pulmonaire, par voie veineuse transcutanée	5	N.S.	[100+]	N.S.	[55]
DFQH002	Artériographie hypersélective des artères pulmonaires, par voie veineuse transcutanée	5	N.S.	[100+]	N.S.	[85]
DGQH002	Artériographie globale de l'aorte abdominale, par voie artérielle transcutanée	12	N.S.	[100+]	N.S.	[79]
DGQH006	Artériographie globale de l'aorte thoracique, par voie artérielle transcutanée	5	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
DHQH006	Phlébographie globale de la veine cave supérieure [Cavographie supérieure], par voie veineuse transcutanée	5	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
EBQH002	Artériographie sélective de 3 axes cervicocéphaliques ou plus, par voie artérielle transcutanée	5	N.S.	[100+]	N.S.	[76]
EBQH008	Artériographie de plusieurs axes cervicocéphaliques, par injections intraartérielles transcutanées multiples	5	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]
EZMH001	Contrôle radiologique secondaire de perméabilité et/ou de position d'un dispositif d'accès vasculaire ou d'une endoprothèse vasculaire, par injection de produit de contraste	0,1	N.S.	[100+]	N.S.	[100+]