

## L'imagerie par résonance magnétique en Champagne-Ardenne en 2006 : comparaison entre pratiques et recommandations

### *Magnetic resonance imaging in Champagne-Ardenne in 2006: comparison between practices and recommendations*

Jeunehomme P<sup>1</sup>, Parjoie R<sup>1</sup>, Rivière X<sup>2</sup>, Mineur J-P<sup>3</sup>

#### Résumé

**Objectifs :** L'imagerie par résonance magnétique (IRM) fait partie des techniques non irradiantes dont la directive européenne 97/43/Euratom préconise l'utilisation, de préférence aux techniques irradiantes. À cet effet, les sociétés savantes ont édité en 2005 un Guide de bon usage des examens d'imagerie (GBUEI). Notre objectif était de recenser l'activité totale d'IRM et d'analyser les indications des examens.

**Méthodes :** Il s'agissait d'une étude transversale basée sur les registres d'activité des dix appareils d'IRM de la région Champagne-Ardenne, de janvier à septembre 2006. À partir d'un échantillon aléatoire stratifié, nous avons comparé aux recommandations les motifs d'examen figurant au compte-rendu.

**Résultats :** Nous avons recensé 41 181 examens d'IRM. Le nombre moyen d'examens quotidiens était de 151 (médiane à 198, maximum à 243). Les examens en urgence étaient exceptionnels. Les affections neurologiques totalisaient 25,7 % des examens [intervalle de confiance à 95 % (IC95) : 22,5 % ; 28,9 %], les affections ostéo-articulaires 24,7 % [IC95 : 21,5 % ; 27,9 %], les cancers 7,5 % [IC95 : 5,0 % ; 9,5 %]. Les situations cliniques ayant motivé l'examen étaient prévues au GBUEI dans 72,3 % des cas [IC95 : 69,0 % ; 75,6 %].

**Conclusion :** Le nombre annuel d'examens d'IRM pour 1 000 habitants était inférieur à celui des USA mais supérieur à celui du Canada et de la Grande-Bretagne. La disponibilité des appareils d'IRM semble suffisante pour le diagnostic des accidents vasculaires cérébraux, les cancers de la prostate, l'épilepsie de l'enfant. Elle est insuffisante pour les autres cancers, les affections cardio-vasculaires, les urgences. Ceci plaide en faveur de l'installation de nouveaux appareils d'IRM.

**Prat Organ Soins 2008;39(4):311-321**

**Mots-clés :** Imagerie par résonance magnétique ; importance équipement santé ; évaluation besoins ; guide de bonnes pratiques.

#### Summary

**Aims:** Magnetic resonance imaging (MRI) is one of the non-ionising radiation techniques whose use is recommended by the European Directive 97/43/Euratom instead of ionising radiation techniques. In 2005, specialist research institutes published a Good Use Guide for Imaging Examinations in this regard. Our objective was to draw up an inventory of all MRI activities and to analyse the indications of examinations.

**Methods:** This was a cross-disciplinary study based on the activity registers of ten MRI devices in the Champagne-Ardenne region, from January to September 2006. Using a stratified random sample, we compared the reasons given for the examination in the report with the recommendations.

**Results:** We listed 41,181 MRI examinations. The average number of daily examinations was 151 (median: 198, maximum: 243). Emergency examinations were rare. Neurological disorders accounted for 25.7% of examinations [confidence interval at 95% (CI95): 22.5%; 28.9%], osteoarticular problems 24.7% [CI95: 21.5%; 27.9%] and cancers 7.5% [CI95: 5.0%; 9.5%]. Clinical situations justifying the examination were provided for in the Good Use Guide in 72.3% of cases [CI95: 69.0%; 75.6%].

**Conclusion:** The annual number of MRI examinations per 1,000 inhabitants was less than in the US, but more than in Canada and Great Britain. Although the availability of MRI devices seems adequate for the diagnosis of strokes, prostate cancers and child epilepsy, it is inadequate for other cancers, cardiovascular problems and emergencies. This calls for the installation of new MRI devices.

**Prat Organ Soins 2008;39(4):311-321**

**Keywords:** Magnetic resonance imaging; health facility size; needs assessment; practice guideline.

<sup>1</sup> Médecin-conseil, échelon local du service médical de la Marne (CNAMTS), Reims, France.

<sup>2</sup> Médecin-conseil, direction régionale du service médical du Nord-Est (CNAMTS).

<sup>3</sup> Directeur régional, direction régionale du service médical du Nord-Est (CNAMTS).

## INTRODUCTION

L'imagerie par résonance magnétique (IRM) a pris ces dernières années une place primordiale dans le domaine de l'imagerie pour deux raisons. Tout d'abord, elle donne une finesse d'image très supérieure à celle de la radiologie conventionnelle et même de la tomographie par émission de positons (TEP), malgré l'apparition des appareils de TDM à 16, 32 et 64 barrettes. Ensuite, son innocuité est presque parfaite puisque la technique est non-irradiante et qu'on ne connaît pas de iatrogénie induite par les champs magnétiques, en dehors de l'échauffement des corps étrangers métalliques intracorporels. Les contre-indications à l'IRM se limitent à la présence de tels corps étrangers, la grande obésité et la claustrophobie. Quant aux allergies aux sels de gadolinium, principal produit de contraste utilisé en IRM, elles sont exceptionnelles.

L'IRM est donc devenue un examen de routine dans les affections du système nerveux central et ostéo-articulaires, en même temps que se développaient ses applications dans les domaines vasculaire, digestif et cancérologique. Entre 1990 et 2006 le nombre d'appareils d'IRM a plus que quintuplé dans les pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) [1]. L'idée d'un retard français en imagerie médicale et plus particulièrement en matière d'IRM est largement répandue dans le public [2] comme chez les professionnels [3]. Le Sénat lui-même s'est inquiété de cette situation en 2002 [4]. Après une amélioration transitoire, à la faveur de laquelle le nombre d'installations entre décembre 2003 et octobre 2005 a augmenté de 33 % [5], la situation semble s'être à nouveau dégradée [6].

Jusqu'en 2006, la carte sanitaire limitait les installations d'IRM, en encadrant le nombre d'appareils par un indice national de besoin fixé par arrêté. L'ordonnance du 4 septembre 2003 [7] a supprimé la carte sanitaire. Depuis le décret du 31 janvier 2005 [8], les implantations d'équipements lourds sont liées aux objectifs quantifiés figurant à l'annexe opposable du schéma régional d'organisation sanitaire (SROS). Elles dépendent donc de chaque agence régionale de l'hospitalisation (ARH).

La directive Euratom 97/43 [9], transposée dans le Code de la santé publique par l'ordonnance du 28 mars 2001 [10], le décret du 24 mars 2003 [11] et la loi du 9 août 2004 [12], fait obligation à tous les médecins demandant ou réalisant des examens utilisant des radiations ionisantes de justifier ces actes et d'optimiser la protection du patient contre le risque radiologique. Chaque fois qu'un acte non irradiant peut procurer les mêmes renseignements qu'un acte irradiant, le premier doit être préféré au second. L'IRM devrait donc se substituer à la scanographie dans un très grand nombre de situations. Dans le but de réduire autant que possible le risque

radiologique, la Société française de radiologie (SFR) et la Société française de biophysique et médecine nucléaire (SFBMN), en collaboration avec la Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection (DGSNR) et l'Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES), ont publié en 2005 un Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale (GBUEI) [13]. Bien qu'une abondante littérature scientifique soit consacrée à l'IRM, l'utilisation concrète des appareils demeure peu connue. La réalité de la substitution de l'IRM à d'autres techniques irradiantes semble douteuse. Ainsi, dans le cadre du SROS de troisième génération [14], une auto-évaluation non publiée, réalisée par des radiologues de cinq centres d'IRM de région Champagne-Ardenne, concluait en 2005 que 24 % à 46 % des examens de TDM étaient en réalité des indications préférentielles d'IRM.

Nous avons mené en 2006 une étude sur l'ensemble des installations d'IRM de la région Champagne-Ardenne. Notre objectif principal était, à partir d'un sondage aléatoire stratifié, de connaître les indications des examens d'IRM et de les confronter au GBUEI, afin de confirmer ou non l'hypothèse d'un déficit en examens d'IRM. Notre objectif secondaire était de recenser l'activité totale produite.

## MÉTHODES

### 1. Schéma d'étude

Il s'agissait d'une étude descriptive transversale concernant les examens d'IRM réalisés dans la région Champagne-Ardenne du 1<sup>er</sup> janvier au 30 septembre 2006.

### 2. Population étudiée

La région Champagne-Ardenne comptait en janvier 2006 dix appareils d'IRM de statut public ou privé, dont neuf installés sur le site d'un établissement hospitalier. La première implantation datait de 1991, les deux dernières de décembre 2005 et janvier 2006. Tous les appareils avaient moins de sept ans. Deux appareils avaient une puissance de un Tesla (T), un appareil une puissance de 3 T, les autres une puissance de 1,5 T. La région Champagne-Ardenne se compose de quatre départements : les Ardennes, l'Aube, la Marne et la Haute-Marne. Sa population s'élevait à 1 339 000 habitants au 1<sup>er</sup> janvier 2006 [15]. La population cible était représentée par tous les examens d'IRM réalisés du 1<sup>er</sup> janvier au 30 septembre 2006.

La période de janvier à septembre 2006 avait été choisie pour pouvoir disposer de l'activité de tous les appareils, car le plus récent avait été mis en service au début du

mois de janvier. Pour chaque examen, nous avons demandé un exemplaire anonymisé du compte-rendu et noté l'année de naissance (et non la date de naissance pour conserver l'anonymat). Nous avons estimé l'âge à la date de l'examen, en prenant arbitrairement comme jour et mois de naissance le 17 mai, jour médian de la période étudiée. À partir du compte-rendu nous avons codé le problème clinique ayant généré la demande d'IRM, selon le GBUEI de 2005.

### 3. Plan de sondage

L'individu statistique était l'examen d'IRM. Nous souhaitions pouvoir fournir à chaque site des résultats concernant son activité propre. Nous devons donc envisager un sondage stratifié à un degré avec allocation non proportionnelle, le critère de stratification étant l'appareil d'IRM. Il était nécessaire de disposer d'un nombre suffisant d'individus statistiques pour chaque appareil. La taille de l'échantillon pour chaque appareil a été déterminée de façon à obtenir une précision minimale de 10 % dans le cas d'une proportion de 0,30. Il était alors nécessaire que la taille de l'échantillon de chaque strate soit de plus de 70 individus statistiques. La taille de l'échantillon de chaque strate a donc été fixée à 75.

Nous avons demandé, pour chacun des dix appareils, le registre informatique de l'activité exhaustive des neuf premiers mois de l'année 2006, comportant le numéro séquentiel et la date de chaque examen. En effet, pour les calculs statistiques, il était nécessaire de connaître la taille de la population de chaque strate. À partir de chaque registre, nous avons procédé informatiquement à un tirage aléatoire sans remise de 75 examens.

### 4. Le Guide du bon usage des examens d'imagerie

Le GBUEI est destiné à guider le choix du médecin demandeur vers l'examen le plus adapté au cas clinique exploré et à l'inciter à respecter le principe de justification des examens. Un de ses objectifs principaux est de promouvoir les explorations les moins irradiantes, à efficacité égale. Le GBUEI n'est pas limité à l'IRM il envisage l'ensemble des examens d'imagerie actuels. Il utilise une classification des examens en 14 chapitres, selon la région anatomique ou la pathologie : tête, cou, rachis, appareil locomoteur, appareil cardio-vasculaire, thorax, appareil digestif, appareil uro-génital, obstétrique et gynécologie, sénologie, traumatismes, cancérologie, pédiatrie, radiologie interventionnelle. À chaque chapitre correspond une lettre clé, de A à M. À l'intérieur de chaque chapitre, les problèmes cliniques, identifiés par un code alphanumérique (la lettre correspondant à la lettre clé du chapitre), sont analysés relativement aux examens d'imagerie qui peuvent être utilisés.

Pour chaque problème clinique, le GBUEI envisage le recours à un certain nombre de techniques d'imagerie : radiographies simples, échographie, TDM, IRM, scintigraphie, etc., mais pas systématiquement toutes. Ainsi, le GBUEI comporte 391 problèmes cliniques et mentionne le recours à l'IRM pour 142 d'entre eux. Pour un problème clinique donné et une technique donnée, il se prononce sur la pertinence de la technique. Cette appréciation prend la forme d'un des six degrés d'indication suivants : examen indiqué, examen indiqué seulement dans des cas particuliers, généralement précisés dans les commentaires du GBUEI, examen spécialisé, nécessitant de la part du prescripteur une expérience suffisante de la maladie évoquée ou de l'imagerie, examen non indiqué initialement, mais auquel le radiologue peut recourir en fonction de l'évolution, de la complexité de la situation ou pour tenir compte de facteurs particuliers inhérents au patient, examen non indiqué, examen contre-indiqué.

Le GBUEI précise également le grade de cette recommandation, c'est-à-dire sa valeur scientifique : grade A, lorsqu'il existe des preuves scientifiques sérieuses et exemptes de biais méthodologiques (par exemple essais randomisés, méta-analyses), grade B, lorsqu'il existe des preuves scientifiques mais d'un niveau intermédiaire (par exemple essais randomisés de faible puissance ou comportant un biais méthodologique), grade C, lorsque le niveau de preuve est faible (par exemple études cas-témoins). Les rédacteurs du GBUEI précisent eux-mêmes que ce guide « ne fixe pas de règles intangibles ».

### 5. Recueil des données

Pour chaque compte-rendu étudié, nous avons cherché en premier lieu si la situation clinique était prévue au GBUEI et, dans l'affirmative, si le GBUEI se prononçait sur l'opportunité de l'IRM. Si tel était le cas, nous avons relevé le type d'indication, son grade, et, lorsque des conditions particulières étaient exigées, si celles-ci figuraient au compte-rendu. Lorsque la situation clinique n'était pas prévue par le GBUEI, nous avons relevé, dans la mesure du possible, la région ou l'appareil concerné. Nous n'avons pas discuté les compétences des prescripteurs lorsque l'examen était dit spécialisé. En effet, par hypothèse, l'indication avait été validée par un radiologue. Le GBUEI peut mettre des conditions particulières à la réalisation de l'examen d'IRM. Il précise les conditions exigées, par exemple lorsque l'examen est indiqué seulement dans des cas particuliers ou n'est pas indiqué initialement. Dans un souci de reproductibilité, nous avons transformé ces conditions, pour chaque situation clinique concernée, en une unique question à réponse binaire oui/non. La réponse « oui » signifiait que les conditions étaient réunies dans le compte-rendu. La réponse « non » signifiait, soit que les conditions n'étaient pas réunies, soit que les éléments du compte-rendu ne

permettaient pas de conclure. Après avoir codé les problèmes cliniques, nous avons analysé la pertinence de l'examen d'IRM, toujours en fonction du GBUEI.

Afin d'apprécier l'utilisation des appareils en urgence, nous avons choisi comme maladie traceuse l'accident vasculaire cérébral (AVC), constitué ou transitoire (respectivement codes 02A et 03A du GBUEI). En effet, il s'agit d'une affection fréquente, bien explorée par l'IRM et relevant souvent d'un acte d'imagerie en urgence. L'examen a été considéré comme urgent si la notion d'urgence apparaissait dans le compte-rendu, ou si le patient était adressé par un service d'urgence ou de réanimation. Nous avons limité la notion d'urgence aux situations dans lesquelles le retard à l'examen pouvait avoir des conséquences délétères rapides et indiscutables, en excluant les urgences « ressenties ». La notion d'« urgence cancérologique », par exemple, était trop difficile à définir pour pouvoir être utilisée dans cette étude rétrospective, même si l'angoisse générée par certaines situations s'apparente bien à l'urgence.

Nous nous sommes également intéressés à la cancérologie et à la pédiatrie. Chez le patient cancéreux, le risque radique doit être pris en considération, car ces patients seront astreints au cours de leur surveillance à de nombreux examens d'imagerie. Et, bien sûr, le risque radique est particulièrement à redouter chez l'enfant. Chez l'adulte, nous avons retenu comme maladies traceuses les deux cancers les plus fréquents en France, les cancers du sein et de la prostate. Chez l'enfant, nous avons retenu l'épilepsie, affection fréquente dans laquelle l'exploration par IRM est préconisée.

Nous avons prévu également la possibilité de relever les utilisations de l'IRM non envisagées par le GBUEI, mais fréquemment retrouvées.

Le recueil des données a été effectué sur l'ensemble des sites au cours des deux derniers mois 2006. Le codage des problèmes cliniques a été réalisé par un unique médecin dans un souci d'homogénéité.

## 6. Traitement des données et analyse statistique

La saisie des données a été réalisée sur un micro-ordinateur portable à l'aide du logiciel EXCEL™, *via* un UserForm® représentant un masque de saisie, pourvu des contrôles de cohérence nécessaires. Le traitement des données a été effectué à l'aide du logiciel SPSS™ version 11.5.1 et du logiciel EXCEL™.

À partir de l'échantillon obtenu par sondage stratifié avec allocation non proportionnelle, le calcul de l'estimateur de Horvitz-Thomson [16] a permis l'estimation d'une proportion dans la population cible, l'effectif de la population de chaque strate étant connu. Nous avons

calculé la variance de l'estimateur et déduit l'intervalle de confiance (IC) de la proportion estimée, avec un risque  $\alpha$  fixé à 5 %. De même, le calcul de l'estimateur de Horvitz-Thomson et de sa variance a permis l'estimation d'une moyenne dans la population cible et de son IC avec un risque  $\alpha$  de 5 %. Le traitement des données manquantes, initialement envisagé, n'a pas été retenu de par leur nombre extrêmement faible.

Les données recueillies étant strictement anonymes, la déclaration auprès de la Commission nationale informatique et liberté (CNIL) n'a pas été nécessaire.

## RÉSULTATS

Pendant la période du 1<sup>er</sup> janvier 2006 au 30 septembre 2006, 41 181 examens d'IRM avaient été réalisés avec dix appareils. Le nombre d'examens par appareil variait de 1 550 à 6 445. L'activité était concentrée du lundi au vendredi. Cinq appareils fonctionnaient le samedi matin et avaient globalement réalisé ce jour-là 7,3 % de leur activité (tableau I).

Tableau I

Activité des dix appareils d'imagerie par résonance magnétique (IRM) de la région Champagne-Ardenne de janvier à septembre 2006.

Jour de la semaine	Nombre d'examens réalisés	Nombre de jours	Nombre moyen d'examens par jour
Lundi	7 564	36	210
Mardi	8 044	38	212
Mercredi	8 071	39	207
Jeudi	7 530	38	198
Vendredi	8 178	38	215
Samedi	1 784	39	46
Dimanche	6	39	0
Fériés	1	6	0
Total	41 178 <sup>a</sup>	273	151

<sup>a</sup> Le nombre total d'examens est de 41 181, la date de réalisation de trois examens était inconnue.

L'activité journalière maximale était de 243 examens. Le nombre moyen d'examens quotidien était de 151 (médiane à 198). L'activité était minimale pendant les périodes se situant de fin janvier à début février et début août elle était maximale début mars et fin juin. Sur 750 comptes-rendus demandés, 743 ont été fournis. Les sept comptes-rendus manquants correspondaient à des dossiers de recherche pour lesquels nous ne pouvions utiliser le GBUEI. L'année de naissance n'a pu être retrouvée dans six cas sur 743 (0,8 %). La moyenne d'âge était de  $50,9 \pm 1,3$  an. L'âge des patients était supérieur ou égal à 50 ans pour  $62,2 \pm 2,9$  % des examens

(figure 1). La part des examens pour les enfants de moins de cinq ans était de  $1,3 \pm 0,7 \%$  et la part des examens pour les enfants de moins de 15 ans était de  $2,4 \pm 0,9 \%$ . Le problème clinique n'était pas prévu par le GBUEI pour  $12,6 \pm 2,5 \%$  des examens d'IRM. Cependant, dans  $12,3 \pm 2,5 \%$  des cas, l'appareil ou la région concernée était identifiable, si bien que  $99,7 \pm 0,3 \%$  des examens pouvaient être classés selon la lettre clé du GBUEI (tableau II). Parmi les 105 problèmes cliniques recensés, les dix plus fréquents concernaient l'appareil locomoteur et l'appareil neurologique (tableau III).

En raison de l'existence de problèmes cliniques non prévus par le GBUEI ou prévus, mais sans recommandation pour l'IRM,  $72,3 \pm 3,3 \%$  des examens pouvaient être classés selon leur niveau d'indication et de preuve. Le niveau de preuve B était le plus fréquent (tableau IV). Parmi les situations prévues par le GBUEI, mais sans référence à l'IRM, les quatre plus fréquentes

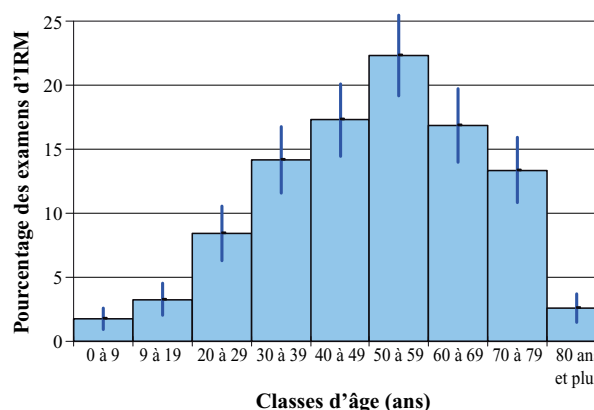


Figure 1. Répartition des examens d'imagerie par résonance magnétique (IRM) selon la classe d'âge du patient (examens réalisés de janvier à septembre 2006 avec les dix appareils d'IRM de la région Champagne-Ardenne). Les barres verticales représentent les intervalles de confiance à 95 % des pourcentages.

Tableau II  
Répartition des examens d'imagerie par résonance magnétique (IRM) selon l'appareil ou la région anatomique (janvier à septembre 2006 pour les dix appareils d'IRM de la région Champagne-Ardenne).

Rang	Code <sup>a</sup>	Intitulé de la région anatomique	Proportion (%)	IC <sub>95</sub> <sup>b</sup> (%)
1	A	Tête, incluant les affections ORL <sup>c</sup>	25,7	3,2
2	D	Système locomoteur	24,7	3,2
3	C	Rachis	23,3	3,2
4	K	Traumatismes	8,1	2,1
5	L	Cancer	6,5	1,9
6	G	Appareil digestif	2,7	1,2
7	J	Maladies du sein	2,2	1,1
8	E	Appareil cardio-vasculaire	1,9	1,0
9	H	Appareil uro-génital et surrénales	1,9	0,9
10	M	Pédiatrie	1,7	0,9
11	B	Cou (parties molles)	0,5	NC <sup>d</sup>
12	I	Obstétrique et gynécologie	0,5	NC <sup>d</sup>
13	Z	Inconnu	0,3	NC <sup>d</sup>

<sup>a</sup> Code : code de l'appareil ou de la région anatomique selon le Guide du bon usage des examens d'imagerie ; <sup>b</sup> IC<sub>95</sub> : intervalle de confiance à 95 % ; <sup>c</sup> ORL : oto-rhino-laryngologiques ; <sup>d</sup> NC : non calculable.

Tableau III  
Les dix situations cliniques les plus fréquentes ayant motivé un examen d'imagerie par résonance magnétique (IRM) de janvier à septembre 2006 pour les dix appareils d'IRM de la région Champagne-Ardenne.

Rang	Code <sup>a</sup>	Intitulé	Proportion (%)	IC <sub>95</sub> <sup>b</sup> (%)	Pourcentage cumulé et IC <sub>95</sub> <sup>b</sup>
1	09C	Lombalgie aiguë, lombo-radicalgie mécanique	11,8	2,4	11,8 ± 2,4
2	19D	Gonalgies sans blocage ni limitation de mouvements	9,2	2,1	21,0 ± 2,9
3	20D	Gonalgies avec blocage	4,4	1,5	25,4 ± 3,1
4	21K	Traumatisme fermé du genou	3,7	1,4	29,1 ± 3,3
5	13A	Symptômes de l'oreille interne y compris vertiges	3,7	1,4	32,8 ± 3,4
6	05C	Névrалgie cervico-brachiale	3,2	1,3	35,9 ± 3,5
7	02A	Accident vasculaire cérébral constitué	2,7	1,1	38,7 ± 3,5
8	14A	Surdité neurosensorielle de l'adulte	2,7	1,2	41,4 ± 3,6
9	02C	Syndrome médullaire hors traumatisme	2,3	1,2	43,7 ± 3,6
10	07C	Lombalgie commune sans signe d'infection ou de tumeur	2,3	1,1	46,0 ± 3,6

<sup>a</sup> Code : code de la situation clinique selon le Guide du bon usage des examens d'imagerie ; <sup>b</sup> IC<sub>95</sub> : intervalle de confiance à 95 %.

Tableau IV  
Niveau d'indication et niveau de preuve des examens d'imagerie par résonance magnétique (IRM)  
de janvier à septembre 2006 pour les dix appareils d'IRM de la région Champagne-Ardenne.

Niveau d'indication	Proportion (%)	IC <sub>95</sub> <sup>a</sup> ± %	Niveau de preuve					
			Grade A <sup>b</sup>		Grade B <sup>b</sup>		Grade C <sup>b</sup>	
			%	IC <sub>95</sub> <sup>a</sup> ± %	%	IC <sub>95</sub> <sup>a</sup> ± %	%	IC <sub>95</sub> <sup>a</sup> ± %
Examen indiqué	20,8	3,0	6,4	1,8	13,4	2,5	1,0	0,7
Indiqué dans des cas particuliers	11,3	2,4	NA <sup>c</sup>		7,5	2,0	3,8	1,4
Examen spécialisé	30,1	3,4	0,3		25,3	3,2	4,5	1,5
Examen non indiqué initialement	11,9	2,4	NA <sup>c</sup>		11,9	2,4	NA <sup>c</sup>	
Situation prévue par le Guide <sup>d</sup> , mais sans recommandation pour l'IRM	13,3	2,5	NA <sup>c</sup>		NA <sup>c</sup>		NA <sup>c</sup>	
Situation non prévue par le Guide <sup>d</sup>	12,6	2,5	NA <sup>c</sup>		NA <sup>c</sup>		NA <sup>c</sup>	
Total	100,0		6,7	1,8	58,1	3,7	9,3	2,2

<sup>a</sup> IC<sub>95</sub> : intervalle de confiance à 95 % ; <sup>b</sup> Grade A, grade B, grade C : cf. article, chapitre méthode ; <sup>c</sup> NA : non applicable, en cas de situation clinique non prévue par le guide ou en cas de situation clinique prévue par le guide, mais pour laquelle ce niveau de preuve n'existe pas ; <sup>d</sup> Guide : Guide du bon usage des examens d'imagerie (cf. article, chapitre méthode).

étaient les gonalgies sans blocage ni limitation ( $9,2 \pm 2,1$  %), les traumatismes de la cheville ( $1,3 \pm 0,9$  %), l'épaule douloureuse ( $0,9 \pm 0,7$  %), et le suivi du cancer du rein ( $0,3$  %). Dans  $30,4 \pm 3,4$  % des cas existait une condition particulière prévue au GBUEI. Le compte-rendu permettait d'affirmer l'existence de cette condition pour  $9,3 \pm 2,2$  % des examens d'IRM.

Les examens pour AVC constitué ou transitoire représentaient  $4,0 \pm 1,3$  % du total. Sur les 36 examens pour AVC de l'échantillon, trois étaient réalisés en urgence. Les deux affections cancéreuses les plus fréquentes ayant motivé un examen d'IRM étaient le cancer de la prostate ( $2,2 \pm 1,2$  %), bilan d'extension et suivi, et le cancer du sein ( $2,2 \pm 1,1$  %). Les examens d'IRM pour cancer du sein comprenaient le dépistage chez des femmes de 50 à 74 ans, le dépistage pour histoire familiale de cancer du sein, les examens à visée diagnostique devant une suspicion clinique ou un écoulement mamelonnaire, et le suivi local. Nous n'avons pas trouvé d'examen de dépistage chez des femmes de moins de 50 ans ou de plus de 74 ans, ni d'examen pratiqué dans le cadre d'un bilan pré-thérapeutique. Les examens pour cancer autre que celui du sein et de la prostate représentaient  $4,3 \pm 1,5$  % des examens d'IRM. L'épilepsie de l'enfant représentait 0,4 % des examens. Les deux situations les plus fréquentes non prévues au GBUEI, la mesure de la surcharge hépatique en fer dans l'hémochromatose primitive ou secondaire et la recherche de névrome de Morton, totalisaient  $1,4 \pm 0,9$  % des examens d'IRM.

## DISCUSSION

Ce qui fait l'originalité de ce travail c'est qu'à notre connaissance, il n'existe à ce jour aucune étude simi-

laire sur l'utilisation des appareils d'IRM et la conformité des indications au regard d'un référentiel établi par plusieurs sociétés savantes françaises.

### 1. Limites et biais de l'étude

Des patients résidant dans une autre région ont pu avoir des examens d'IRM en Champagne-Ardenne et inversement. De par la densité du maillage national des appareils d'IRM, ceci ne peut se concevoir que pour des patients ayant une résidence limitrophe ou des patients en transit. Il existe donc une faible marge d'incertitude pour les calculs utilisant la population de la Champagne-Ardenne.

Les résultats de cette étude ne peuvent être extrapolés sans réserve à la France entière. En effet, le nombre d'appareils d'IRM par habitant était plus élevé en Champagne-Ardenne qu'en France.

Pour les dossiers de l'échantillon, nous avons pu obtenir les comptes-rendus dans 99,3 % des cas. Dans six cas, nous n'avons pas retrouvé l'année de naissance. Le nombre extrêmement faible de données manquantes n'a pas justifié de traitement particulier, le biais induit paraissant négligeable.

### 2. L'activité des appareils d'IRM en Champagne-Ardenne

Au 1<sup>er</sup> janvier 2006, la population estimée de la région Champagne-Ardenne s'élevait à 1 339 000 habitants avec un sex-ratio de 0,96. Elle était un peu plus âgée que la population de la France métropolitaine : 28,2 % *versus* 27,6 % pour les 40-59 ans et 20,6 % *versus* 20,5 % pour les 60 ans et plus [15]. Avec dix appareils

d'IRM, la Champagne-Ardenne comptait donc 7,5 appareils par million d'habitants. Fin 2005, la France comptait 351 appareils opérationnels [5], soit 5,6 par million d'habitants, alors que la médiane des pays de l'OCDE était de 6,7 [17]. En Champagne-Ardenne l'activité d'IRM a subi de faibles fluctuations au cours des neuf mois étudiés, avec, cependant, une montée en charge progressive au mois de janvier et février pour les deux appareils d'IRM les plus récemment installés. Comme les principales affections explorées n'ont pas de caractère saisonnier particulier, il paraît peu probable que l'activité quotidienne moyenne d'IRM soit moins élevée au cours des trois derniers mois de l'année. Par extrapolation, on peut estimer que le nombre d'examen réalisés en 2006 était au minimum de 54 863<sup>1</sup>, correspondant à 41,0 examens d'IRM pour 1 000 habitants de Champagne-Ardenne. En 2004-2005, le nombre d'examen d'IRM pour 1 000 habitants était aux USA de 83,2, au Canada de 25,5 et en Grande-Bretagne de 19,0 [18]. Nous n'avons pas connaissance de données disponibles à ce sujet pour la France entière. En Champagne-Ardenne, le nombre annuel d'examen d'IRM pour 1 000 habitants est donc deux fois moins élevé qu'aux États-Unis, mais nettement supérieur à celui du Canada ou de la Grande-Bretagne.

Si l'on considère qu'un examen immobilise un appareil en moyenne 30 minutes, les appareils d'IRM, pendant les neuf mois étudiés, ont fonctionné à 31 % de leur capacité maximale théorique (c'est-à-dire correspondant à un fonctionnement de 24 heures quotidiennes tous les jours de l'année). En outre, si l'ensemble des appareils de la région réalisait le même nombre d'examen annuels que les deux appareils les plus actifs, un gain de productivité de 50 % serait possible. En 2006, chaque appareil d'IRM de Champagne-Ardenne avait permis de réaliser en moyenne 5 486 examens. Les données de l'Institut canadien d'information sur la santé indiquent qu'en 2005, pour chaque appareil d'IRM canadien, le nombre moyen d'examen était de 4 636 et pour chaque appareil des USA de 3 081. L'utilisation des appareils d'IRM en Champagne-Ardenne est donc assez intensive, supérieure à celle des appareils d'Amérique du Nord. Il existe encore une marge de développement par élargissement des plages d'ouverture. D'ailleurs, un des critères d'autorisation pour l'installation d'un appareil d'IRM en Alsace était une amplitude d'ouverture hebdomadaire d'au moins 60 heures [19]. Les facteurs limitant l'élargissement des plages d'ouverture sont plus le confort des patients et les contraintes de personnel que des impératifs techniques liés à la machine.

### 3. Les examens réalisés en urgence

Le GBUEI ne mentionne comme urgence IRM que les syndromes médullaire non traumatiques, qui ne représentent ensemble que  $2,3 \pm 1,2$  % de nos dossiers. Les raisons pour lesquelles l'IRM est rarement utilisée en urgence sont multiples. Le nombre limité d'appareils et la rareté des astreintes d'IRM incitent les utilisateurs à recourir à la TDM, bien que l'examen soit irradiant et moins pertinent. L'emploi de l'IRM dans un contexte de réanimation lourde est difficile, la plupart des appareils de ventilation assistée ou de monitoring ne pouvant être employés sous l'appareil.

### 4. Les examens d'IRM pour les affections neurologiques, les affections ostéo-articulaires, les cancers et en pédiatrie

Dans notre étude, plus des trois-quarts des examens d'IRM concernaient les maladies du système nerveux et les maladies ostéo-articulaires, y compris d'origine traumatique. En pathologie neurologique, l'intérêt de l'IRM est bien établi. Dans les AVC et les céphalées aiguës, la TDM permet de diagnostiquer avec efficacité les accidents hémorragiques, mais est moins performante que l'IRM pour le diagnostic des accidents ischémiques. Elle est insuffisante pour la prise de décision de fibrinolyse [20]. Tout AVC constitué ou transitoire devrait en principe bénéficier précocement d'un examen d'IRM, permettant d'éliminer une autre affection et de décider ou non de la mise en route d'un traitement fibrinolytique [21] ou anticoagulant. En France, entre 2000 et 2004, le taux d'incidence annuel des AVC constitués, standardisé sur la population française, se situait entre 128 et 145 pour 100 000 habitants, 85 % des AVC constitués étant d'origine ischémique et 15 % d'origine hémorragique [22]. En France, le taux d'incidence annuel des AVC transitoires serait de 30 à 110 pour 100 000 habitants [23]. On peut donc estimer le nombre annuel d'AVC constitués dans la région Champagne-Ardenne entre 1 700 et 1 950, et celui des AIT entre 400 et 1 450. En supposant que chaque AVC fasse l'objet d'un seul et unique examen d'IRM, on devrait réaliser pour ce motif entre 2 100 et 3 400 examens d'IRM par an. D'après notre étude, on peut estimer qu'en 2006, entre 1 495 et 2 117 examens d'IRM pour AVC constitué ont été réalisés et entre 675 et 1 086 examens d'IRM pour AVC transitoire. Ce résultat pourrait paraître satisfaisant en ce qui concerne les AVC constitués, mais la lecture des comptes-rendus montre qu'il s'agissait le plus souvent d'examen de contrôle et non d'examen initiaux. Effectivement,

<sup>1</sup> 41 181 (nombre d'examen de janvier à septembre 2006) +  $0,17 \times 3$  (nombre moyen d'examen quotidien pendant les jours fériés  $\times$  nombre de jours fériés au 4<sup>e</sup> trimestre 2006) +  $0,15 \times 14$  (nombre moyen d'examen quotidien le dimanche  $\times$  nombre de dimanches au 4<sup>e</sup> trimestre 2006) +  $210,11 \times 12$  (lundi) +  $211,68 \times 12$  (mardi) +  $206,95 \times 12$  (mercredi) +  $198,16 \times 13$  (jeudi) +  $215,21 \times 13$  (vendredi) +  $45,74 \times 12$  (samedi).

l'IRM reste indiquée après la phase aiguë de l'AVC, car elle fournit des renseignements étiologiques et pronostiques [24, 25].

Les affections du genou, gonalgies sans blocage, gonalgies avec blocage et traumatismes fermés du genou, représentaient plus d'un examen sur six. Or seule la gonalgie avec blocage est référencée par le GBUEI comme examen spécialisé de grade B. Cependant, certains auteurs préconisent un recours large à l'IRM dans la pathologie du genou [26].

Le nombre d'examens en cancérologie paraît assez faible. L'incidence du cancer de la prostate en France est de 75,3 pour 100 000 hommes [27]. Il devrait donc y avoir environ 500 nouveaux cas annuels en Champagne-Ardenne. L'IRM ne fait pas partie des examens recommandés pour le diagnostic de cancer de la prostate. En effet, sa sensibilité est bonne, mais sa spécificité est médiocre, à moins de recourir à des techniques de rehaussement de contraste [28]. L'IRM n'est indiquée actuellement que dans des cas particuliers pour le bilan d'extension locorégional [29]. Les besoins d'IRM dans le cancer de la prostate paraissent donc couverts. La situation est différente pour le cancer du sein. L'incidence en France étant de 138 pour 100 000 femmes [27], il y aurait dans la région environ 950 cas nouveaux par an. Actuellement, l'examen d'IRM n'est pas de pratique courante dans le dépistage et le GBUEI ne le mentionne pas dans cette utilisation, mais ceci pourrait évoluer à l'avenir. En effet, des travaux récents lui reconnaissent des performances supérieures à la mammographie dans le dépistage chez la femme de moins de 50 ans [30, 31]. L'IRM est indiquée dans le diagnostic chez les patientes symptomatiques et dans le suivi local. Le nombre d'examens d'IRM actuellement pratiqués serait suffisant pour assurer les examens à visée diagnostique, mais non pour assurer le suivi local de tous les cancers du sein. Le GBUEI reconnaît un intérêt à l'IRM dans nombre d'autres cancers, parmi les plus fréquents : côlon, rectum, voies aériennes supérieures, rein, vessie, utérus, ovaire. Or, le total des examens réalisés pour toutes ces indications ne dépasse pas celui des examens pour cancer du sein. Il est donc permis de penser que le recours à l'IRM est globalement insuffisant en cancérologie. Cependant la diversité des situations est telle qu'une étude spécifiquement consacrée à la pratique de l'IRM serait nécessaire pour chaque cancer.

Nous avons remarqué une faible utilisation de l'IRM en pédiatrie. Une limitation importante chez les jeunes enfants provient de l'obligation d'une immobilité totale et de l'isolement du patient dans l'appareil, ce qui peut obliger à une sédation, voire une anesthésie authentique [32]. La pratique d'un examen d'IRM systématique devant toute première crise généralisée non

fébrile de l'enfant, reconnue comme indiquée par le GBUEI, n'est pas conseillée par tous les auteurs. Cependant, même lorsque l'électroencéphalogramme et l'examen neurologique sont normaux, le taux d'anomalies retrouvées à l'IRM est élevé, dépassant 30 % dans certaines séries [33], ce qui constitue un argument en faveur de l'imagerie, même si ces anomalies n'ont pas de conséquences thérapeutiques ou pronostiques.

L'incidence de l'épilepsie chez l'enfant est appréciée de façon très variable selon les auteurs en raison de l'hétérogénéité des critères d'inclusion et des populations étudiées [34]. Les données les plus basses font état d'une incidence annuelle de 40 à 50 pour 100 000 chez les moins de 15 ans. Selon l'Institut national d'études démographiques [35], les moins de 15 ans représentaient 18,7 % de la population française en 2005. Pour la région Champagne-Ardenne le nombre de nouveaux cas annuels d'épilepsie de l'enfant devrait donc se situer entre 104 à 130, ou un peu moins, car la population de la région est un peu plus âgée. La pratique de l'IRM dans la région suffit donc à couvrir les besoins liés à l'apparition d'une épilepsie de l'enfant. Il n'est pas certain qu'elle suffise à assurer le suivi par imagerie quand il est nécessaire.

Alors que l'IRM se développe dans le domaine de l'imagerie coronarienne [36] et semble avoir une bonne valeur pronostique dans l'insuffisance cardiaque d'origine ischémique [37], elle est dans notre étude totalement absente dans les affections coronariennes, l'insuffisance cardiaque, les cardiopathies congénitales et elle est très peu pratiquée dans les maladies des artères périphériques. Le GBUEI considère l'IRM comme une technique efficace dans tous ces domaines, mais reconnaît en même temps des limitations comme sa faible accessibilité en urgence, les contraintes éventuelles des mesures de réanimation déjà évoquées. Il faut peut-être y ajouter le nombre limité de radiologues spécialisés en angio-IRM.

Le GBUEI est une aide à la prise de décision et non un outil de vérification *a posteriori*. Bien que notre objectif prioritaire n'ait pas été l'appréciation de la pertinence des examens, nous avons cependant utilisé le GBUEI dans cette optique, mais les résultats doivent être nuancés. Le GBUEI ne peut être exhaustif et toutes les situations n'y sont pas incluses. Il n'envisage pas la pertinence de l'IRM pour chaque problème clinique étudié. Le GBUEI reconnaît chaque praticien comme responsable *in fine* de la justification des actes qu'il réalise. Il est évident qu'on ne peut s'attendre à trouver dans une étude comme celle-ci des indications de grade A exclusivement. De plus, la pratique de la radiologie ne peut éviter un certain degré de raisonnement par analogie, par exemple devant un problème rare ou complexe. Certaines utilisations semblent validées par la littérature scientifique sans avoir été incluses dans le



GBUEI : mesure de la surcharge en fer [38], recherche de névrome de Morton [39], etc. Malgré cela, il est surprenant de constater que la majorité des examens réalisés correspond à un niveau de preuve B, même si ceci n'est sans doute pas propre à l'IRM. Le grade A d'indication, qui est celui de l'existence de preuves scientifiques les mieux établies, n'est atteint que dans les grandes indications neurologiques : AVC constitué, affections démyélinisantes, syndrome médullaire, épilepsie, etc. En pathologie ostéo-articulaire, on ne rencontre que des grades B ou C. Dans notre étude, la première indication de grade A n'apparaît qu'en sixième position, par ordre de fréquence. Lorsque le GBUEI demande certains arguments cliniques, leur absence au compte-rendu ne signifie pas que les arguments n'existaient pas. Il est possible que, sans les mentionner sur son compte-rendu, le radiologue ait disposé des éléments nécessaires en raison d'un appel du médecin prescripteur, des déclarations du patient ou parce qu'il connaissait les examens antérieurs. L'amélioration de la traçabilité se traduirait probablement par une augmentation de la proportion des examens reconnus comme indiqués. Mais ceci relève de la qualité du compte-rendu et non de la pertinence de l'indication.

Au total, l'utilisation actuelle de l'IRM concerne avant tout des affections chroniques ou du moins subaiguës, en dehors d'un contexte d'urgence. La prépondérance de la pathologie de l'appareil locomoteur, le plus souvent de type dégénératif, et des affections neurologiques va de pair avec une sous-utilisation de la technique en cancérologie ou dans le domaine vasculaire. Il existe donc indiscutablement une marge de développement de l'IRM dans ces domaines. Ce développement pourrait être obtenu par l'augmentation de l'activité des appareils déjà installés ou par l'installation de nouveaux appareils d'IRM. À cet égard, les intérêts des promoteurs et ceux de l'Assurance maladie sont divergents. En effet, la facturation d'un examen d'IRM comprend deux éléments : un forfait rémunérant l'acte intellectuel d'interprétation, fixé à Cx3 pour un généraliste et Csx3 pour un spécialiste, et un forfait technique. Ce forfait technique dépend de la région administrative, de la puissance de l'appareil, de l'amortissement de l'appareil, mais aussi du nombre d'actes effectués dans l'année. Au-delà d'une activité de référence fixée par arrêté, un forfait réduit est appliqué [40]. Il est donc manifeste que les promoteurs d'installations d'IRM ont intérêt à l'implantation de nombreux appareils chacun d'activité moyenne, et que l'Assurance maladie a intérêt à maintenir un petit nombre d'appareils, chacun très actif. On peut craindre que l'installation de nouveaux appareils débouche sur une multiplication des seuls examens à visée neurologique ou rhumatologique, avec comme conséquence une réduction des délais d'attente, mais sans bénéfice en matière de substitution. Cet inconvénient serait peut-

être évité en prévoyant l'implantation d'appareils d'IRM dédiés à la pathologie articulaire. Au cours des années passées, un certain intérêt a été porté aux IRM de bas champ (inférieur ou égal à 0,5 T) dans la pathologie ostéo-articulaire. L'ANAES [41] les considérait en 1999 comme utilisables dans ces indications, mais préconisait de poursuivre l'évaluation. Pour la circulaire DHOS du 24 avril 2002 [42], les IRM de bas champ étaient également utilisables pour le suivi des affections neurologiques à condition qu'ils s'inscrivent dans un plateau d'imagerie plus étoffé, comprenant au moins un appareil d'IRM de 1,5 T. Il s'agit cependant de conclusions déjà anciennes et qui n'ont pas été confortées par la littérature médicale depuis. On peut estimer que les IRM de bas champ, en utilisant des techniques adaptées [43], sont efficaces dans le diagnostic des affections du genou [44, 45], ou dans les lésions cartilagineuses de la polyarthrite rhumatoïde [46], mais leur usage est plus discutable dans les autres affections articulaires, par exemple les affections de l'épaule, dans lesquelles les appareils d'IRM de haut champ (1,5 T et au-delà) pourraient être plus performants [47]. Dans ces conditions, le nombre d'explorations de genoux, pour élevé qu'il paraisse, justifierait difficilement l'installation d'appareils dédiés, en tous cas dans une région étendue comme la Champagne-Ardenne.

En l'état actuel des choses, et bien que les recommandations ministérielles [42] incitent à favoriser l'adossement des IRM aux établissements hospitaliers, cette proximité n'apparaît pas d'une évidente nécessité, dans la mesure où la majorité des examens correspond à des affections pour lesquelles les patients sont ambulatoires. On peut donc imaginer dans l'avenir la coexistence sur le territoire d'appareils d'IRM à vocation hospitalière, dédiés aux pathologies lourdes et aux urgences, et d'appareils d'IRM à vocation ambulatoire, réservés à des pathologies dégénératives chroniques. Enfin, il est inévitable qu'une véritable substitution amène à restreindre les implantations des appareils de TDM, ceux-ci ne conservant que les indications dans lesquels ils offrent des performances supérieures à l'IRM.

## RÉFÉRENCES

1. *Organisation de coopération et de développement économiques. Comment la France se positionne. Paris : Eco-Santé OCDE 2006 2006. [http://www.oecd.org/dataoecd/19/9/36957066.pdf].*
2. *Chardavoine A. IRM : La France va-t-elle rattraper son retard 60 millions de consommateurs 2006;405:28-31.*

3. Frijia G. Besoins en IRM : un retard alarmant. Le bulletin de la SFR 2000;11 (février 2000).
4. Sénat. Droit des malades. Discussion d'un projet de loi déclaré d'urgence. Séance du 30 janvier 2002 [<http://www.senat.fr>].
5. Institut national du cancer (INCA). Bilan 2003-2006. Contribution 5101. Paris : INCA 2006.
6. Réseau de cancérologie en Champagne-Ardenne (ONCOCHA). Accès à l'IRM : après trois ans d'amélioration la situation se dégrade de nouveau. Reims (France) : ONCOCHA [<http://www.oncocha.org>].
7. Ordonnance n° 2003-850 du 4 septembre 2003 relative à la simplification de l'organisation et du fonctionnement du système de santé ainsi que des procédures de création d'établissements ou de services sociaux ou médico-sociaux soumis à autorisation. Journal officiel de la République française, 6 septembre 2003;206:15391-404.
8. Décret n° 2005-76 du 31 janvier 2005 relatif aux objectifs quantifiés de l'offre de soins. Journal officiel de la République française, 2 février 2005;27:1707-8.
9. Directive 97/43 Euratom du Conseil du 30 juin 1997 relative à la protection sanitaire des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants lors d'expositions à des fins médicales, remplaçant la directive 84/466/Euratom. Journal officiel des Communautés Européennes, 9 juillet 1997;180:0022-7.
10. Ordonnance n° 2001-270 du 28 mars 2001 relative à la transposition de directives communautaires dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants. Journal officiel de la République française, 31 mars 2001;77:5057-62.
11. Décret n° 2003-270 du 24 mars 2003 relatif à la protection des personnes exposées à des rayonnements ionisants à des fins médicales et médico-légales et modifiant le code de la santé publique (deuxième partie : Décrets en Conseil d'État). Journal officiel de la République française, 26 mars 2003;72:5361-3.
12. Loi n° 2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique. Journal officiel de la République française, 11 août 2004;185:14277-336.
13. Société française de radiologie, Société française de biophysique et médecine nucléaire. Guide du bon usage des examens d'imagerie médicale. Paris : Société française de médecine nucléaire et imagerie moléculaire 2005. [<http://www.sfmn.org>].
14. Comité technique régional. Cahier de planification imagerie médicale 2006-2011: 8. [<http://www.arh-champagne-ardenne.fr>].
15. Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE). [[http://www.insee.fr/fr/recensement/nouv\\_recens/resultats/resultats-regionaux.htm](http://www.insee.fr/fr/recensement/nouv_recens/resultats/resultats-regionaux.htm)].
16. Tillé Y. Chapitre 7. Stratification. In : Tillé Y ed. Théorie des sondages. Échantillonnage et estimation en population finie. Paris : Dunod 2001. p. 123-40.
17. Institut canadien d'information sur la santé. Le Canada utilise ses appareils d'imagerie par résonance magnétique plus intensivement que les États-Unis ou l'Angleterre. Ottawa : ICIS Février 2006. [<http://www.cihi.ca/cihiweb>].
18. Institut canadien d'information sur la santé. Rapports analytiques. L'imagerie médicale. Ottawa : ICIS 2005. [<http://www.cihi.ca/cihiweb>].
19. Agence régionale de l'hospitalisation d'Alsace. Schéma régional d'organisation sanitaire. Équipements lourds. 2002-2004 ; Strasbourg (France) : ARH d'Alsace 2002. p. 35. [<http://www.parhtage.sante.fr>].
20. Oppenheim C, Naggara O, Arquizan C, Brami-Zylberberg F, Mas JL, Meder JF, et al. Imagerie de l'ischémie cérébrale dans les premières heures : IRM. J Radiol 2005;86:1069-79.
21. Kang DW, Chalela JA, Dunn W, Warach S, NIH-Suburban Stroke Center Investigators. MRI screening before standard tissue plasminogen activator therapy is feasible and safe. Stroke 2005;36:1939-43.
22. Bejot Y, Rouaud O, Benatru I, Durier J, Giroud M. Étude-pilote en France : suivi des taux d'incidence des accidents vasculaires cérébraux à Dijon depuis 20 ans. [[http://www.u-bourgogne.fr/upload/site\\_1/recherche/actualite/ubsciences\\_2/article1stic.pdf](http://www.u-bourgogne.fr/upload/site_1/recherche/actualite/ubsciences_2/article1stic.pdf)].
23. Lemesle M, Milan C, Faivre J, Moreau T, Giroud M, Dumas R. Incidence Trends of Ischemic Stroke and Transient Ischemic Attacks in a Well-Defined French Population From 1985 Through 1994. Stroke 1999;30:371-7.
24. Gauvrit JY, Leclerc X, Leys D, Pruvo JP. Phase subaiguë de l'ischémie cérébrale : apport de l'IRM. J Radiol 2003;84:121-9.
25. Gauvrit JY, Leclerc X, Pernodet M, Oppenheim C, Leys D, Pruvo JP. Apport de l'IRM dans le diagnostic étiologique d'un infarctus cérébral. J Radiol 2005;86:1080-90.
26. Tavernier T, Dejour D. Imagerie du genou : quel examen choisir Paris : Elsevier, Encycl Méd Chir, Radiodiagnostic – Squelette normal, 30-433-A-20 2001.
27. Commission d'orientation sur le cancer. Evolution de l'incidence et de la mortalité par cancer en France de 1978 à 2000. Paris : Ministère de la santé 2003. [[www.sante.gouv.fr/html/dossiers/cancer/chap1.pdf](http://www.sante.gouv.fr/html/dossiers/cancer/chap1.pdf)].

28. Ito H, Kamoi K, Yokoyama K, Yamada K, Nishimura T. Visualization of prostate cancer using dynamic contrast-enhanced MRI: comparison with transrectal power Doppler ultrasound. *Br J Radiol* 2003;76:617-24.
29. Cornud F, Bellin MF, Portalez D. IRM et bilan d'extension du cancer de la prostate. *J Radiol* 2006;87:228-43.
30. Kriege M, Brekelmans CT, Boetes C, Besnard PE, Zonderland HM, Obdeijn IM, et al. Magnetic Resonance Imaging Screening Study Group. Efficacy of MRI and mammography for breast-cancer screening in women with a familial or genetic predisposition. *N Engl J Med* 2004 Jul 29;351:427-37.
31. Gilbert FJ. Should we use MRI to screen women at high-risk of breast cancer? *Cancer Imaging* 2005;5:32-8.
32. Serafini G, Ongaro L, Mori A, Rossi C, Cavalloro F, Tagaliaferri C, et al. Anesthesia for MRI in the paediatric patient. *Minerva Anestesiol* 2005;71:361-6.
33. Doescher JS, de Grauw TJ, Musick BS, Dunn DW, Kalnin AJ, Egelhoff JC, et al. Magnetic resonance imaging (MRI) and electroencephalographic (EEG) findings in a cohort of normal children with newly diagnosed seizures. *J Child Neurol* 2006;21:491-5.
34. Jallon P, Picard F. Épidémiologie des épilepsies de l'enfant. *MTP* 2001;4 (10) Hors série 1:10-5.
35. Institut national d'études démographiques (INED). Paris : INED. [[http://www.ined.fr/fr/pop\\_chiffres/france](http://www.ined.fr/fr/pop_chiffres/france)].
36. Dhawan S, Darmashankar KC, Tak T. Role of Magnetic Resonance Imaging in visualizing coronary arteries. *Clin Med Res* 2004;2:173-9.
37. Vignaux O, Paul JF, Duboc D. Maladie coronaire : les questions cliniques et les réponses potentielles en scanner multicoupe et en IRM. *J Radiol* 2004;85:1786-95.
38. Wood JC, Enriquez C, Ghugre N, Tyzka JM, Carson S, Nelson MD, et al. MRI R2 and R2\* mapping accurately estimates hepatic iron concentration in transfusion-dependent thalassemia and sickle cell disease patients. *Blood* 2005;106:1460-5.
39. Esling F, Martin JM, Py E, Nguyen L, Savornin C. Le névrome de Morton. *e-mémoires de l'Académie nationale de chirurgie* 2002;1:13-6.
40. Arrêté du 21 mars 2005 portant approbation de l'avenant n° 2 à la convention nationale des médecins généralistes et des médecins spécialistes. Annexe 2 : Tarifs des forfaits techniques. *Journal officiel de la République française*, 30 mars 2005;74:5231-308.
41. Agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé. Évaluation clinique et état du marché des appareils d'IRM à bas champ magnétique (< 0,5 Tesla). Paris : ANAES 1999. [<http://www.has-sante.fr>].
42. Circulaire DHOS/SDO/O4 n° 2002-250 du 24 avril 2002 relative aux recommandations pour le développement de l'imagerie en coupe par scanner et IRM. *Bulletin officiel* n° 2002-19 du 6 au 12 mai 2002.
43. American college of radiology. Practice guideline for the performance and interpretation of magnetic resonance imaging (MRI) of the knee. Reston (VA – USA) : ACR 2006. [<http://www.acr.org>].
44. Kladny B, Glückert K, Swoboda B, Beyer W, Weseloh G. Comparison of low field (0.2T) and high- (1,5T) magnetic resonance imaging of the knee joint. *Arch OrthopTraumaSurg* 2004;114:281-6.
45. Cotten A, Delfaut E, Demondion X, Lapegue F, Boukhe- lifa M, Boutry N, et al. MR Imaging of the knee at 0.2 and 1.5 T : correlation with surgery. *Am J Roentgenol* 2000;174: 1093-7.
46. Ejbjerg B, Narvestad E, Jacobsen S, Thomsen HS, Ostergaard M. Optimised, low cost, low field dedicated extremity MRI is highly specific and sensitive for synovitis and bone erosions in rheumatoid arthritis wrist and finger joints: comparison with conventional high field MRI and radiography. *Ann Rheum Dis* 2005;64:1280-7.
47. Magee T, Shapiro M, Williams D. Comparison of high field strength versus low field strength MRI of the shoulder. *Am J Roentgenol* 2003;181:1211-5.