



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DU REDRESSEMENT
PRODUCTIF

Imagerie médicale du futur

OCIS PROSPECTIVE

PIPAME

Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation
des Mutations économiques

Date de parution : octobre 2013

Couverture : Hélène Alias-Denis, Brigitte Baroin
Édition : Nicole Merle-Lamoot, Gilles Pannetier

Imagerie médicale du futur



Le pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (PIPAME) a pour objectif d'apporter, en coordonnant l'action des départements ministériels, un éclairage de l'évolution des principaux acteurs et secteurs économiques en mutation, en s'attachant à faire ressortir les menaces et les opportunités pour les entreprises, l'emploi et les territoires.

Des changements majeurs, issus de la mondialisation de l'économie et des préoccupations montantes comme celles liées au développement durable, déterminent pour le long terme la compétitivité et l'emploi, et affectent en profondeur le comportement des entreprises. Face à ces changements, dont certains sont porteurs d'inflexions fortes ou de ruptures, il est nécessaire de renforcer les capacités de veille et d'anticipation des différents acteurs de ces changements : l'État, notamment au niveau interministériel, les acteurs socio-économiques et le tissu d'entreprises, notamment les PME. Dans ce contexte, le PIPAME favorise les convergences entre les éléments microéconomiques et les modalités d'action de l'État. C'est exactement là que se situe en premier l'action du PIPAME : offrir des diagnostics, des outils d'animation et de création de valeur aux acteurs économiques, grandes entreprises et réseaux de PME / PMI, avec pour objectif principal le développement d'emplois à haute valeur ajoutée sur le territoire national.

Le secrétariat général du PIPAME est assuré par la sous-direction de la prospective, des études économiques et de l'évaluation (P3E) de la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services (DGCIS).

Les départements ministériels participant au PIPAME sont :

- le ministère du Redressement productif/Direction générale de la Compétitivité, de l'Industrie et des Services ;
- le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie ;
- le ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt ;
- le ministère de la Défense/Direction générale de l'Armement ;
- le ministère du Travail, de l'Emploi, de la Formation professionnelle et du Dialogue social/Délégation générale à l'Emploi et à la Formation professionnelle ;
- le ministère des Affaires sociales et de la Santé/Direction générale de la Santé ;
- le ministère de la Culture et de la Communication/Département des Études, de la Prospective et des Statistiques ;
- le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche ;
- la délégation interministérielle à l'Aménagement du Territoire et à l'Attractivité Régionale (DATAR), rattachée au Premier ministre ;
- le commissariat général à la stratégie et à la prospective (CGSP), rattaché au Premier ministre.

MEMBRES DU COMITE DE PILOTAGE

Guy Caron	Ministère du Redressement Productif - DGCIS
Philippe Chaumet-Riffaud	Société Française de Médecine Nucléaire (SFMN)
Maité Coppey-Moisan	France BioImaging
Claire Coqueblin	Ministère du Redressement Productif - DGCIS
Claire Corot	G5
Isabelle Diaz	Les Entreprises du Médicament (LEEM)
Diane Dufoix	AFDEL
Gérard Emond	Ministère du Redressement Productif - DGCIS
Daniel Fagret	ITMO Technologies pour la Santé (ITMO TS)
Jacques Felblinger	Conseil des Enseignants de Radiologie de France (CERF)
Robert Gardette	Ministère de la Recherche (SSRI Biologie santé)
Nicolas Grenier	Conseil des Enseignants de Radiologie de France (CERF)
Frédéric Karolak	Ministère du Redressement Productif - DGCIS
Noël Le Scouarnec	Ministère du Redressement Productif - DGCIS
Franck Lethimonnier	France Life Imaging
Cécile Levêque	DIRECCTE Ile-de-France
Alain Luciani	Société Française de Radiologie (SFR)
Laura Martinez	Association Française des Ingénieurs Biomédicaux (AFIB)
Rosalie Maurisse	Bpifrance
Olivier Mundler	CHU Marseille
Yannis Nahal	Syntec numérique
Olivier Peyret	CEA Leti
Robert Picard	Conseil Général de l'Economie, de l'Industrie, de l'Energie et des Technologies (CGEIET)
Jean-Pierre Pruvo	Société Française de Radiologie (SFR)
Jean Salamero	Institut Curie (France BioImaging)
Benjamin Sarda	Syntec numérique
Jean-Bernard Schroeder	Syndicat National de l'Industrie des Technologies Médicales (SNITEM)
Hélène Serveille	Conseil Général de l'Economie, de l'Industrie, de l'Energie et des Technologies (CGEIET)
Pierre Sorlier	Ministère du Redressement Productif – DGCIS
Nicolas Thevenet	Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé (ANSM)
Daniel Vasmant	Ministère du Redressement Productif – DGCIS
Jean-Philippe Vuillez	Société Française de Médecine Nucléaire (SFMN)
David Warlin	G5

Le cabinet de conseil a conduit les entretiens et recueilli les éléments nécessaires à la constitution de ce rapport :

D&CONSULTANTS

Tour Montparnasse – 33, avenue du Maine
BP 183 – 75755 Paris cedex 15
Tél. : +33 (0)1 53 62 98 57
Fax : +33 (0)1 53 62 96 11
<http://www.DetConsultants.com>

Auteurs :

Dominique Carlac'h, Directrice Générale ;
Emmanuel Grillot, Associé, Directeur du bureau de Paris ;
Béatrice De Keukeleire, Responsable du pôle sciences du vivant ;
Karine Templier, Consultante en politiques publiques ;
Amandine Le Guennec, Consultante ingénieur ;
Rania Othman, Consultante sciences du vivant.

Sous le pilotage :

Claire Coqueblin (DGCIS)
Noël Le Scouarnec (DGCIS)
Frédéric Karolak (DGCIS)

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier l'ensemble des membres du Comité de Pilotage pour leur participation et leur implication tout au long de cette étude.

SOMMAIRE

1. RÉSUMÉ	- 13 -
2. DES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE LA MÉDECINE ET LA SANTÉ	- 17 -
2.1. Un arsenal d’outils de hautes technologies en perpétuelle évolution.....	- 17 -
2.1.1. Des outils ciblant l’exploration du vivant	- 17 -
2.1.2. Des outils au cœur de la médecine personnalisée	- 19 -
2.1.3. De fortes exigences réglementaires et d’accès au marché	- 19 -
2.2. Des besoins en imagerie croissants	- 21 -
2.2.1. Une population vieillissante et de plus en plus dépendante	- 22 -
2.2.2. Une population davantage exposée aux maladies	- 22 -
2.2.3. Une prévention et une détection précoce accrues par l’imagerie	- 22 -
2.3. Une offre d’imagerie médicale intégrée dans l’organisation des soins.....	- 23 -
2.3.1. Une organisation de l’imagerie de plus en plus standardisée.....	- 23 -
2.3.2. Une évolution dans la réalisation des actes d’imagerie.....	- 23 -
2.3.3. Un patient, acteur de son parcours de soins, et notamment en imagerie.....	- 23 -
2.4. Un déploiement accéléré de la téléimagerie dans les établissements de soins.....	- 24 -
2.4.1. Une offre émergente de téléimagerie	- 24 -
2.4.2. Une répartition hétérogène de l’offre d’imagerie médicale sur le territoire.....	- 25 -
2.4.3. Une mise en place tardive des systèmes d’information	- 25 -
2.4.4. Une formation nécessaire des professionnels de santé à l’informatique médicale	- 26 -
2.4.5. Des infrastructures capables de stocker et d’échanger de grandes quantités de données	- 26 -
2.5. Un marché globalement important, porteur de croissance	- 27 -
2.5.1. Les chiffres clés du marché des équipements et des agents de contraste.....	- 27 -
2.5.2. Le marché de l’informatique médicale en pleine croissance	- 28 -
3. UNE FILIÈRE À FORT POTENTIEL ORGANISÉE AUTOUR DU PATIENT.....	- 29 -
3.1. Une recherche académique et clinique d’excellence qui se structure	- 29 -
3.1.1. Une position d’excellence dans la recherche en imagerie médicale	- 29 -
3.1.2. Une recherche académique en cours de structuration	- 31 -
3.1.3. Une recherche clinique dense organisée en réseau	- 32 -
3.2. Une collaboration nationale public/privé en R&D qui s’intensifie	- 33 -
3.3. Une industrie française innovante, dynamique et exportatrice	- 34 -
3.3.1. Un tissu industriel français principalement constitué de PME.....	- 34 -
3.3.2. Un tissu industriel français présent aux côtés des leaders mondiaux.....	- 35 -
3.3.3. Une filière exportatrice.....	- 36 -
3.4. Une propriété intellectuelle peu offensive.....	- 37 -
3.5. Une offre de formation dynamique	- 39 -
3.6. Diagnostic de la filière et par modalités	- 41 -
3.6.1. La modalité rayons X : une présence industrielle à maintenir	- 41 -
3.6.2. La modalité des champs magnétiques : une présence industrielle à renforcer.....	- 42 -
3.6.3. La modalité de la médecine nucléaire : une présence industrielle fragile.....	- 44 -

3.6.4. La modalité des ultrasons : une présence industrielle en croissance.....	- 45 -
3.6.5. La modalité des rayonnements lumineux : une présence industrielle prometteuse	- 46 -
3.6.6. La modalité de l'électrophysiologie : une faible présence industrielle	- 48 -
3.6.7. L'informatique médicale : une opportunité de croissance	- 49 -
3.6.8. L'imagerie biologique : une opportunité de croissance	- 50 -
4. LES LEVIERS DE DÉVELOPPEMENT DE L'IMAGERIE MÉDICALE DU FUTUR.....	- 51 -
4.1. Les enjeux identifiés par les 4 pays leaders et Israël.....	- 51 -
4.1.1. Israël attire l'investissement étranger.....	- 51 -
4.1.2. Israël favorise la levée de fonds des entreprises.....	- 52 -
4.1.3. Les États-Unis et les Pays-Bas favorisent le transfert technologique	- 52 -
4.1.4. Les États-Unis, les Pays-Bas et l'Allemagne promeuvent les compétences nationales...-	53 -
4.1.5. Les États-Unis et l'Allemagne proposent des formations spécialisées	- 53 -
4.1.6. Les grands groupes intensifient leur stratégie par l'acquisition	- 54 -
4.2. Les évolutions technologiques de l'imagerie médicale de demain	- 54 -
4.2.1. Les rayons X.....	- 54 -
4.2.2. Les champs magnétiques.....	- 55 -
4.2.3. La médecine nucléaire.....	- 56 -
4.2.4. Les ultrasons.....	- 56 -
4.2.5. Les rayonnements lumineux.....	- 57 -
4.2.6. L'imagerie biologique	- 58 -
4.2.7. L'informatique médicale	- 59 -
4.3. Les leviers de développement du tissu industriel.....	- 61 -
4.3.1. Renforcer l'innovation et la recherche partenariale	- 61 -
4.3.2. Renforcer le capital des entreprises et soutenir l'investissement dans le développement précommercial	- 62 -
4.3.3. Soutenir l'investissement dans la mise sur le marché et la prise en charge par l'assurance maladie des solutions de l'imagerie médicale.....	- 63 -
4.3.4. Faire évoluer le modèle économique des technologies de l'imagerie.....	- 64 -
4.3.5. Améliorer l'accès des industriels français au marché national	- 64 -
4.3.6. Accompagner les industriels français sur les marchés internationaux	- 64 -
4.3.7. Structuration de la filière	- 65 -
4.4. Synthèse des leviers identifiés.....	- 66 -
5. PISTES D'ACTION POUR ACCOMPAGNER LE DÉVELOPPEMENT DE L'IMAGERIE MÉDICALE DU FUTUR EN FRANCE	- 69 -
6. ANNEXE 1 : NOTE MÉTHODOLOGIQUE.....	- 71 -
7. ANNEXE 2 : LES PRINCIPALES TECHNOLOGIES D'ACQUISITION D'IMAGERIE SUR LE MARCHÉ	- 73 -
8. ANNEXE 3 : RECENSEMENT DES ÉQUIPEMENTS D'IMAGERIE MÉDICALE PAR PAYS.....	- 77 -
9. ANNEXE 4 : RECENSEMENT DES LABORATOIRES ACADÉMIQUES	- 79 -
10. ANNEXE 5 : RECENSEMENT DES STRUCTURES LIÉES A L'IMAGERIE MÉDICALE ET SOUTENUES PAR LE PIA	- 85 -

11. ANNEXE 6 : COMPOSITION ET POSITIONNEMENT DE NŒUDS DE FRANCE LIFE IMAGING (FLI) ET FRANCE BIO IMAGING (FBI).....	- 89 -
12. ANNEXE 7 : RECENSEMENT DES PROJETS COLLABORATIFS DE R&D LIÉS À L'IMAGERIE MÉDICALE ET SOUTENUS PAR DES FINANCEMENTS PUBLICS.....	- 91 -
13. ANNEXE 8 : ANNUAIRE DES ENTREPRISES RECENSÉES SUR LA FILIÈRE DE L'IMAGERIE MÉDICALE EN FRANCE.....	- 97 -
14. ANNEXE 9 : RECENSEMENT DES ENTREPRISES EN FRANCE PAR TYPE DE MODALITÉS...	- 113 -
15. ANNEXE 10 : RECENSEMENT DES DÉPÔTS DE BREVETS LIÉS À L'IMAGERIE MÉDICALE ENTRE 2005 ET 2012.....	- 119 -
16. ANNEXE 11 : RECENSEMENT DES FORMATIONS.....	- 123 -
17. SIGLES.....	- 129 -
18. DÉFINITIONS.....	- 131 -
19. INDEX DES TABLEAUX.....	- 135 -
20. INDEX DES FIGURES.....	- 137 -
21. LISTE DES STRUCTURES CONSULTÉES DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE.....	- 141 -
22. BIBLIOGRAPHIE.....	- 145 -

1. RÉSUMÉ

L'imagerie médicale permet aujourd'hui, au-delà de **l'examen clinique, une exploration du vivant et une amélioration des connaissances en biologie moléculaire et cellulaire**. Les **besoins mondiaux en imagerie médicale sont croissants** compte tenu d'une population vieillissante et davantage exposée aux maladies. Ces besoins ciblent **une meilleure prévention, un diagnostic de plus en plus précoce et un suivi thérapeutique personnalisé**.

En 2010, le **marché mondial** de l'imagerie médicale était estimé à **20 milliards d'euros**. Il est porté par les industriels de la pharmacie, les biotechnologies, les laboratoires de recherche et les établissements de santé.

En France, le secteur industriel de l'imagerie médicale emploie environ **40 000 salariés au sein de 250 entreprises**, avec de nombreuses Très Petites Entreprises (TPE), des Petites et Moyennes Entreprises (PME) et des Entreprises de Taille Intermédiaire (ETI) **innovantes et fortement exportatrices**. **Le fort dynamisme industriel de ce secteur**, à l'exemple des agents de contraste, des radiopharmaceutiques ou des ultrasons, **doit être soutenu et renforcé**.

Les entreprises du secteur peuvent s'appuyer à la fois sur une **recherche académique et clinique d'excellence et structurée**, mais également sur des **établissements de soins de grande qualité**. La recherche académique et clinique française, dotée de compétences à haute valeur ajoutée et de plateaux techniques de pointe, est reconnue mondialement et se structure au sein de réseaux nationaux et européens. Une centaine de centres de recherche représentant environ 1 000 chercheurs statutaires et 650 doctorants et post-doctorants ont été recensés. Il existe également des centres cliniques de référence avec 220 essais cliniques en cours dans le domaine de l'imagerie médicale.

Les **développements de solutions pour l'imagerie médicale sont longs et coûteux**, les **contraintes réglementaires et de démonstration du bénéfice clinique** de nouvelles solutions sont **fortes**. À ceci s'ajoutent des efforts de marketing dans un contexte de marché public ou d'ouverture à l'export. Ces conditions imposent aux entreprises d'avoir des **fonds propres importants pour innover**, développer et mettre sur le marché des solutions technologiques innovantes et compétitives. **L'enjeu aujourd'hui est de renforcer l'émergence de solutions innovantes tout en simplifiant le parcours administratif et le raccourcissement des délais de mise à disposition des innovations aux patients**.

L'imagerie médicale du futur doit être pensée comme un **vecteur d'économies de santé** dans le cadre de la **médecine personnalisée**. En ce sens toute politique industrielle nationale doit être réalisée en lien étroit avec les autorités de santé afin de parvenir au nécessaire équilibre entre sécurité sanitaire, progrès médical, croissance industrielle et maîtrise des dépenses d'assurance maladie.

L'imagerie médicale en France a le potentiel pour se hisser au meilleur niveau de la compétition mondiale et pourrait être partie intégrante du **plan de reconquête industrielle « dispositifs médicaux et nouveaux équipements de santé »** lancé en septembre par le gouvernement. Même si ce secteur se caractérise par l'absence d'équipementier français à dimension mondiale, la **France a une carte à jouer** grâce à la qualité de sa recherche, de sa pratique médicale, ainsi que de son dynamisme en matière d'innovation.

Objectifs de l'étude

La technologie pour l'imagerie du vivant a été identifiée comme un des segments stratégiques de l'économie française dans l'étude technologies clés 2015¹. Même si les entreprises françaises sont peu visibles car très souvent sous-traitantes pour les donneurs d'ordres étrangers leaders comme Siemens (Allemagne), Philips (Pays-Bas), General Electric (USA) ou encore Toshiba (Japon), une trentaine de PME ou TPE innovantes semblent avoir un avenir prometteur dans le secteur. Celles-ci sont en majorité issues de la recherche française en imagerie médicale et ont développé une technologie spécifique d'imagerie. Elles se situent sur des marchés de niche, comme l'imagerie 3D, l'imagerie biomoléculaire, l'imagerie multi-modalité, l'imagerie par radiotracteur, ou encore l'imagerie par ultrasons. Globalement, ces PME produisent des produits de qualité et des solutions qui peuvent être embarquées dans les modalités des grands équipementiers.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est de :

- *constituer un état des lieux / diagnostic sur la recherche et les entreprises françaises du secteur de l'imagerie médicale ;*
- *identifier les marchés potentiels pour les entreprises françaises (traceurs, traitement du signal, etc.) en constituant une base de connaissances sur l'offre de produits autour du développement des usages par les acteurs de la santé, notamment les hôpitaux, les centres de recherche clinique, les biotechs et les laboratoires pharmaceutiques ;*
- *faire émerger une vision du positionnement de l'offre française (recherche et industrielle) sur le secteur de l'imagerie médicale dans l'environnement international ;*
- *identifier les formations pouvant répondre aux enjeux du secteur de l'imagerie médicale.*

L'étude vise ainsi à mieux faire connaître la filière de l'imagerie médicale française et à donner une vision prospective des ruptures technologiques et du positionnement industriel français dans un environnement mondialisé.

En s'appuyant sur le contexte concurrentiel international et sur les activités de la recherche nationale existante, cette étude doit ainsi permettre d'aider le développement ou la diversification des entreprises françaises en imagerie médicale à l'horizon 2020, de faciliter la création d'entreprises issues de la recherche académique, et enfin de contribuer à l'identification de nouveaux projets collaboratifs publics privés autour de nouvelles applications et de ruptures technologiques.

¹ Technologies clés 2015, DGCIS, 2011

2. DES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE LA MÉDECINE ET LA SANTÉ

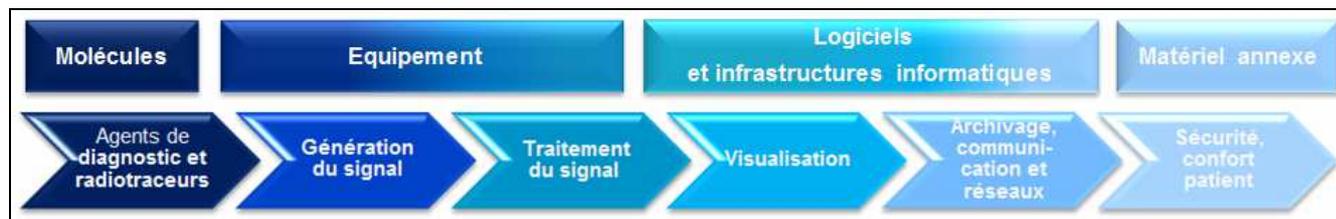
2.1. Un arsenal d'outils de hautes technologies en perpétuelle évolution

Au-delà de l'examen clinique, l'imagerie médicale permet aujourd'hui une exploration du vivant et une amélioration des connaissances en biologie moléculaire et cellulaire. Ses avancées technologiques, réalisées dans un cadre réglementé, font d'elle un outil de choix dans le cadre de la médecine personnalisée.

2.1.1. Des outils ciblant l'exploration du vivant

Véritable **outil d'investigation dans de nombreux secteurs de la santé**, allant de la recherche fondamentale à la prise en charge des patients, en passant par le développement de produits, **l'imagerie médicale ne cesse d'évoluer**. Depuis l'invention du microscope optique ou la découverte des rayons X, les avancées scientifiques et technologiques ont été considérables, tant dans la découverte de nouveaux types de rayonnements que dans les techniques de traitement du signal et d'informatique. L'imagerie médicale permet maintenant d'améliorer l'examen des individus pour un **diagnostic précoce** et la mise en place d'un **traitement adapté**, voire **personnalisé**.

Figure 1 : La chaîne de valeur de l'imagerie médicale



*Note : La chaîne de valeur de l'imagerie médicale est constituée de 6 briques technologiques.
Source : D&Consultants 2013.*

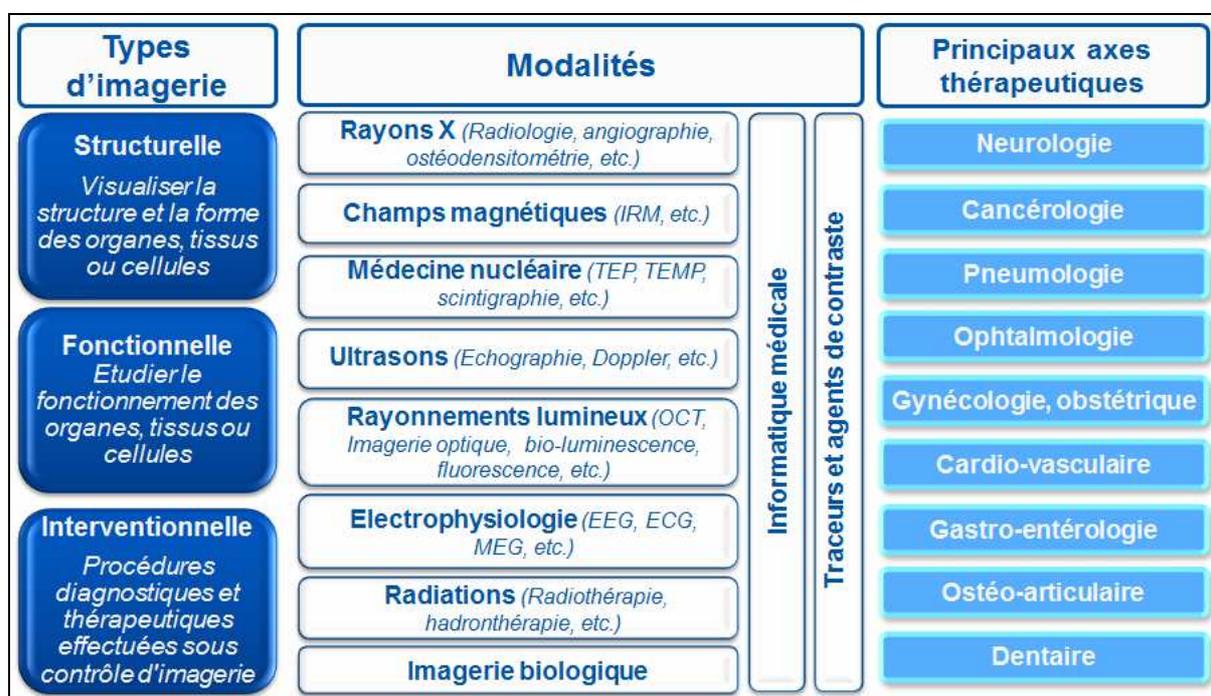
Aujourd'hui, l'imagerie médicale se construit principalement autour de **six briques technologiques** (cf. figure 1) :

- les **traceurs** (agents de contrastes et radiopharmaceutiques) ;
- la **génération du signal** ;
- le **traitement du signal** ;
- la **visualisation de l'image** ;
- l'**archivage**, la **communication** et le **stockage des images** ;
- la **sécurité** et le **confort du patient**.

L'arsenal de techniques, toutes complémentaires, autorise une exploration ciblée pour différentes finalités (cf. figure 2 et annexe 2) :

- l'**imagerie structurelle** recueille des informations sur la morphologie des organes, tissus ou cellules, comme la taille, le volume, la localisation, ou encore la forme d'une éventuelle lésion, etc. ;
- l'**imagerie fonctionnelle**, encore appelée imagerie métabolique et moléculaire, vise à étudier le fonctionnement et l'activité physiologique des organes, tissus ou cellules par notamment la technologie TEP² ;
- l'**imagerie interventionnelle** correspond à l'ensemble des actes médicaux réalisés sous le contrôle de dispositifs d'imagerie, comme le repérage, le guidage, le contrôle optimal du geste médical, etc.

Figure 2 : L'imagerie médicale par modalité et par axe thérapeutique



Note : L'informatique médicale regroupe le traitement, l'analyse, la transmission, et le stockage d'images.

Source : D&Consultants 2013.

Le **choix de la modalité** d'imagerie dépend du **problème médical** posé, des **performances des technologies et de leur disponibilité**. Par exemple, l'acquisition de plus en plus rapide des images obtenues par IRM a stimulé le développement de l'étude du cerveau. Quant à la médecine nucléaire³, elle permet de visualiser de manière fonctionnelle la physiologie des pathologies, telles que les sites

² La TEP (Tomographie par Emission de Positons) consiste à observer la répartition et l'utilisation dans les tissus d'une molécule (telle que le glucose) marquée par un isotope radioactif (dit émetteur de positons). Administrée au patient, cette molécule permet d'obtenir une image des organes et des tissus en fonction de leurs besoins métaboliques (consommation de glucose).

³ La médecine nucléaire est la spécialité médicale qui consiste en l'utilisation biologique et médicale des radiopharmaceutiques. Elle repose sur la possibilité de détecter avec une très grande sensibilité les rayonnements émis par les atomes radioactifs, quand ceux-ci sont introduits dans l'organisme. Le couplage d'un isotope (radionucléide), à vie brève, à une molécule à destinée connue (vecteur) donne un radiopharmaceutique permettant un marquage tissulaire sélectif dans l'organisme. Cette radioactivité temporaire est détectée par un appareillage spécialisé : des caméras capables de détecter les rayonnements émis par les zones où se concentre la radioactivité, fournissant des images de ce secteur.

tumoraux, par détection des photons émis par des « radiopharmaceutiques », comme le fluor marqué F18 (FDG) couplé au deoxyglucose, qui s'accumule dans les cellules tumorales. À pertinence égale, le choix de la modalité est guidé par la volonté d'exposer le patient à la **technique la moins délétère**, puis le coût et la disponibilité des appareils, et enfin la présence d'une équipe médicale compétente et **formée à l'utilisation de la technologie**.

2.1.2. Des outils au cœur de la médecine personnalisée

L'imagerie médicale apporte des **informations indépendantes qui complètent l'examen clinique et les paramètres biologiques du patient**. Sa pertinence au sein de la **médecine personnalisée** s'explique par la concomitance de cinq facteurs :

- l'explosion des connaissances en biologie moléculaire et cellulaire, qui offre un potentiel considérable de traceurs spécifiques d'une pathologie, candidats pour un marquage destinés aux patients pour une **image de diagnostic** ;
- la puissance des microprocesseurs de calcul des outils d'imagerie permet maintenant des **restitutions des images complexes** de patients en seulement quelques minutes ;
- l'apport unique des caméras hybrides (i.e. PET scan ou PET IRM), qui a révolutionné le diagnostic du clinicien. Celles-ci donnent aux cliniciens, en un seul examen, une image **à la fois morphologique** (par le scanner X ou l'IRM) et **fonctionnelle** (par la caméra γ , notamment) des pathologies d'un patient, ce qui a révolutionné le diagnostic du clinicien ;
- la baisse des prix des dispositifs d'imagerie (notamment des caméras) ouvre le champ de ces examens **au plus grand nombre** ;
- le besoin urgent d'améliorer la productivité de la R&D de la « **big pharma** » (grandes données d'imagerie), qui requiert d'éliminer les médicaments candidats en phase de recherche clinique le plus tôt possible, en s'appuyant notamment sur les capacités fonctionnelles de l'imagerie médicale.

2.1.3. De fortes exigences réglementaires et d'accès au marché

Les technologies de l'imagerie médicale sont concernées par les **exigences réglementaires** françaises et européennes relatives aux **dispositifs médicaux**⁴ et aux **médicaments** (cf. figure 3) :

- les fabricants d'**équipements et de logiciels** doivent obtenir auprès d'un organisme notifié le marquage CE selon la directive 93/42/CEE relative aux dispositifs médicaux ;
- les fabricants de **traceurs (agents de contraste et radiopharmaceutiques)**, doivent obtenir une **Autorisation de Mise sur le Marché (AMM)**.

S'agissant des **traceurs** (produits injectés aux patients), ils doivent suivre le même **parcours obligatoire de tout médicament** pour l'accès au marché, c'est-à-dire présenter les résultats des **études cliniques** de phase I (tolérance chez le volontaire sain), de phase IIa (efficacité sur un nombre limité de patients calculé selon les résultats de la phase II), de phase IIb (détermination de la dose thérapeutique) puis de phase III (étude pivotale comparant l'efficacité à un traitement de référence ou au placebo chez un grand nombre de patients).

⁴ Parcours du dispositif médical – Guide pratique HAS 2009 Actualisation 2013 - http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-12/guide_pratique_dm.pdf

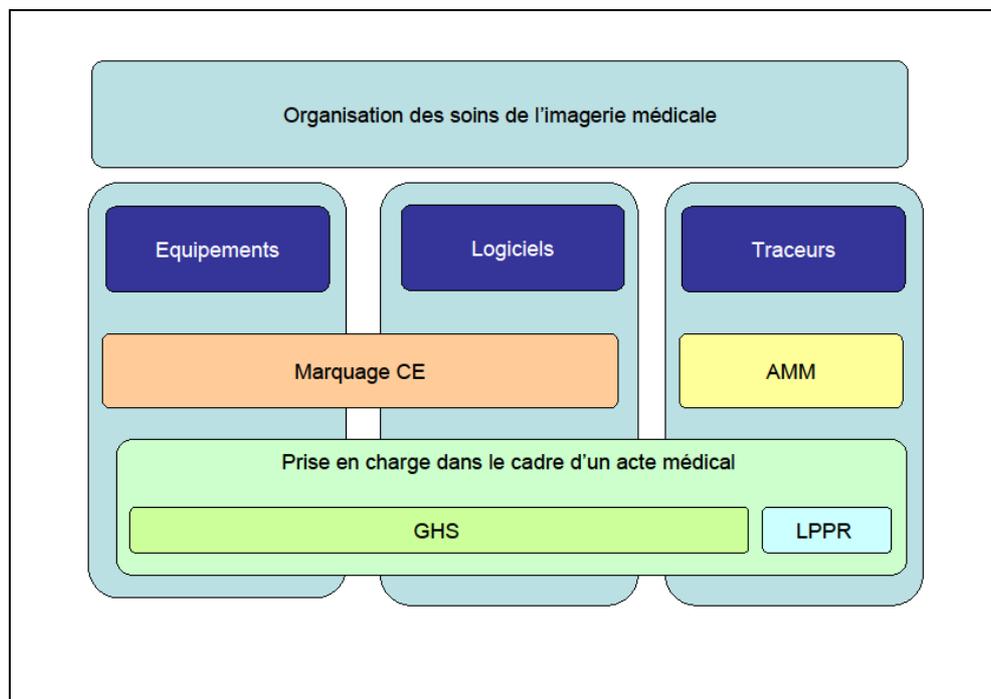
Ce parcours ayant été conçu pour des produits thérapeutiques, les principales agences réglementaires ont rédigé des **guidelines spécifiques pour le développement des produits de contraste**. En particulier, les études de phase III doivent non seulement démontrer l'efficacité clinique du produit (en l'espèce sa spécificité et sa sensibilité) mais aussi son impact sur les décisions de traitement du patient. En d'autres termes, même si le nouvel agent de contraste/traceur permet **d'évaluer un effet physiopathologique**, il est nécessaire, pour obtenir une autorisation de mise sur le marché, de **démontrer son impact sur la prise en charge du patient**.

Dans certaines indications, l'évaluation de l'utilité clinique d'un agent de contraste/traceur devra mettre en évidence des résultats cliniques pour le patient (survie globale...), ce qui suppose d'allonger la **durée des études cliniques**. Compte tenu des doses faibles injectées pour les radiopharmaceutiques, la phase initiale de développement peut se dérouler selon une procédure de microdosing, ce qui permet d'aller rapidement à la preuve de concept chez des patients. Enfin, et c'est **spécifique au domaine de l'imagerie, l'évaluation objective des données cliniques nécessite une procédure de lecture centralisée des images**. Cette étape constitue un véritable défi car les lecteurs doivent lire les images sans connaître le contexte clinique du patient, ce qui constitue une véritable différence par rapport à la lecture des images en vie réelle.

À ces exigences de mise sur le marché, s'ajoutent des **exigences réglementaires pour le remboursement et la prise en charge par l'assurance maladie des solutions d'imagerie** selon les procédures distinctes suivantes :

- les prix de remboursement des traceurs sont fixés dans le cadre de leur inscription sur la **Liste des Produits et Prestations Remboursables (LPPR)**. Dans ce cas, le traceur est soumis à une évaluation du Service Médical Rendu (SMR) et à une évaluation de l'Amélioration du Service Médical Rendu (ASMR) par la Commission de la Transparence (CT). Un tarif de remboursement et/ou un prix limite de vente doit être fixé par le **Comité Economique des Produits de Santé (CEPS)**.
- les prix de remboursement des traceurs utilisés à l'hôpital peuvent être financés dans l'enveloppe de dépense du **Groupe Homogène de Séjour (GHS) de la tarification à l'acte (T2A)**, à **l'exception de la liste en sus**.
- Les actes associés à l'imagerie médicale sont inscrits par un **code sur une nomenclature** et remboursés **sur la base d'un forfait technique**, du produit de contraste et de l'acte intellectuel. En revanche, concernant les radiopharmaceutiques, le remboursement est global à l'hôpital comme en ville : il existe un forfait global et non une séparation de l'acte en forfait technique, coût du produit et acte intellectuel. Dans la mesure où non seulement certaines procédures sont difficiles à coder, mais aussi où le **tarif des GHS est bas pour de nombreux actes, la capacité des hôpitaux à acheter ces produits peut être limitée, et constituer par conséquent un frein à leur accès sur le marché**.

Cette **hétérogénéité des situations** se traduit par des exigences différentes dans la prise en charge d'une nouvelle solution. Ceci est d'autant plus important pour le remboursement des produits de contraste car leur statut est variable selon les systèmes de santé et les canaux de distribution (distribution officinale ou vente aux hôpitaux).

Figure 3 : Représentation schématique de l'accès au marché et de la prise en charge de l'imagerie médicale

Note : GHS (Groupe Homogène de Séjour) ; LPPR (Liste des Produits et Prestations Remboursables).

Enfin, même une fois l'AMM obtenue, l'accès au marché de nouveaux agents de contraste/traceurs présente de nouveaux défis. En effet, le **développement d'une nouvelle molécule nécessite une dizaine d'années, tandis que le cycle de développement des équipements d'imagerie est sensiblement plus court**. Entre le design des essais cliniques et la mise sur le marché d'une nouvelle molécule, le parc des machines peut avoir évolué de façon sensible, ce qui a un impact sur les pratiques cliniques et les besoins médicaux. À titre d'exemple, dans le domaine de l'IRM, le lancement d'un nouvel agent peut nécessiter le développement de séquences à résonance magnétique spécifiques et de logiciels de traitement de l'image dédiés. En pratique, la performance des machines et leur capacité à appliquer de nouvelles séquences sont très différentes d'un équipement à l'autre, ce qui peut impacter significativement l'efficacité des procédures d'imagerie.

Au sein du parcours réglementaire, les exigences réglementaires appliquées à l'imagerie médicale doivent donc faire face à un défi structurant : trouver un équilibre entre le poids des nécessaires exigences réglementaires et la taille économique des marchés de l'imagerie (cf. § 2.5).

2.2. Des besoins en imagerie croissants

Les besoins mondiaux en imagerie médicale sont croissants compte tenu d'une population vieillissante et davantage exposée aux maladies. Ces besoins ciblent une meilleure prévention, un diagnostic de plus en plus précoce et un suivi thérapeutique personnalisé.

2.2.1. Une population vieillissante et de plus en plus dépendante

L'état de santé des populations va évoluer, notamment en raison du **vieillissement de la population**. Selon les dernières prévisions de l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE), la part des personnes **de plus de 60 ans** va augmenter en **France** et **atteindra 31 % en 2035**. Ce rythme de croissance devrait certes ralentir par la suite, mais les **plus de 75 ans** devraient représenter près de **14 % de la population en 2035** et plus de 16,2 % en 2060, contre 8,5 % en 2007.

Par ailleurs, le corollaire du vieillissement de la population est l'augmentation du nombre de **personnes dépendantes** qui devrait s'établir à **1,55 million en 2035**, contre 1,15 million en 2007⁵.

Cette tendance n'est pas seulement française, elle se vérifie au niveau européen⁶ et mondial^{7,8}.

2.2.2. Une population davantage exposée aux maladies

Les **risques médicaux** liés au vieillissement de la population, aux épidémies, à l'environnement (pollutions, radiations, allergies) et aux catastrophes naturelles pourraient **s'accroître**.

Ainsi, les cas de **cancers** au niveau mondial pourraient évoluer à un rythme plus soutenu que l'accroissement naturel de la population. Selon une étude du Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC/IARC)⁹, **l'augmentation des cas de cancers a été estimée à 75 % d'ici à 2030**, et devrait principalement concerner les cancers colorectaux, les cancers du sein et de la prostate, alors que le nombre des cancers de l'estomac et du col de l'utérus devrait globalement diminuer.

Outre les cancers, les **maladies neurologiques** sont également en croissance constante. En 2020, la maladie d'Alzheimer pourrait toucher 1,3 million de personnes en France, contre 855 000 personnes en 2005¹⁰. Concernant la maladie de Parkinson, on compte actuellement environ 100 000 malades en France, et 8 000 nouveaux cas se déclarent chaque année¹¹.

De même, les **maladies cardio-vasculaires**, incluant les accidents vasculaires cérébraux et les infarctus du myocarde, sont en augmentation constante.

2.2.3. Une prévention et une détection précoce accrues par l'imagerie

Le **vieillissement** de la population conjugué à l'**accroissement des risques médicaux** pourraient engendrer une **forte augmentation des dépenses de santé**. À titre d'exemple, on estime qu'en France, le coût de la prise en charge des personnes atteintes de la maladie d'Alzheimer pourrait passer de 10 milliards d'euros en 2005 à 20 milliards d'euros en 2020¹².

Dans ce contexte, le développement de la **prévention** apparaît comme un **levier important de maîtrise des dépenses** de santé. Les avancées de la recherche, le développement de la recherche translationnelle

⁵ INSEE : N° 1320 *Projections de population à l'horizon 2060*, octobre 2010. Projections réalisées sur la base des hypothèses suivantes : espérance de vie des femmes de 91,1 ans pour les femmes et de 86 ans pour les hommes en 2060.

⁶ EUROSTAT : EUROPOP2010, 2010.

⁷ Martine Pinville, *Relever le défi politique de l'avancée en âge*, Rapport remis à Monsieur le Premier ministre, 2012.

⁸ Luc Broussy, *L'adaptation de la société au vieillissement de sa population : France : année zéro !* Rapport remis à Monsieur le Premier ministre, 2013.

⁹ Etude pilotée par le Dr. Freddie Bray publiée par la revue médicale « The Lancet Oncology » en 2013 - L'étude s'est basée sur des données provenant de la base de données GLOBOCAN, qui estime l'incidence des cas de cancers et les taux de décès en 2008 dans 184 pays dans le monde.

¹⁰ Office parlementaire d'évaluation des politiques de santé, Cécile Gallez, *Rapport sur la maladie d'Alzheimer et les maladies apparentées*, 2005.

¹¹ INSERM : Dossier internet sur la maladie de Parkinson, 2012.

¹² Office parlementaire d'évaluation des politiques de santé, Cécile Gallez, *Rapport sur la maladie d'Alzheimer et les maladies apparentées*, 2005.

et les **nouveaux développements en imagerie médicale** pourraient contribuer à améliorer cette prévention et la détection précoce des maladies.

2.3. Une offre d'imagerie médicale intégrée dans l'organisation des soins

L'imagerie médicale de demain devra répondre aux enjeux d'une organisation efficace et efficiente des soins, principalement en termes d'information médicale, de procédures et de protocoles.

2.3.1. Une organisation de l'imagerie de plus en plus standardisée

En France comme à l'étranger, il existe de plus en plus d'initiatives de **protocolisation et de standardisation de prise en charge des patients**. Cette démarche est de faire bénéficier à tous les patients des meilleures pratiques.

Ainsi, le Centre d'Acquisition et de Traitement des Images (CATI), mis en place dans le cadre du plan Alzheimer, a pour mission de développer **des méthodologies d'acquisition et de traitement d'images standardisées** afin de **progresser dans la connaissance et le diagnostic** de la maladie d'Alzheimer et d'améliorer le suivi du patient.

2.3.2. Une évolution dans la réalisation des actes d'imagerie

L'évolution démographique de certaines professions de santé va engendrer **des modifications dans la réalisation des actes**, à l'exemple de certains actes d'ophtalmologie parfois réalisés aujourd'hui par des orthoptistes.

D'ores et déjà, un **transfert de compétences dans le domaine de l'imagerie médicale** intervient dans le cadre de l'article 51 de la loi « Hôpital, Patients, Santé et Territoires » du 21 juillet 2009 sur la coopération entre professionnels de santé, notamment en **échographie**¹³. Cet article permet la mise en place, à titre dérogatoire et à l'initiative des professionnels sur le terrain, de **transferts d'actes ou d'activités de soins**. Ces initiatives locales se traduisent par l'élaboration d'un protocole de coopération, transmis à l'Agence Régionale de Santé, qui vérifie la cohérence du projet avec le besoin de santé régional, avant de le soumettre à la Haute Autorité de Santé (HAS).

2.3.3. Un patient, acteur de son parcours de soins, et notamment en imagerie

Le **patient dispose de plus en plus d'informations** sur les techniques de dépistage. Ce phénomène devrait **s'accroître**, entraînant **une évolution de son attitude dans la mise en œuvre de son parcours de soins**. Les signes de cette évolution sont déjà perceptibles dans certains pays, notamment en Allemagne, où l'individu, sensibilisé sur les problématiques de radiations et le caractère invasif de certaines technologies, a de plus en plus d'influence sur les décisions des professionnels de santé et sur les modes d'investigation¹⁴.

¹³ Enquête D&Consultants, 2013

¹⁴ Ernst & Young, *Pulse of the industry: Medical Technology Report*, Ernst & Young, 2011.

En France, cette tendance apparaît sur le **secteur du médicament**. Selon une étude réalisée par le Syndicat des Entreprises du Médicament (LEEM), près de deux tiers des Français (62 %) demandent à leur médecin de leur prescrire un médicament spécifique après avoir lu sur internet des informations à propos de leurs symptômes ou de leur maladie. Pour certains patients (25 % d'entre eux), cela va même jusqu'à la remise en cause de l'ordonnance et de la prescription formulées par le médecin¹⁵.

Il est probable que l'**imagerie médicale** sera d'une manière ou d'une autre concernée par cette évolution sociétale.

2.4. Un déploiement accéléré de la téléimagerie dans les établissements de soins

Compte tenu des répartitions territoriales des établissements de soins et des équipements disponibles, l'imagerie médicale devient communicante. Les établissements s'organisent autour des PACS (Picture Archive and Communication System) et d'un système d'information (SI) interopérable. Les pratiques médicales évoluent vers la téléimagerie. Il est probable que des plateaux technologiques, regroupant des équipements coûteux et performants au sein des CHU ou IHU et dédiés à une ou plusieurs pathologies, se multiplieront dans les prochaines années, à l'instar de ce que existe déjà en Allemagne.

2.4.1. Une offre émergente de téléimagerie

La **téléimagerie** prend une part de plus en plus **importante** dans l'**organisation des soins** et l'interaction entre professionnels de santé. Selon le Conseil professionnel de la radiologie française (G4) et le Syndicat National de l'industrie des Technologies Médicales (SNITEM), l'« **objectif majeur de la téléimagerie est l'échange et le partage entre professionnels de santé d'examens d'imagerie médicale et de données cliniques ou biologiques permettant le diagnostic de la maladie. Cette coopération permet aussi l'élaboration et la planification de la stratégie thérapeutique, ainsi que le suivi de son efficacité, voire le choix de traitements alternatifs en cas d'échec. La téléimagerie peut donc être considérée comme une pratique médicale coopérative d'aide à la décision clinique basée sur l'image¹⁶** ». Elle pourrait donc **participer à l'optimisation de l'efficience du système de soins** en mettant en « *synergie les compétences médicales nécessaires pour **détecter, identifier, évaluer, soigner et guérir** les patients¹⁷* ».

Avec la loi « **Hôpital, Patients, Santé et Territoires** » du 21 juillet 2009, l'État s'est clairement engagé dans l'**évolution des pratiques médicales** vers la **télé médecine**, même si actuellement son décret d'application du 19 octobre 2010 est jugé « *imprécis quant aux différents modes de rémunération et de fonctionnement* »¹⁸.

¹⁵ Résultat du 3ème Baromètre IPSOS pour le Leem, 2013.

¹⁶ Recommandations du SNITEM et du Conseil professionnel de la radiologie : *La téléimagerie, une réalité croissante dans l'offre de soins*, 2011.

¹⁷ Recommandations du SNITEM et du Conseil professionnel de la radiologie : *La téléimagerie, une réalité croissante dans l'offre de soins*, 2011.

¹⁸ Rapport d'évaluation médicoéconomique – HAS – juillet 2013 – « Efficience de la télé médecine : état des lieux de la littérature internationale et cadre d'évaluation ».

En 2010, le Ministère de l'Action sociale et de la Santé a lancé le **Plan stratégique de déploiement de la télémédecine** qui s'étale jusqu'en 2016. Cinq chantiers prioritaires ont été identifiés dont celui dédié à la **permanence des soins en imagerie**. Les possibilités offertes par les technologies de l'information appliquée à la télémédecine étant aujourd'hui considérables, des outils opérationnels sont mis en place et testés dans les régions. L'engagement de l'État s'est ainsi traduit par un soutien financier de près de 74 millions d'euros¹⁹ dans le renforcement de projets existants ou le développement de nouveaux projets dans le cadre du **Programme régional de télémédecine (PRT)**.

2.4.2. Une répartition hétérogène de l'offre d'imagerie médicale sur le territoire

La France dispose d'un **taux d'équipement en dispositifs d'imagerie médicale** dédiés aux soins **inférieur** à la moyenne des pays de l'OCDE²⁰ (cf. annexe 3) pouvant engendrer d'une part des temps d'accès aux équipements hors des recommandations²¹, d'autre part des examens d'imagerie réalisés en doublon.

On assiste en Europe à une **concentration des établissements de soins et à la fermeture de plus petits hôpitaux**. Ce phénomène s'observe en France, où 63 établissements de santé ont été fermés en 2007 et 2008²², mais également en Allemagne où le nombre d'hôpitaux est passé de 2 242 en 2000 à 2 045 en 2011²³.

La baisse démographique du nombre de radiologues et les coûts d'investissement en matériels d'imagerie se sont accompagnés de l'émergence de plateaux d'imagerie regroupés, en lien avec les établissements de santé, et permettant une **optimisation du parcours de soins du malade**, ainsi qu'une **interprétation des images à distance**.

2.4.3. Une mise en place tardive des systèmes d'information

Parmi les pays de l'OCDE, les établissements de soins français sont en **retard** dans la **mise en place de systèmes d'information**. Le parc des systèmes d'information est **hétérogène** et **insuffisamment interopérable**, sa gouvernance insuffisante et nécessite de réseaux haut débit entre les infrastructures. Cependant des **actions** sont en cours pour y **remédier** :

- le **programme « Hôpital numérique »** vise le développement et la modernisation des systèmes d'information hospitaliers (SIH) ;
- le **programme « Territoire des soins numériques »** cible le partage et l'échange d'informations au bénéfice d'une prise en charge coordonnée des patients dans et hors de l'hôpital, tout au long du parcours de soins ;
- le **Plan filière « Hôpital numérique »**, lancé en septembre 2013 par le gouvernement, sera déterminant pour, d'une part structurer les entreprises françaises autour de la **modernisation de**

¹⁹ Fonds de modernisation des établissements de santé publics et privés (26 millions d'euros - DGOS) + ASIP Santé (5,8 millions d'euros) + Pôles d'excellence rurale (2 millions d'euros - DATAR) + Fonds pour la société numérique (40 millions d'euros - CGI, DGOS et DGCIS). Les 74 M€ ne concernent pas que des projets d'imagerie médicale.

²⁰ Base de données de l'OCDE sur la santé 2012.

²¹ L'association Imagerie Santé Avenir (ISA) estime dans sa 10^{ème} enquête annuelle le temps d'attente moyen en France pour une IRM à 30,5 jours, chiffre encore éloigné d'un objectif recommandé à 10 jours dans le cadre du plan cancer 2 (2009-2013). Selon les derniers chiffres de la base de données de l'OCDE sur la santé 2012, il y avait 5,84 IRM par million d'habitants en France contre 10,3 en Allemagne.

²² Selon la DGOS, entre 2007 et 2008, le nombre de centres hospitaliers est passé de 519 à 511, d'hôpitaux locaux de 343 à 334. Sur la même période, le nombre d'établissements privés lucratifs est passé de 1055 à 1047 et le nombre d'établissements privés non lucratifs de 792 à 754.

²³ Selon la Deutsche Krankenhaus Gesellschaft, cette diminution du nombre d'hôpitaux est marquée de manière plus importante pour les hôpitaux publics qui sont passés de 1062 en 1992 à 621 en 2011. Le nombre d'hôpitaux privés est quant à lui passé de 369 à 678 sur la même période.

l'offre de soins des établissements de santé mais aussi en dehors de l'hôpital, et d'autre part définir des **modèles économiques viables et adaptés** (mesure 33 du contrat de filière santé²⁴).

Ces programmes peuvent être de véritables opportunités pour les entreprises françaises dans différents domaines, comme par exemple le développement de la réalité augmentée à travers le Cloud Computing pour la planification et l'aide à l'intervention chirurgicale, l'optimisation du traitement de l'image, etc.

2.4.4. Une formation nécessaire des professionnels de santé à l'informatique médicale

Compte tenu du développement de la **télé médecine sur le territoire**, les professionnels de santé devront être **formés** à l'utilisation des **solutions innovantes communicantes**, à la spécificité des logiciels de **traitement des images** de plus en plus sophistiqués, ainsi qu'à la **manipulation des « big data »**.

2.4.5. Des infrastructures capables de stocker et d'échanger de grandes quantités de données

L'information médicale et les données nominatives associées devraient connaître un formidable **développement** dans les prochaines années. Pour cela, il faudra s'entendre sur la problématique du respect de la **confidentialité des informations**²⁵ et régler les questions de **capacité des infrastructures**, qui devront être capables de stocker et de permettre **l'échange d'une grande quantité de données**²⁶.

Les infrastructures telles que les **PACS (Picture Archive and Communication System)** sont amenées à **se développer** dans les prochaines années. Les PACS sont des systèmes d'information permettant de stocker des images médicales numériques acquises par modalités (IRM, scanner, endoscopes, etc.) et leurs comptes-rendus : traitement, interprétation, diffusion, stockage, indexation, et archivage à long terme²⁷. Les projets de **mutualisation de PACS** entre établissements sont actuellement nombreux : la première tranche du **plan Hôpital 2012** en compte ainsi une quinzaine²⁸.

La plupart des pays de l'OCDE ont un marché de renouvellement des PACS avec l'apparition d'une **nouvelle génération de PACS moins coûteux et porteurs d'innovation forte** sur le traitement de l'image. Ceux-ci permettent en effet **la mise en place d'archivages neutres et mutualisés**, utilisent le **cloud computing**, sont basés sur des technologies full web et s'acquièrent en mode SaaS (Software as a Service), ce qui demande des investissements matériels et logiciels moins élevés. Ils peuvent également fonctionner sur des modèles d'abonnement et de coûts variables.

Avec et autour des systèmes d'archivage et des possibilités offertes par les nouvelles infrastructures, sont intégrées des **applications métiers**. Celles-ci offrent de nouveaux outils et services dans différentes spécialités, comme la radiologie, la cardiologie, l'anatomo-pathologie, etc. Des logiciels de traitement sophistiqués, auparavant portés par des stations de travail spécialisées, sont maintenant accessibles dans les stations de lecture des PACS. Ils s'intègrent naturellement dans un processus d'exploitation

²⁴ Mesure 33 : permettre l'émergence d'une stratégie industrielle en matière de e-santé, en soutien de la politique de santé, en associant les industriels - <http://www.gouvernement.fr/premier-ministre/les-industries-de-sante-un-atout-pour-le-rayonnement-economique-de-la-france>

²⁵ Travail engagé par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés (CNIL).

²⁶ Enquête D&Consultants 2013.

²⁷ Appui Santé et médico-social (ANAP), Marie-Noëlle Billebot : *PACS mutualisés : Aide à la mise en œuvre*, 2012.

²⁸ Ministère de la Santé et des Sports : Présentation des opérations retenues au titre du plan hôpital 2012, 2010.

spécifique, comme par exemple le processus de diagnostic du radiologue. La mise en œuvre des logiciels métiers est donc devenue plus simple et plus rapide, et leur utilisation est maintenant systématique.

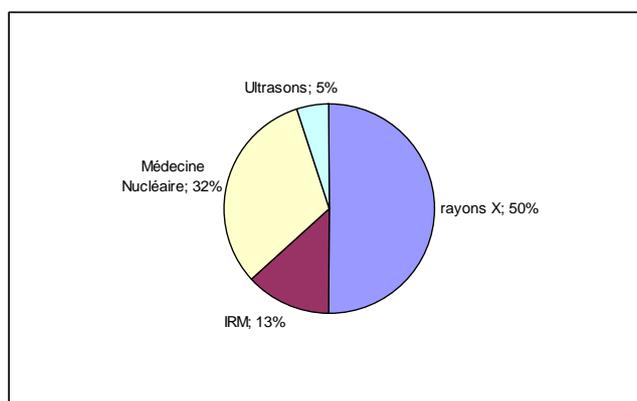
2.5. Un marché globalement important, porteur de croissance

En 2010, le marché mondial de l'imagerie médicale était estimé à 20 milliards d'euros²⁹. Il est porté par les industriels de la pharmacie, les biotechnologies, les laboratoires de recherche et les établissements de santé. Une croissance de 10 % est attendue sur le marché de l'informatique médicale.

2.5.1. Les chiffres clés du marché des équipements et des agents de contraste

Il existe peu de données sur les marchés de l'imagerie médicale, et lorsque celles-ci existent, elles sont hétérogènes, pas consolidées et par conséquent difficilement exploitables. On note toutefois que le marché mondial est tiré par le marché de l'**échographie** estimé à **6 milliards de dollars**, dont 240 millions pour la France, par le marché des **agents de contraste**, estimé à **6,2 milliards de dollars en 2012³⁰** (cf. figure 4), ainsi que par celui des **radiopharmaceutiques** estimé à **3,8 milliards de dollars en 2011³¹**. Il est estimé que le marché des radiopharmaceutiques devrait atteindre 5,5 milliards de dollars en 2017 porté par une utilisation croissante du Technetium-99.

Figure 4 : Répartition du marché des agents de contraste



Source : Guerbet

²⁹ Agence Française pour les Investissements Internationaux : l'estimation du marché mondial de l'imagerie médicale varie de manière significative selon les études et la définition de l'imagerie médicale retenue. Ainsi, le rapport « Technologies clés 2015 », publié par la DGCIS (2011), estime le marché mondial de l'imagerie médicale à 5,73 Md\$ en 2009 et à 6,55 Md\$ en 2012.

³⁰ Markets and Markets, 2013.

³¹ Transparency Market Research, 2011.

Le **marché des agents de contraste** est concentré autour de cinq acteurs que sont GE Healthcare, Bayer, Bracco, Guerbet et Mallinkrodt, et est tiré principalement par les États-Unis (46 %), l'Europe (25 %) et l'Asie (25 %).

Le **marché français des équipements** (radiologie, échographie, IRM et médecine nucléaire) utilisés **en clinique** est évalué à environ **800 millions d'euros** en 2010³². Le marché de l'imagerie préclinique est quant à lui estimé à 500 millions de dollars.

2.5.2. Le marché de l'informatique médicale en pleine croissance

Entre 2010 et 2016, il est attendu une **augmentation annuelle de 11 %** du marché mondial de **l'informatique médicale**, notamment des systèmes d'archivage et de gestion et d'échange d'images, qui devrait peser plus de **5 milliards de dollars**³³.

Le **PACS radiologique** continuera à être le plus important et devrait **progresser de 10 % par an**, tiré par le renouvellement et des incitations fortes des gouvernements pour le développement des Systèmes d'Informations de santé, notamment aux États-Unis, au Canada et en Chine. Entre 2009 et 2016, les PACS cardiologiques et les autres PACS (endoscopie, anatomo-pathologie, ophtalmologie, etc.) devraient croître annuellement de 15 % et 11 % respectivement pour atteindre environ **1,3 milliard de dollars** et **825 millions de dollars**.

Le **marché européen** des PACS est d'ores et déjà significatif puisque 80 % des établissements de soins en Europe en sont déjà équipés. Ce marché représentait **457 millions d'euros**³⁴ en 2008 tiré à 67 % par la radiologie, et devrait continuer à croître d'environ 6 % pour atteindre **668 millions de dollars en 2015**.

Le **marché mondial des PACS** est concentré autour de quatre entreprises internationales (la part de marché est indiquée entre parenthèses) : GE Healthcare (15 %), Philips Healthcare (14 %), FujiFilm (12 %), et Agfa-Gevaert (11 %). Se positionnent ensuite Mc Kesson (8 %), Siemens Healthcare (5 %), Carestream (5 %) et Fujitsu (4 %).

Les dominances géographiques sont assez marquées avec FujiFilm et Fujitsu au Japon, Philips, Agfa et Siemens en Europe, et GE, Carestream et McKesson aux États-Unis.

Le marché européen est assez fragmenté à cause de la présence d'acteurs locaux tchèques (Detonator), italiens (Ferrania, Esaote), allemands (Vepro, GWI) ou suédois (Sectra).

³² Agence Française pour les Investissements Internationaux.

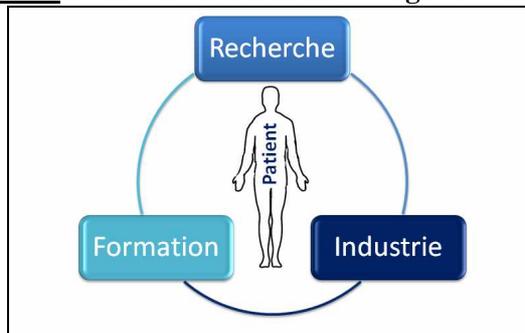
³³ Frost & Sullivan : Global Health.care IT Market Outlook to 2016 - Evolving mHealth and PACS Market, 2012.

³⁴ source Global Data.

3. UNE FILIÈRE À FORT POTENTIEL ORGANISÉE AUTOUR DU PATIENT

Aujourd'hui, la filière de l'imagerie médicale se construit principalement avec **une recherche et une industrie au service du patient**. Celles-ci, associées à la formation des professionnels de santé, améliorent l'examen du vivant pour une **meilleure connaissance de ses mécanismes**, un **diagnostic précoce** de l'individu et la mise en place d'un **traitement adapté**, voire personnalisé.

Figure 5 : Les maillons clés de l'imagerie médicale



3.1. Une recherche académique et clinique d'excellence qui se structure

La recherche académique et clinique, dotée de compétences à haute valeur ajoutée et de plateaux techniques de pointe, est reconnue mondialement et se structure au sein de réseaux nationaux et européens.

3.1.1. Une position d'excellence dans la recherche en imagerie médicale

Plus de **1 100 chercheurs statutaires et 650 doctorants et post-doctorants** travaillent au développement de technologies innovantes dans le secteur de l'imagerie médicale (hors imagerie interventionnelle³⁵). Ils sont situés dans **une centaine de centres de recherche**, qui se concentrent principalement dans les six grands pôles régionaux : l'Île-de-France, puis Rhône-Alpes, Aquitaine, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Alsace et Bretagne (cf. figure 6).

Avec plus de **4 205 publications scientifiques** en 2006 et 2007 (soit 5,3 % des publications mondiales³⁶), la France est en **position d'excellence** dans la recherche en imagerie.

Un autre indicateur de **l'excellence et du dynamisme académique** en imagerie médicale est le nombre très important de structures ou projets financés par le programme des investissements d'avenir : **quatre IHU³⁷, un IRT, seize Equipex³⁸, onze labex³⁹ et deux Infrastructures nationales en biologie et santé**

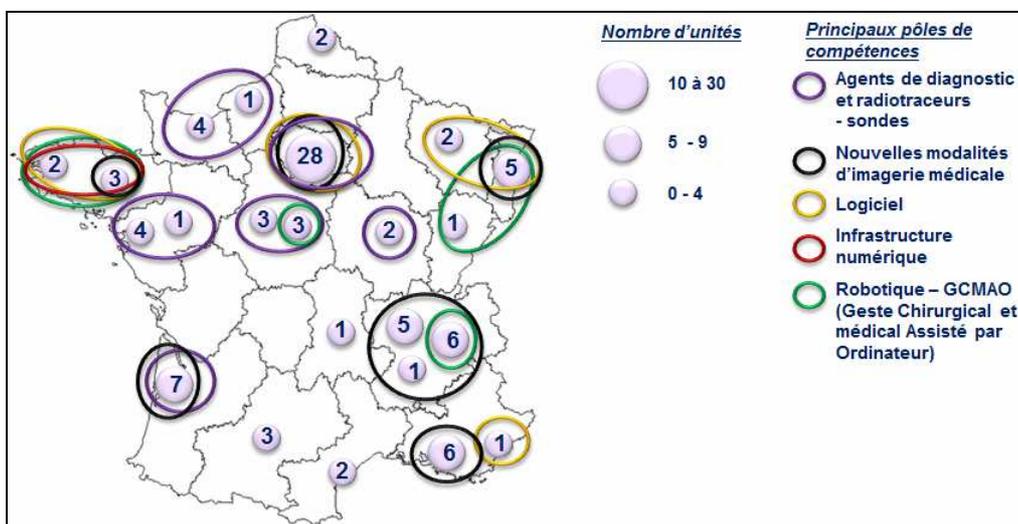
³⁵ Institut Thématique Multi Organisme des Technologies pour la Santé (ITMO-TS) : *Orientations stratégiques*, décembre 2011.

³⁶ Institut Thématique Multi Organisme des Technologies pour la Santé (ITMO-TS) : *Orientations stratégiques*, décembre 2011.

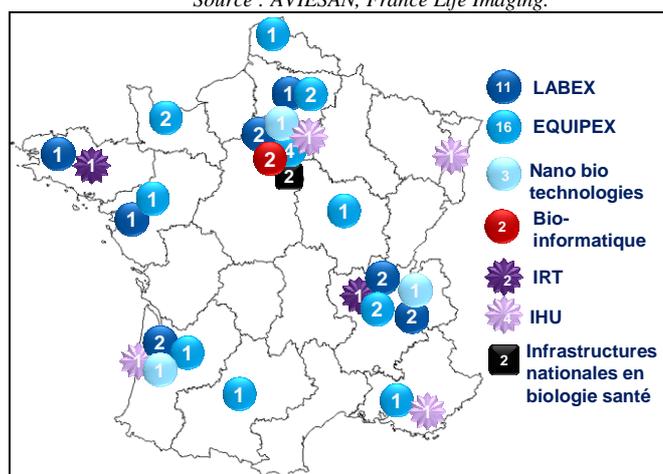
³⁷ Un Institut Hospitalo Universitaire (IHU) est un pôle d'excellence au sein de l'hôpital et de l'université qui s'appuie sur 4 piliers : un ou plusieurs services de soins reconnus, des équipes de recherche biomédicale de réputation mondiale, un enseignement universitaire de qualité et une valorisation des découvertes grâce à une recherche partenariale et translationnelle efficace. Ils réunissent sur une thématique donnée (le cancer, les maladies du système nerveux, les maladies infectieuses...) des équipes de chercheurs et de médecins choisis parmi les meilleurs spécialistes français et étrangers.

(cf. annexe 5 pour la liste complète). Parmi ces structures, l’IRT B-COM cible le développement des programmes centrés sur l’immersion et l’interaction avec l’image, l’efficacité des réseaux fixes et mobiles, l’internet du futur et la santé numérique.

Figure 6 : Pôles de compétences académiques en imagerie médicale en France



Source : AVIESAN, France Life Imaging.

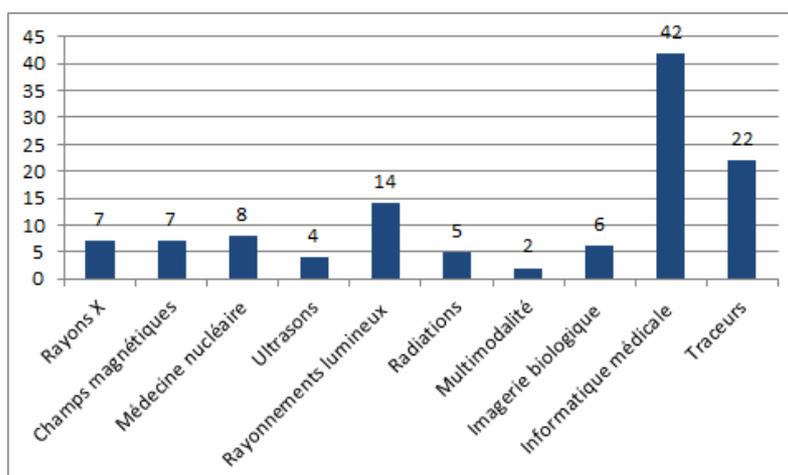


Source : Ministère de l’Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR).

Une quarantaine de laboratoires, dont l’INRIA et l’Institut Télécom, sont spécialisés dans l’**informatique médicale** et une vingtaine dans les agents de **diagnostic et les radio-traceurs**, ainsi que les **détecteurs et l’imagerie moléculaire** (cf. figure 7).

³⁸ Les "équipements d'excellence" du programme des investissements d'avenir visait à "doter la France d'équipements scientifiques de taille intermédiaire, c'est-à-dire entre 1 et 20 millions d'euros dans l'ensemble des domaines de recherche".

³⁹ Les Laboratoires d'Excellence (Labex) sont des projets du programme d'investissements d'avenir visant à encourager les meilleurs laboratoires français à renforcer leur potentiel scientifique en recrutant des chercheurs et en investissant dans des équipements innovants. Ils visent également à favoriser l'émergence de projets scientifiques ambitieux et visibles à l'échelle internationale, portés par des laboratoires ou des groupements de laboratoires.

Figure 7 : Répartition des laboratoires par modalité

Note : La répartition a été réalisée en tenant compte de la(des) spécialisation(s) principale(s) des laboratoires. Certains laboratoires peuvent être positionnés sur plusieurs modalités d'imagerie.

Les centres de recherche bénéficient d'équipements de pointe comme, par exemple la plate-forme « Arronaxplus: nucléaire pour la santé » qui vise le développement de l'imagerie moléculaire et de la radiothérapie "vectorisée"⁴⁰. Se distingue également le projet de plate-forme multimodale d'**exploration des troubles du rythme cardiaque**, « Music », qui réunit des équipements tels que IRM, rayons X, calculateurs, systèmes non invasifs de cartographie et traitements extracorporels.

3.1.2. Une recherche académique en cours de structuration

Dans le cadre de l'initiative européenne **EuroBioImaging**, la France s'est dotée de deux réseaux nationaux de plates-formes d'imagerie (cf. figure 8 et annexe 6) à fort potentiel de R&D, à partir des plateformes labélisées par le Groupement d'Intérêt Scientifique des Infrastructures de Biologie Santé et Agronomie (GIS IBiSA⁴¹) :

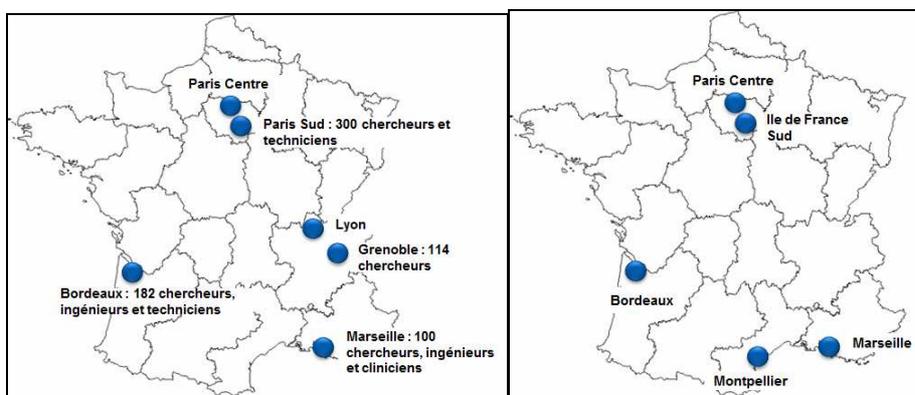
- **France Life Imaging (FLI) dédiée à la recherche en imagerie *in vivo* ;**
- **France BioImaging (FBI) ciblant la recherche en imagerie cellulaire.**

Ces deux structures ambitionnent de **favoriser la coopération scientifique et les formations**, de donner accès aux techniques et méthodes avancées d'imagerie à la communauté scientifique, et de **participer au développement économique** du territoire en impulsant des partenariats industriels.

⁴⁰ La radiothérapie « vectorisée » consiste à irradier la tumeur avec élément radioactif contenu dans un médicament, pour améliorer le diagnostic et le traitement du cancer

⁴¹ 36 plates-formes positionnées dans le domaine de l'imagerie médicale sont recensées en France et localisées sur l'ensemble du territoire. Elles ciblent principalement les axes thérapeutiques suivants : neurologie-inflammation, oncologie, cardiologie, métabolisme, ostéo-articulaire et infectiologie. Ce recensement a été effectué à partir du référencement de 127 plates-formes par le GIS Infrastructures Biologie Santé et Agronomie (IBiSA) dans le domaine de la biologie, de la santé et de l'agronomie en 2008-2009, et avec les données publiées par l'ITMO TS.

**Figure 8 : Les nœuds régionaux des infrastructures
France Life Imaging (FLI) France BioImaging (FBI)**



*Note : les données sur le nombre de chercheurs ne sont pas exhaustives.
Source : AVIESAN, France Life Imaging, France Bioimaging.*

3.1.3. Une recherche clinique dense organisée en réseau

La France affiche également une volonté de promouvoir et faciliter les études cliniques par la structuration des cinquante-trois Centres d'Investigation Clinique (CIC), localisés dans les CHU, au sein du **réseau national F-CRIN** (French Clinical Research Infrastructure Network) qui représente la participation française au réseau **européen E-CRIN** (European Clinical Research Infrastructures Network).

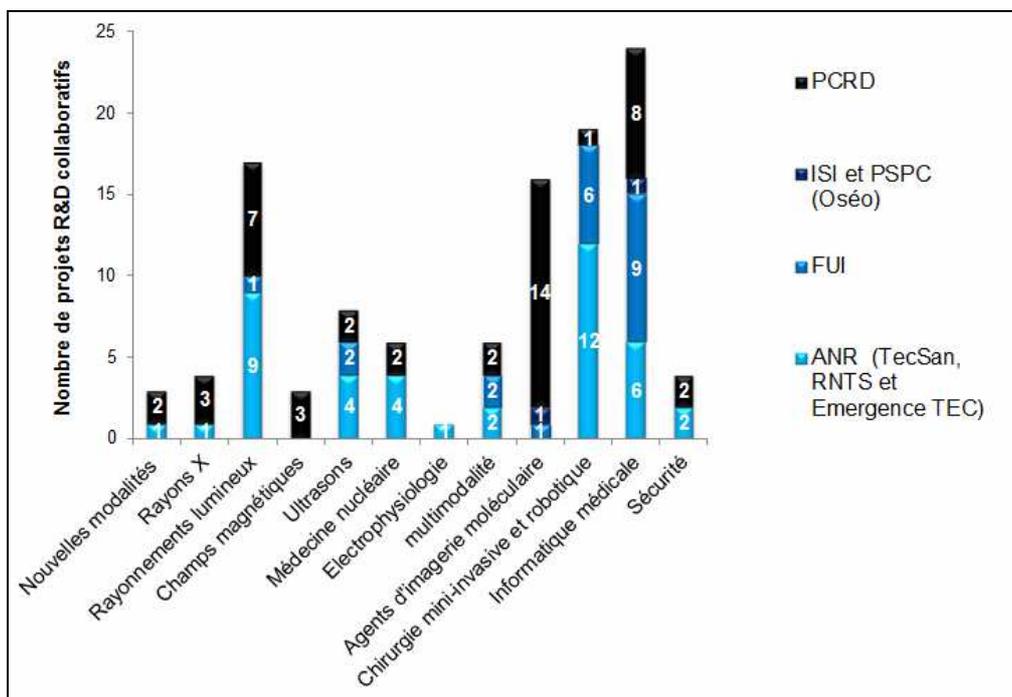
Environ 220 essais cliniques dans le domaine de l'imagerie médicale y sont actuellement réalisés⁴² en majorité sur trois axes thérapeutiques : la neurologie, l'oncologie et la cardiologie.

Parallèlement à F-CRIN, un réseau français de huit CIC-IT (Centre d'Investigation Clinique - Innovation Technologique, cf. figure 9) et cinq partenaires (Brest, Troyes, CRC Paris AP-HP, Montpellier et Toulouse) se construit. Il cible les dispositifs médicaux (DM), les gestes médicaux et chirurgicaux assistés par ordinateur (GMCAO), la e-santé et les biomatériaux. L'imagerie y tient une place importante tant par le développement de techniques particulières d'acquisition que par le développement de logiciels spécifiques. On note en particulier :

- le CIC IT de Nancy dédié à l'imagerie par résonance magnétique ;
- le CIC IT de Tours orienté sur la médecine nucléaire et les ultrasons ;
- le CIC IT de Rennes positionné sur les dispositifs de diagnostic et thérapeutiques ;
- le CIC IT de Lille spécialisé en e-santé (téléimagerie) ;
- le CIC IT de Grenoble positionné sur les GMCAO.

⁴² Recensement effectué à novembre 2012 grâce à la base de données ClinicalTrials.gov

Figure 10 : Répartition par modalité des projets collaboratifs de R&D soutenus par les pouvoirs publics français.



Champ : Financement PCRD (1^{er} au 7^{ème} : de 1984 à 2013), Oséo-Bpifrance (ISI depuis 2008 et PSPC depuis 2011), FUI (1 à 14) et ANR (TecSan 2009 à 2012, RNTS 2005, Emergence TEC 2008). Les PSPC ont été mis en place dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir.
Source : MESR, Oséo, PCRD.

3.3. Une industrie française innovante, dynamique et exportatrice

Le secteur industriel de l'imagerie médicale emploie environ 40 000 salariés au sein de 250 entreprises, avec de nombreuses Très Petites Entreprises (TPE), des Petites et Moyennes Entreprises (PME) et des Entreprises de Taille Intermédiaire (ETI), innovantes et exportatrices⁴⁵. La forte composante industrielle de ce secteur doit être soutenue et renforcée.

3.3.1. Un tissu industriel français principalement constitué de PME

Le tissu industriel comporte **près de 250 entreprises⁴⁶** et emploie environ **40 000 personnes** sur des emplois à forte valeur ajoutée et par conséquent peu délocalisables (cf. annexe 8). Plus de 200 d'entre elles ont **une activité de recherche et/ou de production en France**, les autres étant uniquement des distributeurs.

⁴⁵ Les analyses sont issues de la consolidation des données publiées sur societe.com. Elles indiquent le chiffre d'affaires et le nombre d'emplois global des entreprises. Ces indicateurs peuvent donc être comptabilisés dans plusieurs modalités et sur plusieurs briques technologiques au sein d'une même modalité.

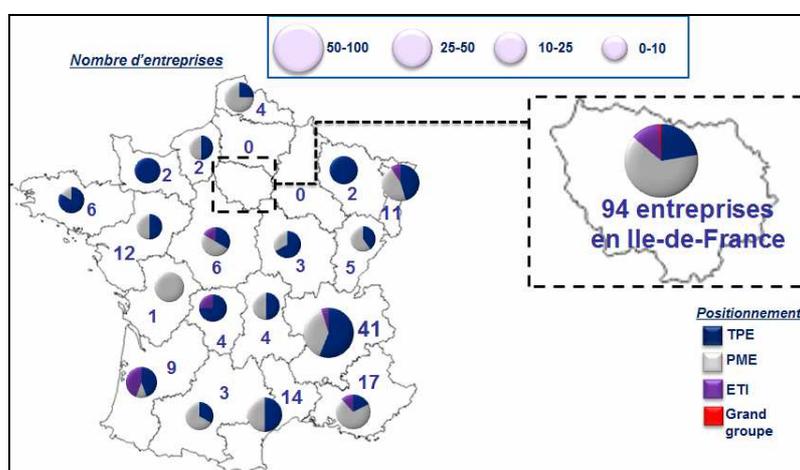
⁴⁶ Hors imagerie biologique.

Les emplois industriels se concentrent sur les modalités traditionnelles des **rayons X, des champs magnétiques et des rayonnements lumineux** (cf. tableau 2). Par ailleurs, le secteur de **l'informatique médicale** montre un **réel dynamisme** depuis plusieurs années, avec **36 acteurs industriels et environ 13 000 emplois**. Le secteur des **ultrasons** est **émergent** et capte, aux côtés des équipementiers mondiaux, des marchés de niche.

Le tissu industriel est constitué à **90 % par des PME** qui ne captent cependant que 10,5 % des 15 milliards d'euros⁴⁷ de chiffre d'affaires réalisé en France chaque année. La majorité du tissu industriel français se concentre en **Île-de-France** et en **Rhône-Alpes** (cf. figure 11).

La **concurrence** est principalement **américaine, européenne** et maintenant **asiatique**.

Figure 11 : Répartition géographique et typologie des entreprises en France dans le domaine de l'imagerie médicale



Source : D&Consultants.

3.3.2. Un tissu industriel français présent aux côtés des leaders mondiaux

Les entreprises du secteur peuvent s'appuyer à la fois sur une **recherche académique et industrielle** de très bon niveau notamment en mathématique, en électronique ou encore en physique nucléaire (cf. § 3.1), et également sur une **recherche clinique médicale d'excellence** et des **établissements de soins de grande qualité**.

Cette richesse a amené la création d'un tissu de **TPE, PME et ETI⁴⁸ innovantes**, et a rendu le **territoire attractif pour des leaders mondiaux**. General Electric maintient dans le sud de Paris un centre important de recherche et développement, quant à Siemens ou Philips, ils sont bien implantés dans les centres hospitaliers et montent des collaborations avec les équipes cliniques françaises.

⁴⁷ D'un point de vue méthodologique, le chiffre d'affaires réalisé pour l'imagerie médicale ne peut pas être isolé du chiffre d'affaires global de toutes les entreprises. Néanmoins, on peut estimer que la majorité des PME recensées réalisent une grande majorité, voire la totalité de leur chiffre d'affaires dans l'imagerie médicale.

⁴⁸ Entreprise de Taille Intermédiaire.

Une des caractéristiques principales du **secteur de l'imagerie médicale est l'absence d'équipementier français de dimension mondiale**. De ce fait, **les entreprises françaises innovantes** se retrouvent souvent **dépendantes de donneurs d'ordres étrangers**.

Certains sous-traitants ont cependant réussi à atteindre **une position de leaders européens voire mondiaux** sur leurs briques technologiques, comme par exemple Trixell. Créée en 1997 par Thales, Philips Medical Systems et Siemens Medical Solutions, Trixell est le leader mondial dans les domaines des **détecteurs numériques** destinés à la radiologie médicale. Ces détecteurs convertissent les rayons X en signal numérique et constituent le premier maillon de la chaîne numérique de traitement de l'image.

Par ailleurs, une dizaine de **PME et ETI innovantes ont pu développer et commercialiser** sur des marchés de niche **des équipements entiers intégrant des solutions logicielles**, comme par exemple dans le domaine de **l'échographie** haute fréquence d'images associée à l'élastométrie (Supersonic Imagine) ou la **radiologie** du rachis à très faible dose irradiante (EOS Imaging) ou encore **l'endoscopie** combinant des technologies innovantes d'acquisition et des logiciels de traitement avancés (Mauna Kea) ou encore des robots chirurgicaux (Medtech). La France se distingue également sur le marché des **équipements de protection** contre les rayonnements ionisants (Lemer Pax).

3.3.3. Une filière exportatrice

La **filière industrielle de l'imagerie médicale en France est très dynamique à l'export**, que l'on considère les **6 briques technologiques** avec un taux moyen à l'export de **44 % de leur chiffre d'affaires** (cf. tableau 1), ou les **8 modalités d'acquisition des images** (cf. tableau 2). Seules les sociétés d'archivage, de stockage et de communication connaissent un taux plus faible de 3%. Pour elles, les principaux freins identifiés pour exporter sont le manque de standardisation en informatique médicale et l'incompatibilité entre les systèmes d'information sur le marché international.

Tableau 1 : Répartition des entreprises de la filière de l'imagerie médicale implantées en France, par brique technologique

Brique technologique	Nombre d'acteurs industriels	Emplois industriels	Taux de CA à l'export
Agents de diagnostics et radiotraceurs	10	1 160	46,8 %
Génération du signal	10	563	39,4 %
Acquisition	20	5 004	70,1 %
Traitement du signal	45	3 144	71,2 %
Visualisation/ affichage	6	428	1,9 %
Archivage, communication et réseaux	36	13 011	3 %
Matériel annexe (dont GMCAO)	42	1 803	30,6 %

Note : hors industriels fabriquant des équipements entiers et positionnés également sur une brique technologique et sociétés de service. Lorsqu'une entreprise est positionnée sur plusieurs briques, le nombre total d'emplois est compté pour chacune d'entre elles.

Source : societe.com.

Les entreprises exportent dans le monde entier, principalement aux **États-Unis** puis en **Europe**, et plus récemment en **Chine** alors qu'elles connaissent des **difficultés à s'appuyer sur le marché français**. En effet, sur certains segments, les solutions portées par des grands industriels reconnus, qui sont exclusivement étrangers, sont souvent privilégiées au détriment de celles des PME. Par ailleurs le Code des Marchés Publics ne favorise pas forcément l'achat innovant par les directions des hôpitaux malgré les dispositions prises au niveau européen, comme le « small business act »⁴⁹ qui réserve une part des marchés publics aux PME innovantes.

Tableau 2 : Répartition des entreprises de la filière de l'imagerie médicale implantées en France, par modalité d'imagerie

Modalité d'imagerie	Nombre d'acteurs industriels	Emploi	Taux de CA à l'export
Rayons X	91	14 838	44,3 %
Champs magnétiques	46	10 199	45,1 %
Médecine nucléaire	36	7 743	45,7 %
Ultrasons	43	8 418	45,5 %
Rayonnements lumineux	84	11 725	38,7 %
Electrophysiologie	35	8 284	49,1 %

Note : Hors industriels fabriquant des équipements entiers et positionnés également sur une brique technologique. Lorsqu'une entreprise est positionnée sur plusieurs modalités, le nombre total d'emplois est compté pour chacune d'entre elles. Concernant l'informatique médicale, seules les entreprises positionnées sur l'archivage, le stockage et la communication sont comptabilisées dans ce tableau pour éviter les doublons trop importants.

Source : societe.com

3.4. Une propriété intellectuelle peu offensive

Les entreprises françaises sont faiblement représentées parmi les déposants enregistrant des brevets à l'étranger : elles privilégient la voie de dépôt française pour des raisons de coûts.

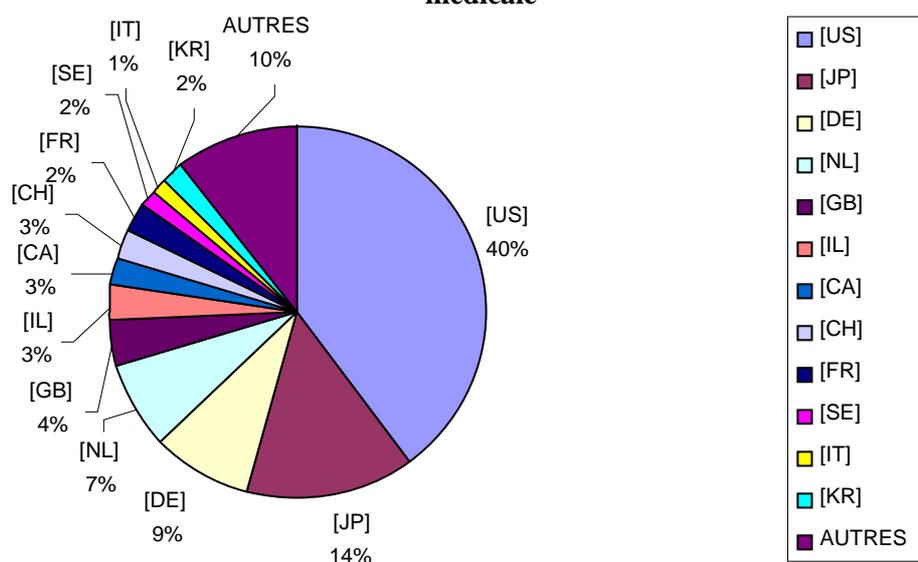
Entre 2005 et 2012, la France n'a déposé que 2 % des 25 208 demandes de brevets déposées par voie internationale, et 3 % des 17 209 demandes de brevets déposées par voie européenne, ce qui situe le pays au **9^{ème} rang mondial** (cf. figure 12) et **6^{ème} rang européen** (cf. annexe 10 et figure 13).

⁴⁹ Le 25 juin 2008, la Commission européenne a adopté un SBA européen, « **small business act** ». Celui-ci comprend cinq initiatives législatives : (i) révision du règlement d'exemption en matière d'aides d'Etat, (ii) Société privée européenne (SPE), (iii) possibilité laissée aux États membres d'appliquer une TVA réduite pour les services locaux fournis par les micro-entreprises, (iv) modernisation des règles sur la TVA et (v) modification de la directive sur les retards de paiement ainsi que 10 principes associés à 92 mesures concrètes dont la mise en œuvre implique à la fois les États membres et la Commission européenne. Par une communication du 23 février 2011 portant sur la révision du SBA européen, la Commission a plaidé pour un renforcement des actions en faveur des PME dans les domaines de la réglementation intelligente, du financement, de l'accès aux marchés, de la création et de la reprise d'entreprises, compte tenu des avancées inégales constatées dans les États membres et des nouveaux enjeux résultant de la crise économique et financière.

L'INPI a comptabilisé **916 demandes de brevets français entre 2005 et 2012** dont 76,4 % des déposants sont d'origine française. Les **organismes publics** représentent une **part significative** des déposants en France, notamment le CNRS et le CEA, à hauteur de 13 % pour eux seuls. **Les entreprises françaises privilégient une gestion nationale de leur propriété intellectuelle pour des raisons de coûts.** En effet, le brevet français est remis presque automatiquement et la démarche peu coûteuse, alors qu'une gestion internationale de la propriété intellectuelle (PI) peut représenter un budget conséquent (extension géographique, taxes, traductions, éventuelles procédures d'opposition, etc.), notamment aux USA.

Globalement, les grandes entreprises d'origine étrangère ne privilégient pas l'enregistrement des brevets français. Avec un centre de R&D reconnu en France, General Electric fait exception en déposant 135 brevets en France contre 1 426 brevets aux États-Unis et 396 en Allemagne. Siemens n'a déposé que 10 brevets sur le territoire, contre 1 377 par la voie américaine et 2 167 par la voie allemande.

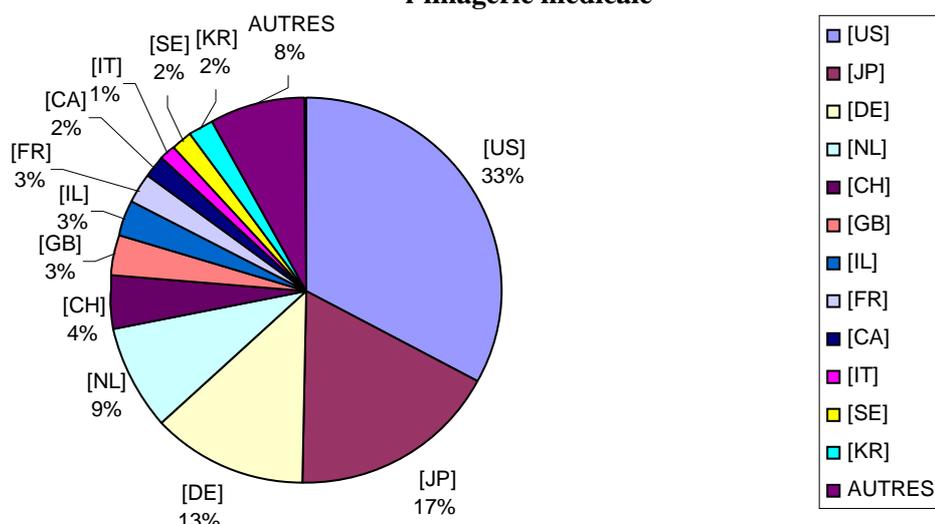
Figure 12 : Les dépôts de brevets par déposant et par voie internationale dans le domaine de l'imagerie médicale



*Note : la définition de l'imagerie médicale retenue pour l'identification des brevets est le périmètre de l'imagerie médicale retenu pour l'étude
Champ : dépôts de brevets sur la période 2005-2012.*

Source : INPI.

Figure 13 : Les dépôts de brevets par voie européenne et par nationalité des déposants dans le domaine de l'imagerie médicale



Note : la définition de l'imagerie médicale retenue pour l'identification des brevets est le périmètre de l'imagerie médicale retenu pour l'étude.
 Champ : dépôts de brevets sur la période 2005-2012.
 Source : INPI.

3.5. Une offre de formation dynamique

Il existe sur le territoire 130 formations continues et 30 formations diplômantes⁵⁰ couvrant 332 spécialités technologiques et de santé (cf. annexe 11). Ces formations sont réparties sur tout le territoire, avec cependant une concentration en **Île-de-France** et en **Provence-Alpes-Côte d'Azur**.

Les formations technologiques sont en majorité universitaires et viennent souvent en complément des formations des écoles d'ingénieurs, qui, à l'exception par exemple de celles de Telecom Paristech ou de Polytech Marseille, ne sont pas spécialisées en imagerie médicale.

On note une concentration de formations continues (cf. figure 18) de praticiens, techniciens (notamment en médecine nucléaire, pilotées par l'association ACOMEN⁵¹) ou scientifiques (cf. figure 19). En 2013, une nouvelle formation universitaire diplômante a été créée pour les manipulateurs d'électroradiologie, le master « manipulateurs experts ».

Peu de formations ont été recensées sur l'imagerie multimodale ou la réglementation applicable au secteur de l'imagerie (hormis pour les modalités ionisantes) ou l'informatique médicale. On note toutefois l'ouverture cette année d'un master M2 en **affaires réglementaires des dispositifs médicaux** (DM) à l'Université de Lyon. Cette formation, conçue en partenariat avec le syndicat professionnel des entreprises industrielles du secteur des dispositifs médicaux (SNITEM) et le réseau des écoles de génie biomédical⁵², est mise en oeuvre au sein de deux de ses composantes, Polytech Lyon (l'école d'ingénieur de Lyon 1) et l'Institut des Sciences Biologiques et Pharmaceutiques de Lyon 1.

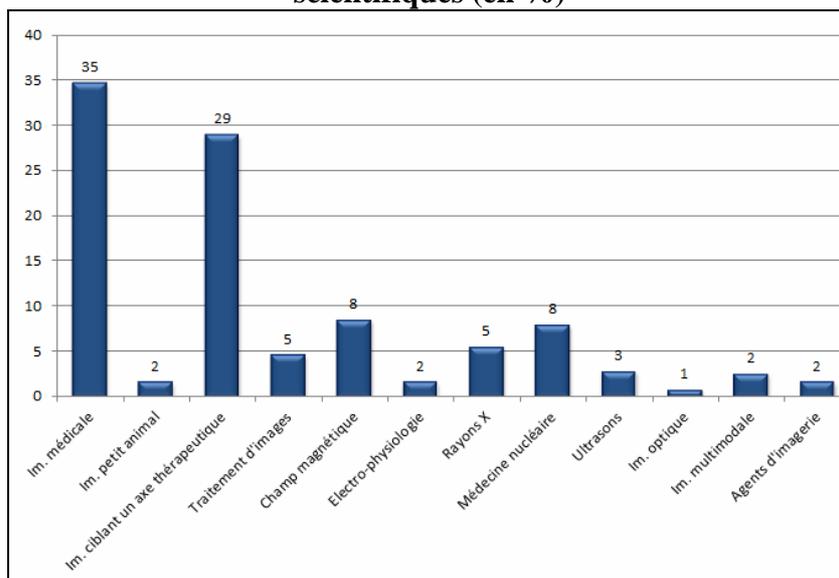
Enfin, il n'a pas été recensé de formation dédiée à l'imagerie médicale dans les écoles de commerce.

⁵⁰ Recensement effectué grâce aux données d'AVIESAN et de France Life Imaging, 2013 : les formations dispensées par les fabricants aux praticiens ne sont pas comptabilisées.

⁵¹ Action Concertée en Médecine Nucléaire.

⁵² Le réseau GBM est constitué des 6 écoles suivantes : Polytech Lyon, Polytech Marseille, Polytech Grenoble, ISIFC, ISIS, ISBS.

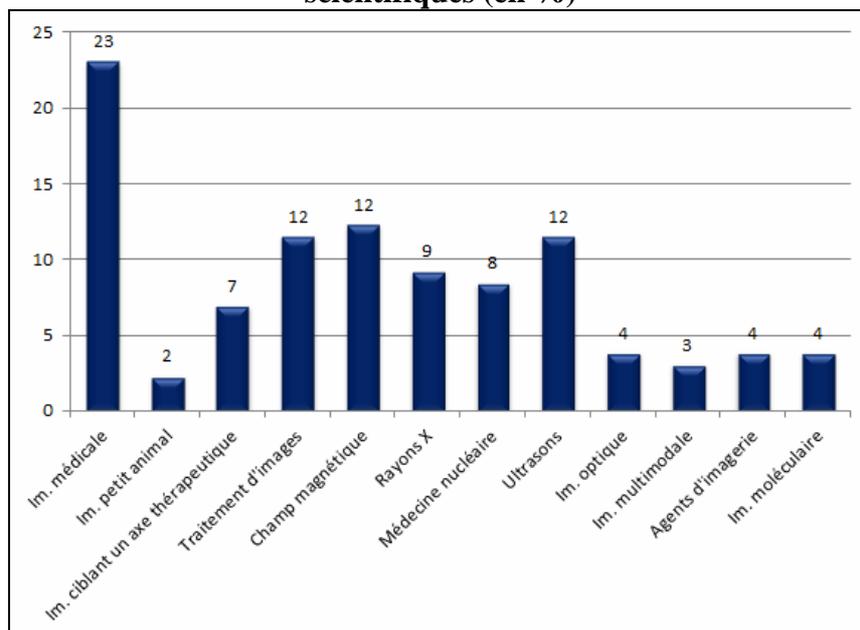
Figure 14 : Répartition par spécialité des formations continues des praticiens, techniciens ou scientifiques (en %)



Note : les formations dispensées par les fabricants aux praticiens ne sont pas comptabilisées.

Source : Alliance pour les sciences de la vie et de la santé (AVIESAN), France Life Imaging, Collège des Enseignants de Radiologie de France (CERF), Action Concertée en Médecine Nucléaire (ACOMEN).

Figure 15 : Répartition par spécialités des formations diplômantes des praticiens, techniciens ou scientifiques (en %)



Note : les formations dispensées par les fabricants aux praticiens ne sont pas comptabilisées. Les formations des IHU sont comptabilisées.

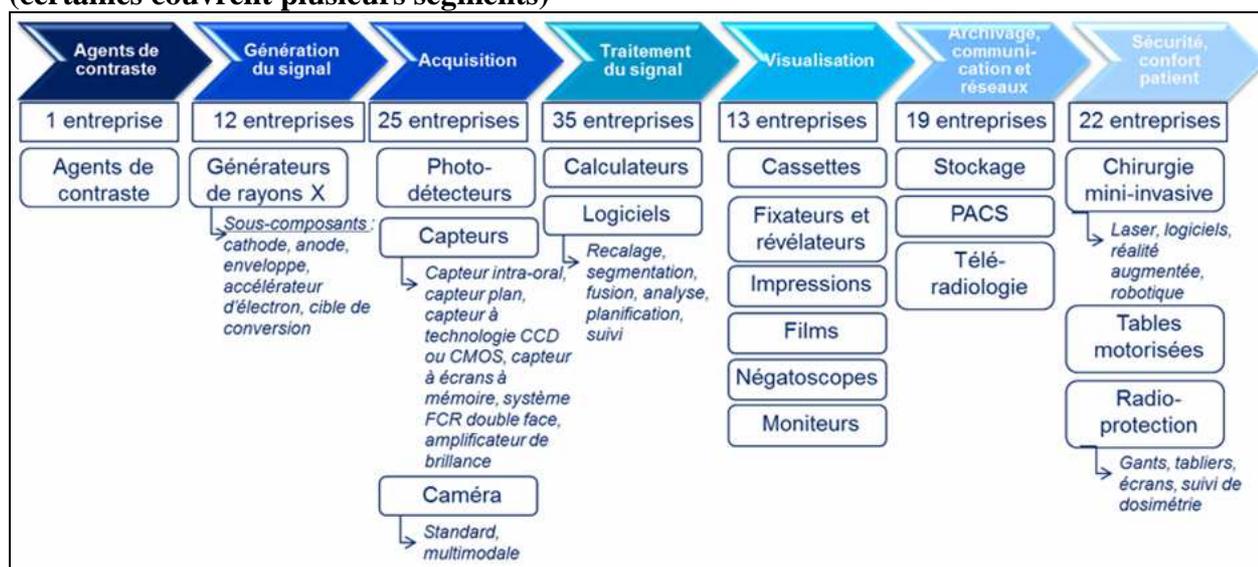
Source : Alliance pour les sciences de la vie et de la santé (AVIESAN), France Life Imaging, Collège des Enseignants de Radiologie de France (CERF).

3.6. Diagnostic de la filière et par modalités

3.6.1. La modalité rayons X : une présence industrielle à maintenir

Les **91 entreprises** recensées sur le territoire sont positionnées sur un **marché très concurrentiel** (cf. figure 16 et annexe 9). Elles **agissent majoritairement en sous-traitance des grands équipementiers** que sont General Electric, Siemens, Philips, Varian, etc.

Figure 16 : Les 91 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur des rayons X en France (certaines couvrent plusieurs segments)

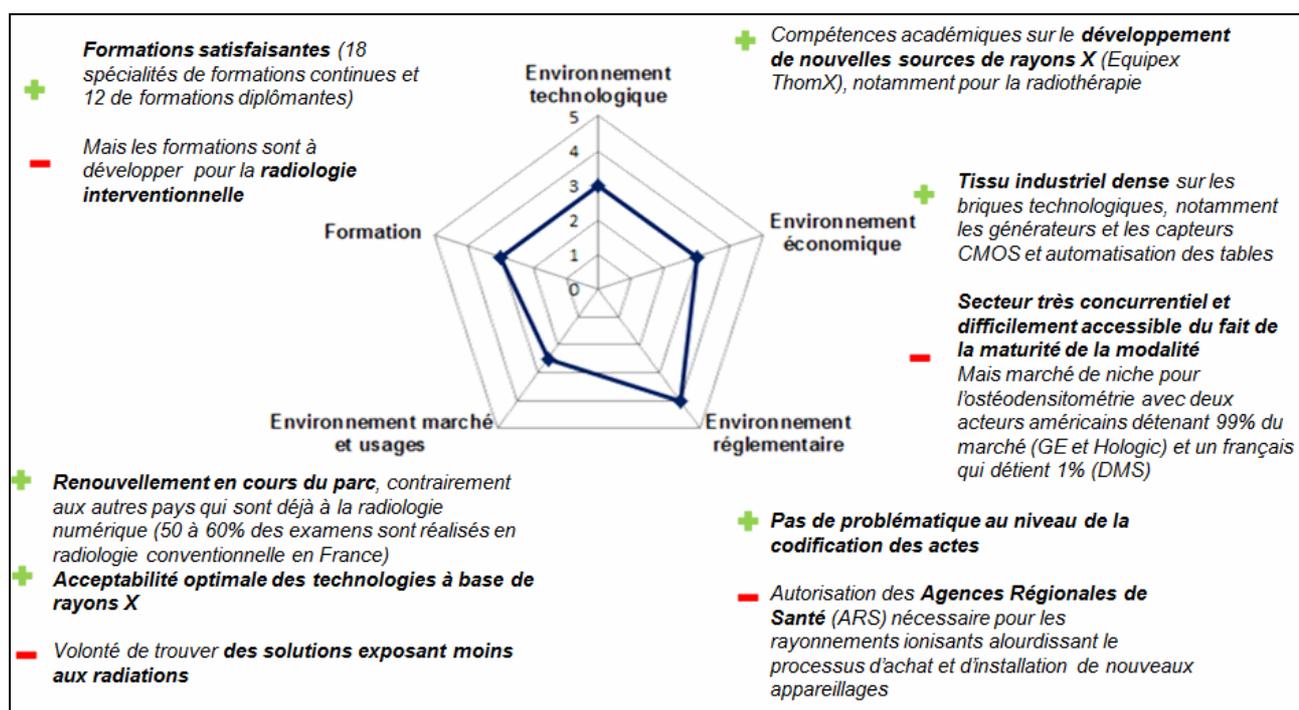


Champ : rayons X.
Source : D&Consultants.

Pour autant, certaines entreprises occupent une **place de leader** sur certaines briques technologiques comme les **générateurs et des capteurs** de nouvelle génération (Trixell, PMB) ou les **équipements de radioprotection** (Lemer Pax). Dans le domaine des **produits de contraste**, l'ETI Guerbet, dont l'essentiel de l'infrastructure industrielle et scientifique est localisé en France, se classe au quatrième rang mondial et exporte dans plus de 70 pays.

Les entreprises peuvent s'appuyer sur une **recherche académique d'excellence**, notamment dans le développement de nouvelles sources de rayons X.

Le **maintien de la position mondiale de la filière industrielle française des rayons X** doit passer par une **meilleure valorisation de la recherche académique**, notamment dans le développement de **solutions innovantes moins irradiantes** (cf. figure 17).

Figure 17 : Diagnostic de la filière des rayons X en France

Champ : rayons X.

Source : D&Consultants.

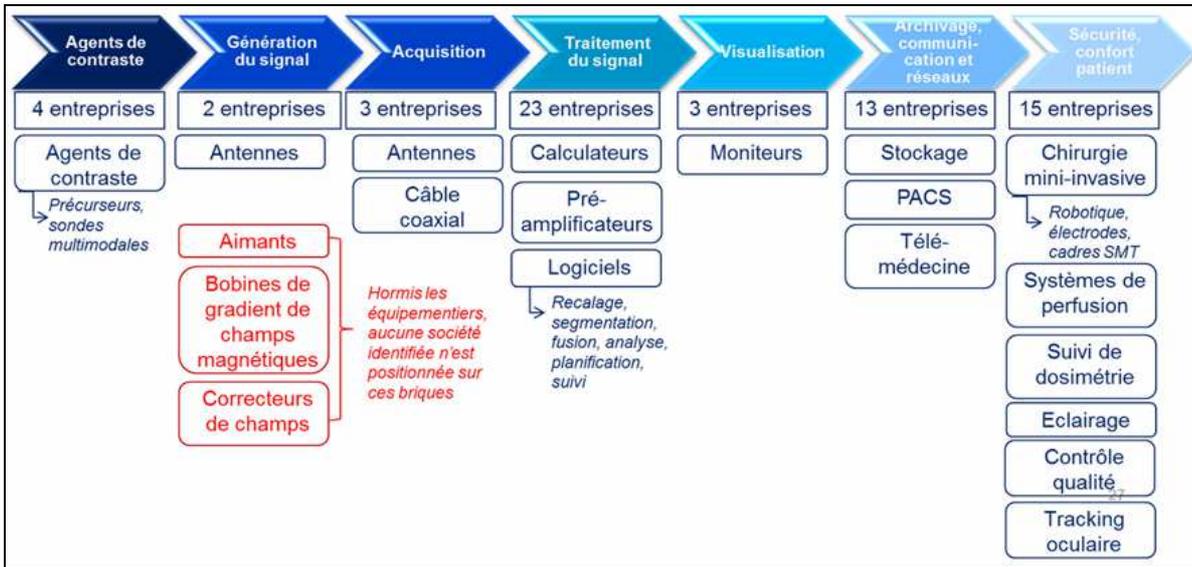
3.6.2. La modalité des champs magnétiques : une présence industrielle à renforcer

Les **46 entreprises** recensées sur le territoire sont principalement positionnées sur les **logiciels de traitement du signal**, et plus particulièrement sur les équipements de planification et le suivi (cf. figure 18 et annexe 9).

Le **manque d'industriels** (cf. figure 19) sur certains segments technologiques, comme la génération du signal, peut conduire à la **valorisation par des sociétés étrangères** (Oxford Instrument, Elekta, GE, Philips, Siemens etc.) de solutions innovantes issues de la recherche publique, telles que la **multimodalité IRM/TEP**, la **génération du signal** (aimants, bobines ou correcteurs de champs) ainsi que la **visualisation de l'image** (par moniteurs).

Par ailleurs, les industriels positionnés sur les traceurs sont soumis à de fortes **contraintes réglementaires** (obtention de l'AMM, études post-inscription, etc.) induisant des **délais de mise sur le marché longs et coûteux**.

Figure 18 : Les 46 entreprises positionnées sur les champs magnétiques en France sur la chaîne de valeur (certaines couvrent plusieurs segments)

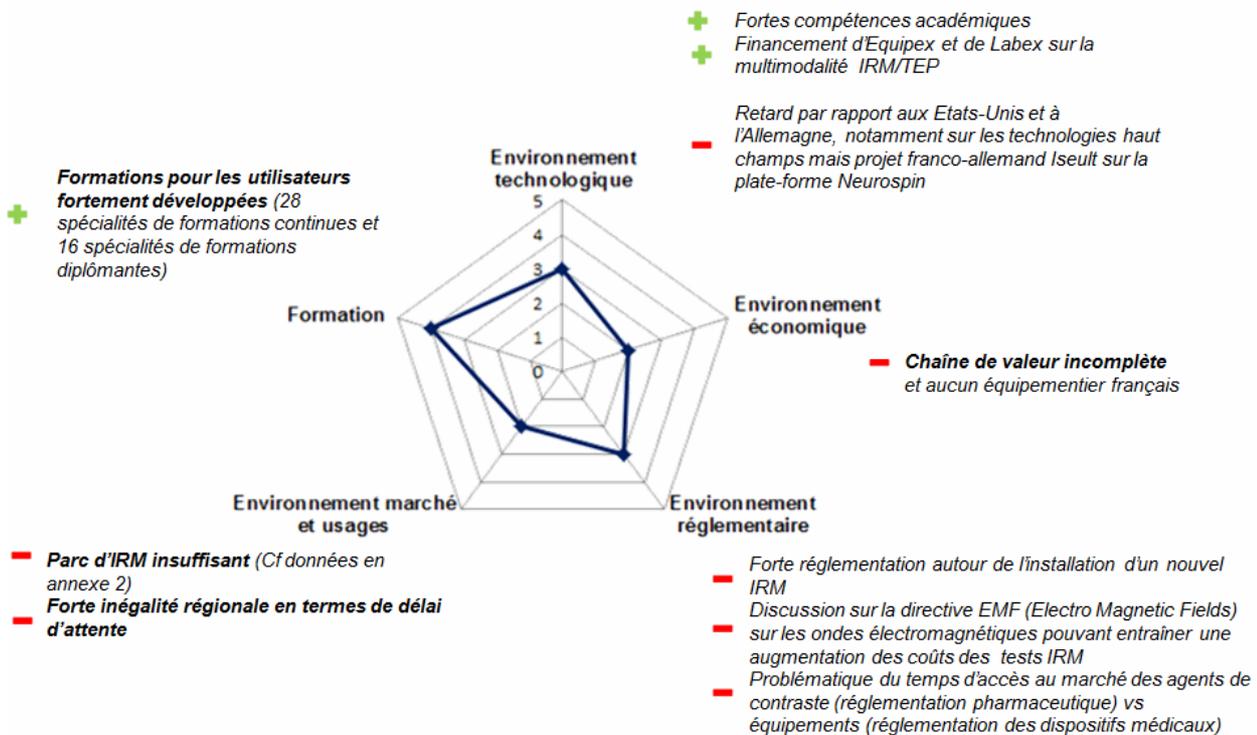


Note : hormis les équipementiers, aucune société identifiée n'est positionnée sur les briques suivantes : aimants, bobines de gradient de champs magnétiques, correcteurs de champs.

Champ : champs magnétiques.

Source : D&Consultants.

Figure 19 : Diagnostic de la filière des champs magnétiques en France



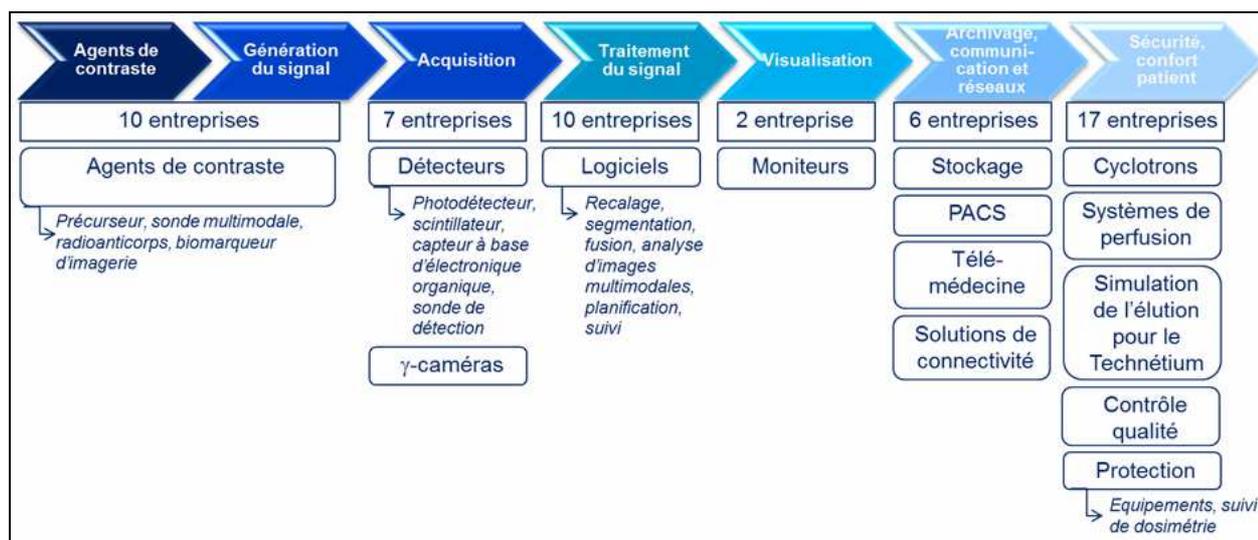
Champ : champs magnétiques.

Source : D&Consultants.

3.6.3. La modalité de la médecine nucléaire : une présence industrielle fragile

Les **36 acteurs industriels** recensés (cf. figure 20 et annexe 9) se positionnent principalement sur le **développement de radiopharmaceutiques** (Cyclopharma, IBA Molecular/CisBio et 3A), de **solutions de visualisation de l'image** (Clerad) et des **solutions d'utilisation des produits** irradiants dans les établissements de santé (Saphymo).

Figure 20 : Les 36 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur de la médecine nucléaire en France (certaines couvrent plusieurs segments)



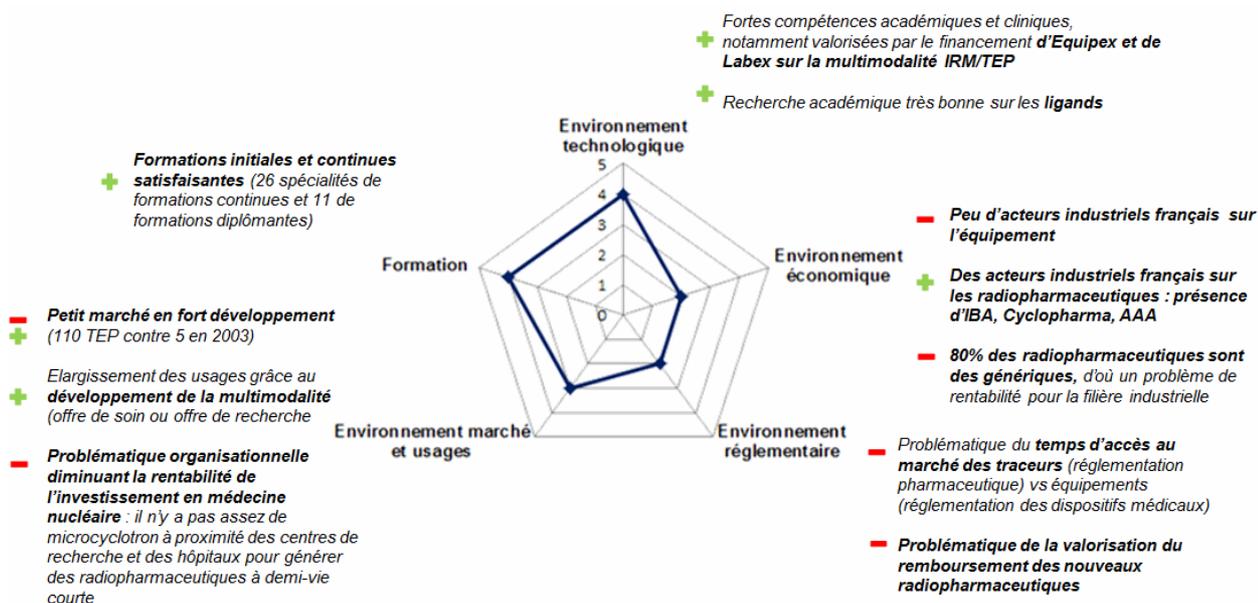
Champ : médecine nucléaire.

Source : D&Consultants.

La filière bénéficie d'une recherche académique d'excellence et d'un savoir-faire historique lié à la filière de l'énergie nucléaire. La **bonne collaboration entre le secteur public et privé permet le transfert technologique et la mise sur le marché de technologies développées par la recherche académique** (cf. figure 21).

Toutefois, le secteur pourrait être **déstabilisé** par l'**augmentation des coûts de production des radiopharmaceutiques** (matières premières, maintenance des appareils, personnels qualifiés, etc.), et des coûts associés **au renforcement des contraintes réglementaires de mise sur le marché et de suivi post-inscription des radiopharmaceutiques**. L'**évolution des tarifs de remboursement** des actes d'imagerie ou des **produits inscrits** sur la Liste des Produits et Prestations Remboursables (LPPR) est également une contrainte économique pour la filière. **La rentabilité économique de la production de radiopharmaceutiques est un enjeu** pour la filière.

Figure 21 : Diagnostic de la filière de la médecine nucléaire en France



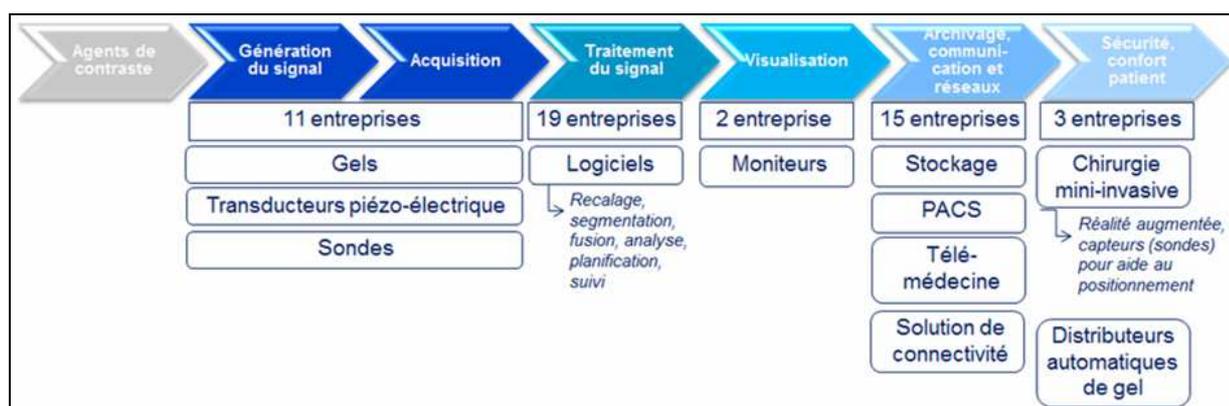
Champ : Médecine nucléaire.

Source : D&Consultants.

3.6.4. La modalité des ultrasons : une présence industrielle en croissance

Les **43 entreprises** recensées (cf. figure 22 et annexe 9) **développent et fabriquent** des solutions technologiques avec une prépondérance sur les **sondes** (Vermon) et les **logiciels de traitement du signal** (Supersonic Imagine).

Figure 22 : Les 43 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur des ultrasons en France (certaines couvrent plusieurs segments)

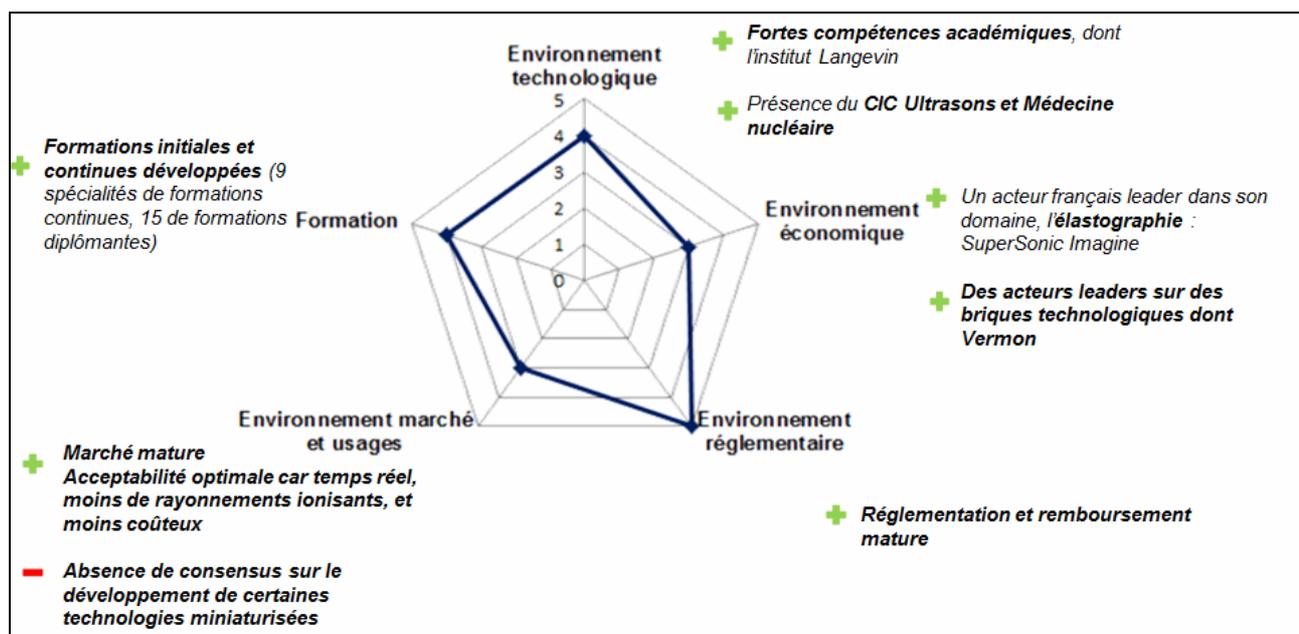


Champ : Ultrasons.

Source : D&Consultants.

À côté de **grands groupes internationaux** comme General Electric, Siemens, Hitachi ou encore Philips, des **entreprises françaises** proposent des **solutions intégrées innovantes** comme l'échographe de très haute définition (SuperSonic Imagine) ou les sondes échographiques (Vermon). La France devra **maintenir son avance technologique et industrielle** (cf. figure 23). Les solutions d'imagerie peuvent être également associées à des solutions thérapeutiques, comme les ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU).

Figure 23 : Diagnostic de la filière des ultrasons en France



Champ : Ultrasons.

Source : D&Consultants.

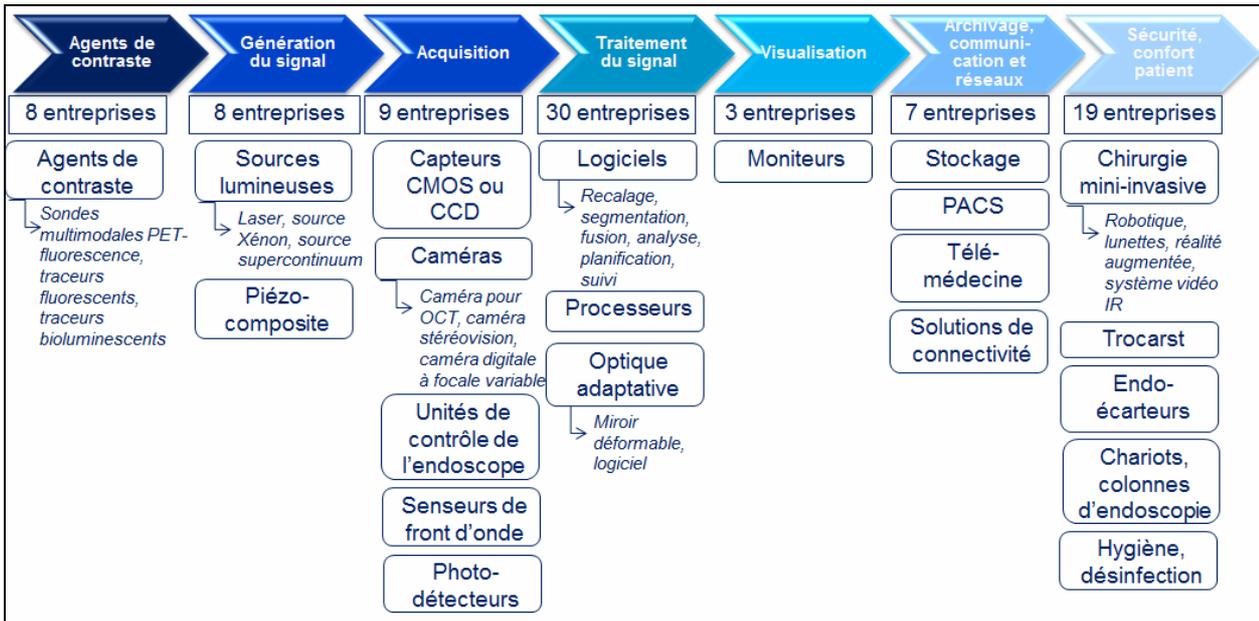
3.6.5. La modalité des rayonnements lumineux : une présence industrielle prometteuse

À l'instar des rayons X, le tissu industriel des rayonnements lumineux, constitué de **84 entreprises**, se caractérise par une forte présence de **sous-traitants des grands équipementiers** comme General Electric, Olympus, etc. (cf. figure 24 et annexe 9). Pour autant, certaines entreprises françaises développent et commercialisent des équipements entiers et se positionnent sur des marchés de niche, comme Mauna Kea avec son système d'imagerie multimodale et Fluoptics qui est spécialisée sur les traceurs fluorescents et les systèmes d'imagerie optique *in vivo*.

La France dispose de **fortes compétences académiques**, notamment dans les lasers et les sondes, qui pourront répondre aux fortes attentes du marché (technologies peu invasives et spécifiques). Le marché mondial des équipements d'endoscopie a été estimé à 5,4 milliards de dollars. Il devrait progresser à une moyenne annuelle de 5,5 % pour atteindre 7,9 milliards en 2016⁵³.

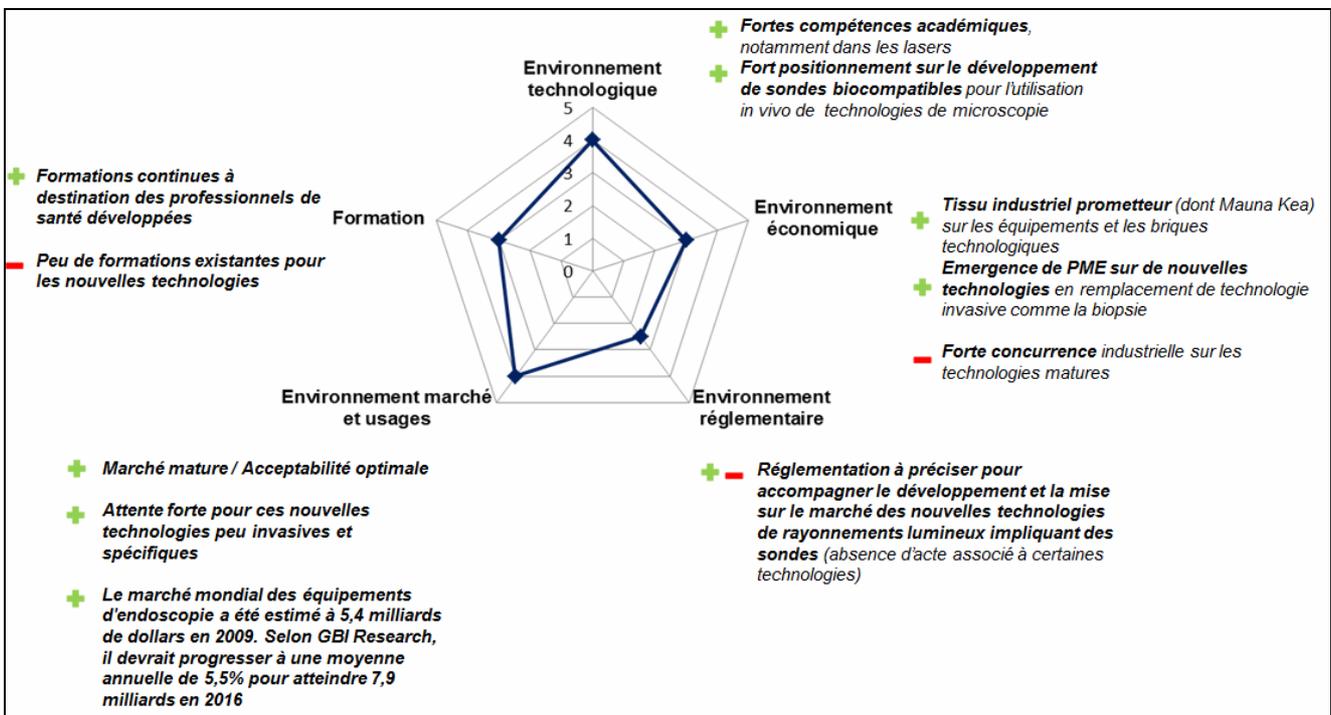
⁵³ Etude Endoscopy Devices Market to 2016, GBI Research, 2010

Figure 24 : Les 84 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur des rayonnements lumineux en France (certaines couvrent plusieurs segments)



Champ : rayonnements lumineux.
Source : D&Consultants.

Figure 25 : Diagnostic de la filière des rayonnements lumineux en France

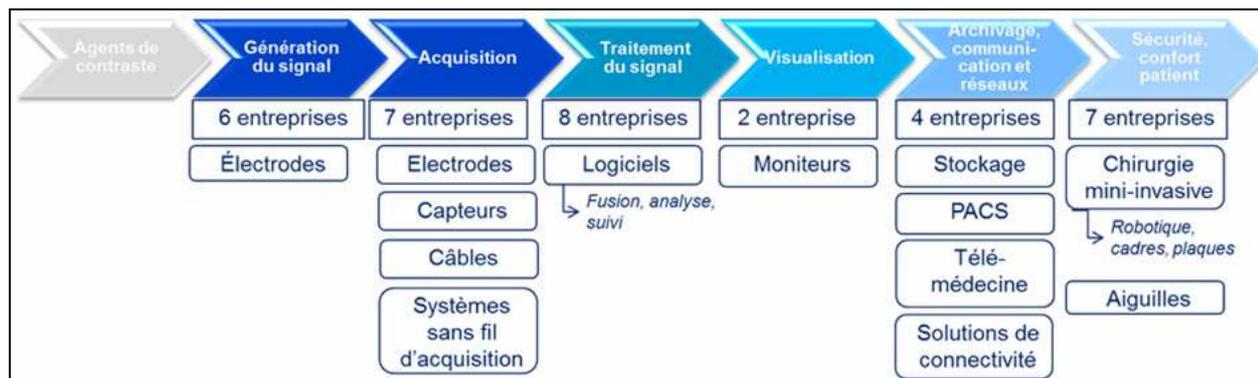


Champ : rayonnements lumineux.
Source : D&Consultants.

3.6.6. La modalité de l'électrophysiologie : une faible présence industrielle

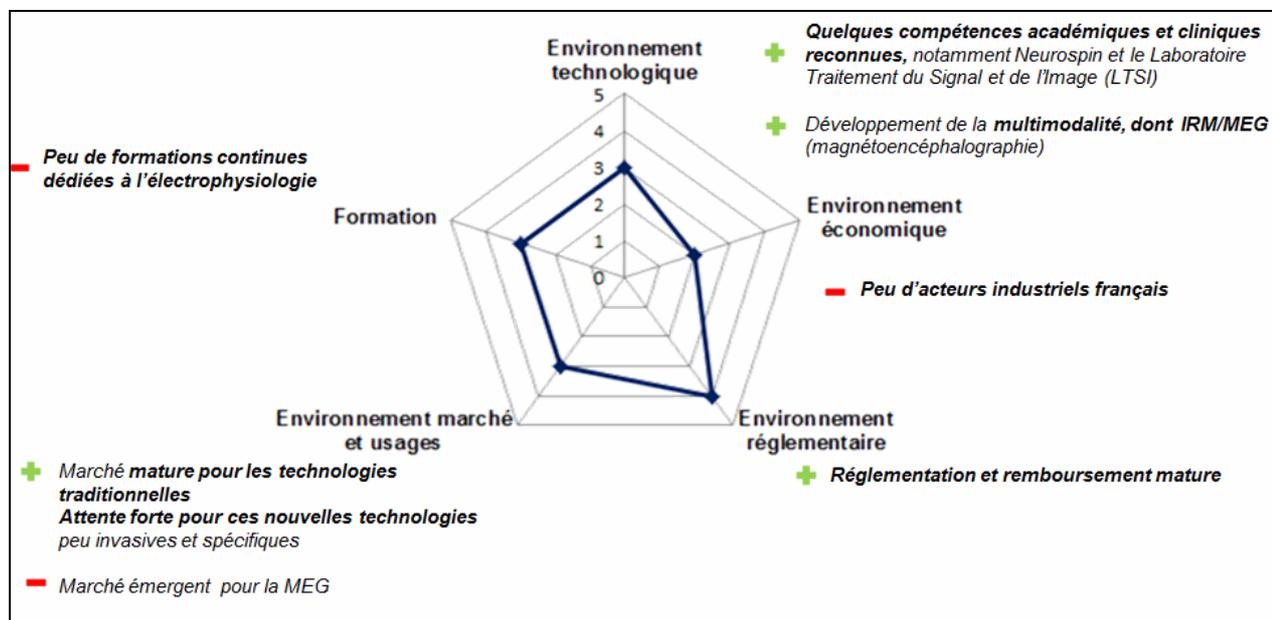
Seules **35 entreprises** (cf. figure 26 et annexe 9) ont été recensées alors que la France possède des **compétences académiques fortes**, notamment dans le **traitement du signal** et de **l'image et le développement de l'IRM/MEG** (Magnétoencéphalographie). Il existe donc **un risque que ces recherches soient valorisées en dehors du territoire** (cf. figure 27).

Figure 26 : Les 35 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur de l'électrophysiologie en France (certaines couvrent plusieurs segments)



Champ : électrophysiologie.
Source : D&Consultants.

Figure 27 : Diagnostic de la filière de l'électrophysiologie en France



Champ : électrophysiologie.
Source : D&Consultants.

3.6.7. L'informatique médicale : une opportunité de croissance

À ce jour, l'essentiel des technologies en informatique médicale recouvre les systèmes d'archivage, de gestion et d'échange d'images (PACS) développé par **46 entreprises** et le traitement du signal par **45 entreprises**. Le marché est capté par une vingtaine d'entreprises qui représentent environ 12 000 emplois et un chiffre d'affaires global de 7,2 milliards d'euros.

On trouve globalement trois grands types d'activités.

- **Les entreprises de services** qui développent des offres de services de téléradiologie sur le territoire. Le modèle économique de ces entreprises est basé sur la **fourniture d'un service de prise en charge à distance des examens radiologiques** par des radiologues. Les principaux clients sont les établissements de soins, principalement publics, confrontés à la baisse de la démographie médicale et qui doivent assurer la permanence de soins. Les radiologues assurant l'interprétation des images sont rétribués selon la nomenclature française des actes médicaux. Ces sociétés agissent comme médiateurs technologiques entre radiologues et établissements de santé. Les établissements de santé peuvent s'organiser entre eux pour mutualiser leurs compétences et collaborer avec les radiologues du territoire, libéraux ou hospitaliers. L'hôpital universitaire développe également une télé-expertise pour la prise en charge des patients des centres hospitaliers de sa région.
- **Les fournisseurs de briques technologiques dans le traitement de l'image numérique médicale.** Des solutions de traitement différé de l'image sont développées par des entreprises comme Olea Médical sur l'imagerie neuro-vasculaire ou comme Intrasense qui proposent un outil type « station de radiologie » avec comme **point fort des produits spécialisés sur des techniques précises, un organe ou des pathologies données**. Un autre exemple est la société Dosisoft qui développe des logiciels de recalage et de mise en correspondance des examens multiples avec les bases de connaissances dans le cadre du développement de l'imagerie numérique faible dose.
- **Les entreprises autour des PACS** qui développent tout ou partie des services de PACS sur différents marchés : pour les radiologues privés (Global Imaging, E-Media), pour la médecine nucléaire (Keosys), pour la téléimagerie (Etiam), etc. Il existe également des entreprises positionnées sur le **développement d'algorithmes de codage d'images à finalité diagnostic (CIRA)**.

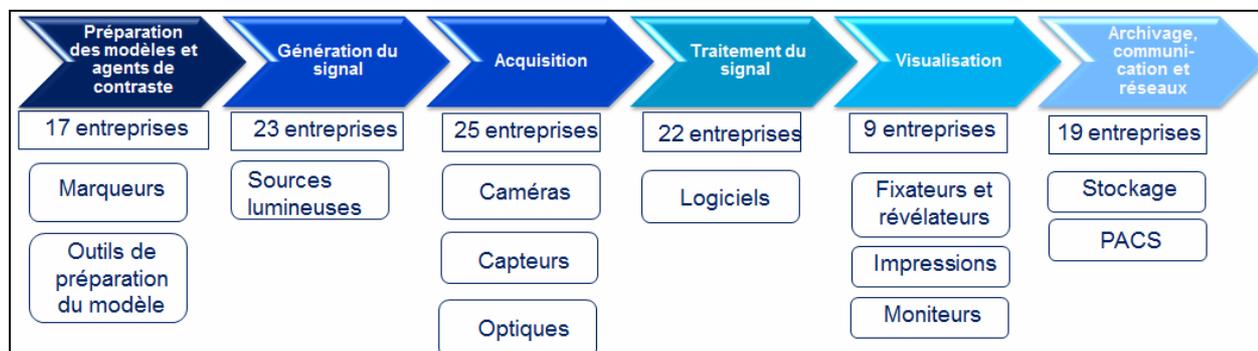
Les principaux enjeux de l'informatique médicale seront :

- **d'adapter l'ergonomie et l'automatisation** des logiciels de post-traitement à l'utilisation par un praticien ;
- **d'héberger et de transférer des images quasi instantanément**, de manière sécurisée et sans **perte d'information** utile au diagnostic ;
- de contribuer à **améliorer la prise en charge des patients** ;
- d'accompagner la **croissance de l'hospitalisation à domicile** ;
- de développer des **solutions pour planifier les interventions, faciliter le diagnostic et limiter le temps d'acquisition et d'exposition**.

3.6.8. L'imagerie biologique : une opportunité de croissance

Au regard de son **importance prospective**, l'étude s'est attachée à faire un recensement des entreprises positionnées en France sur la filière de l'imagerie biologique : **45 acteurs ont été identifiés en France et sont positionnés sur toutes les briques technologiques** (cf. figure 28).

Figure 28 : Les entreprises positionnées sur la chaîne de valeur de l'imagerie biologique en France



Champ : imagerie biologique.

Source : D&Consultants.

4. LES LEVIERS DE DÉVELOPPEMENT DE L'IMAGERIE MÉDICALE DU FUTUR

L'imagerie médicale du futur doit être pensée comme un vecteur d'économies de santé pour une médecine personnalisée. En ce sens toute politique industrielle nationale doit être réalisée en lien étroit avec les autorités de santé afin de parvenir au nécessaire équilibre entre sécurité sanitaire, progrès médical, croissance industrielle et maîtrise des dépenses d'assurance maladie.

L'imagerie médicale connaîtra encore dans les dix prochaines années des évolutions technologiques, industrielles et d'usages, afin de répondre à un certain nombre d'enjeux :

- être **plus sensible et spécifique** ;
- être **moins invasive et moins délétère** pour le patient ;
- être **standardisée et protocolisée** ;
- **accélérer le développement** de candidats médicaments⁵⁴ par un suivi en **temps réel** de l'action des candidats médicaments et diminuer leurs coûts de développement ;
- être **moins coûteuse** ;
- être **plus ergonomique** ;
- être **plus communicante**.

*Cinq domaines technologiques ont été identifiés, représentant l'imagerie médicale du futur, à savoir une médecine plus personnalisée, plus **prédictive, communicante** et à la **portée de tous** :*

- les **traceurs d'imagerie** ;
- les **équipements d'imagerie « légers »**, à fort potentiel d'avenir, en particulier l'imagerie optique (biologique et in vivo dont l'endoscopie) et les ultrasons ;
- les **composants et sous-systèmes**, pour des équipements d'imagerie multimodale ;
- les **logiciels de traitement d'images multimodales** ;
- les **systèmes d'information**.

4.1. Les enjeux identifiés par les 4 pays leaders et Israël

En France comme à l'étranger, il existe des initiatives des pouvoirs publics en faveur des entreprises du secteur de l'imagerie médicale. Les leaders de l'imagerie sont implantés aux **États-Unis, en Allemagne et en Corée du Sud**. Aux **Pays-Bas**, Philips maintient sa compétitivité sur ce marché concurrentiel et **Israël** met en place une politique industrielle offensive.

4.1.1. Israël attire l'investissement étranger

À l'instar de la situation en Israël, des équipementiers étrangers ont implanté leur centre de recherche en France (General Electric). L'incitativité et l'attractivité du territoire pourraient être renforcées sur le territoire.

Israël a instauré le programme « **Global Enterprise R&D Cooperation Framework** » visant l'implantation des centres de recherche des équipementiers à dimension internationale sur le territoire.

⁵⁴ Molécule active à un stade de développement amont.

L'investisseur étranger a l'obligation d'une part de **réaliser des projets R&D avec au moins un partenaire national**, d'autre part **d'apporter à ce dernier un soutien financier et professionnel**. Israël prend en charge jusqu'à 40% des frais d'exploitation du centre et 50% de l'investissement injecté dans le partenaire national.

General Electric, Philips, mais également Samsung (spécialisé sur l'électronique) qui commence à se positionner sur l'imagerie, ont ainsi ouvert des centres de recherche. L'impact de ce programme se matérialise dans un bilan pour Israël très positif en termes de dépôt de brevets : **le territoire attire de nombreux déposants de brevets étrangers**.

4.1.2. Israël favorise la levée de fonds des entreprises

En France, des initiatives favorisant la levée de fonds des entreprises existent (Fonds National d'Amorçage, Fonds Stratégique d'Investissement, Caisse des Dépôts et Consignations, Bpifrance) et se sont récemment renforcées (mise en place du prêt bonifié pour l'innovation, le PIPC).

Dès 2011, le **Life Science Fund** investit dans les entreprises de biotechnologies et de medtech israéliennes (220 millions de dollars sur 10 ans) en collaboration avec un fonds d'investissement privé, pour des **projets en sciences du vivant**. Tel-Aviv est aujourd'hui classé premier ex-aequo avec la Silicon Valley (jusqu'à 70% de financement supplémentaire dans les étapes précoces de création par rapport à New-York ou Londres) en termes d'**accès des entreprises aux financements**⁵⁵.

4.1.3. Les États-Unis et les Pays-Bas favorisent le transfert technologique

Les Pays-Bas et les États-Unis sont reconnus pour faciliter les collaborations entre secteurs public et privé, et par conséquent le transfert technologique et la mise sur le marché de technologies développées par la recherche académique. En France, des moyens sont déployés pour l'amélioration des collaborations entre secteurs public et privé, notamment dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir (PIA). La création des Sociétés d'Accélération de Transfert Technologique devrait fortement y contribuer.

Aux Pays-Bas comme aux États-Unis, les **collaborations entre secteurs public et privé** sont fortement incitées en utilisant un levier financier ou organisationnel (accompagnement) :

- les **cellules de valorisation** des universités sont très impliquées dans l'imagerie médicale et représentent un interlocuteur privilégié pour les acteurs industriels ;
- les **rapprochements géographiques entre les grands groupes et les campus universitaires** sont favorisés ;
- l'**accès au financement** est facilité pour les collaborations impliquant des partenaires académiques et des entreprises.

Les **Pays-Bas** profitent de la présence de Philips, qui met à disposition des universités le matériel présent sur le site de recherche IDII (Institute for Diagnostic and Interventional Imaging) d'Eindhoven et se charge de l'industrialisation. Il existe également dans le pays des consortiums public-privé favorisant le financement de programmes de recherche, tel que le Center for Translational Molecular Medicine qui finance notamment des programmes ciblant le diagnostic précoce des maladies cardiovasculaire, l'imagerie moléculaire *in vivo* pour le diagnostic d'Alzheimer, etc.

⁵⁵ Etude internationale Start-up Genome Compass 2012 basée sur 25 indicateurs de comparaison.

Aux États-Unis, une démarche proactive des centres académiques pour établir des collaborations avec des industriels a été adoptée. Elle se traduit par un démarchage auprès des industriels, une forte présence sur les salons internationaux et une politique de publications intensive.

4.1.4. Les États-Unis, les Pays-Bas et l'Allemagne promeuvent les compétences nationales

Les acteurs académiques français sont relativement bien visibles du fait de leur place en termes de publications. En revanche, les acteurs industriels français, dans l'ensemble, souffrent d'un manque de visibilité, notamment sur les congrès internationaux importants. Des actions de promotion des compétences industrielles pourraient être renforcées en France.

Aux États-Unis comme en Allemagne et aux Pays-Bas, des **actions de promotion** sont engagées pour **rendre visible leur filière de l'imagerie médicale au niveau national (mises en réseau et collaborations entre acteurs)** mais également à l'échelle internationale. En Allemagne, un portail internet « **Research in Germany** » (pas uniquement dédié à l'imagerie médicale) a été créé à l'initiative du **ministère de l'Éducation et de la Recherche** pour valoriser les compétences allemandes. Aux **Pays-Bas**, le consortium « **Netherlands Forum for Biomedical Imaging** » (NFBI), positionné sur l'analyse de l'image, organise des congrès thématiques reconnus et a désormais une visibilité européenne.

Des **consortiums ou des agences créées par l'État** prennent en charge des **actions de promotion** des technologies nationales :

- l'**organisation de congrès thématiques** avec des acteurs académiques et industriels ;
- la **communication** autour de sujets de compétences nationales, comme la création de portails électroniques sur lesquels les scientifiques étrangers peuvent visualiser les compétences régionales d'un pays ;
- la **volonté d'attirer des profils scientifiques et technologiques de haut niveau** (ingénieurs, docteurs) : des manifestations sont organisées à l'étranger dans les universités (notamment au Brésil, en Inde).

4.1.5. Les États-Unis et l'Allemagne proposent des formations spécialisées

En France, l'offre de formation pour les utilisateurs est globalement satisfaisante. Néanmoins, le manque de Techniciens en Recherche Clinique (TRC) et de techniciens capables de manipuler de grandes données d'imagerie (big data) pourrait être comblé en s'inspirant du modèle allemand.

Aux États-Unis et en Allemagne, des formations en imagerie médicale ont été mises en place pour tout niveau : technicien, ingénieur et doctorant. À la différence de la France, l'Allemagne dispense des **formations de techniciens en imagerie médicale** de type bachelor (bac+3 ou bac+4), permettant d'**assister les praticiens sur des manipulations simples**. Par ailleurs, les Universités d'Aix-la-Chapelle, Mannheim et Munich proposent des **formations spécialisées en imagerie médicale adossées à des centres de recherche**. Les formations pour des profils industriels sont développées au sein des écoles d'ingénieur.

4.1.6. Les grands groupes intensifient leur stratégie par l'acquisition

La filière française est fragmentée et se caractérise par une absence de leader. Des alliances et des rapprochements entre PME et ETI seront certainement nécessaires pour atteindre une taille critique et faire émerger des « champions français » de l'imagerie médicale.

Samsung est un des exemples phare de la **stratégie d'innovation par l'acquisition**. En 2010, le groupe a en effet racheté les Sud-Coréens Medison (appareils à ultrasons) et Prosonic (sondes et câbles). En 2011, Samsung rachète les Américains Nexus et Neurologica (CT portables), et se positionne sur le secteur des dispositifs d'imagerie portables. D'ici à 2020, l'entreprise souhaite investir 1 milliard d'euros pour poursuivre ses acquisitions et se positionner comme nouveau leader.

4.2. Les évolutions technologiques de l'imagerie médicale de demain

4.2.1. Les rayons X

✓ Les technologies des rayons X en **émergence** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Nouvelles sources de rayons X - Laser femtoseconde - Cathode froide - ...	- Réduction du coût des statifs - Efficacité énergétique - Diminution des rayonnements ionisants		

Champ : rayons X.
Source : D&Consultants.

✓ Les technologies des rayons X en **développement industriel** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Imagerie biénergie et multiénergie (radiologie numérique) - Logiciels de traitement d'image - Equipement pour l'imagerie bi et multi-énergie	- Meilleure caractérisation des tissus - Diminution des rayonnements ionisants		
Détecteurs (radiologie numérique et scanner X) - Technologie CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) - Détecteur électronique organique grande surface - Module de détection semi-conducteur et comptage de photons	- Meilleure caractérisation des tissus - Diminution des rayonnements ionisants - Poids plus faible de l'image - Réduction des coûts - Imagerie plus ergonomique pour une facilitation de l'accès aux soins		

Champ : rayons X. Source : D&Consultants.

✓ Les technologies des rayons X nouvellement mises **sur le marché** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Développement de l'imagerie 3D - Nouveaux détecteurs plats - Logiciels de reconstruction	- Rapidité de l'intervention		

Champ : rayons X.
 Source : D&Consultants.

4.2.2. Les champs magnétiques

✓ Les technologies des champs magnétiques en **émergence** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Imagerie hétéroatome	- Examens plus spécifiques, sans agents de contraste et avec moins de rayonnements		

Champ : champs magnétiques.
 Source : D&Consultants.

✓ Les technologies des champs magnétiques en **développement industriel** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
IRM à très bas champs et à très haut champs - Antenne radiofréquence et aimants	- Examens adaptés à chaque pathologie (notamment neurologie) - Amélioration de la qualité d'image		
Multimodalité (couplage IRM-TEP ou IRM-Ultrason) - Logiciels de traitement d'images	- Diagnostic fiable et précoce (notamment en neurologie) - Amélioration de la rapidité d'acquisition		

Champ : champs magnétiques.
 Source : D&Consultants.

✓ Les technologies des champs magnétiques nouvellement mises **sur le marché** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Imagerie interventionnelle - Matériel amagnétique pour la radiologie interventionnelle - Rendre compatible à l'IRM les dispositifs liés à l'intervention	- Matériel moins coûteux pour la radiologie interventionnelle - Facilitation de l'intervention des professionnels de santé		

Champ : champs magnétiques.
 Source : D&Consultants.

4.2.3. La médecine nucléaire

✓ Les technologies de médecine nucléaire en **émergence et en développement industriel** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Micro-cyclotron	- Faciliter la diffusion de radiopharmaceutiques (C11)		
Radiopharmaceutiques, traceurs et agents de contraste (médecine personnalisée) - Identification de biomarqueurs	- Amélioration de la spécificité (médecine personnalisée) - Examens plus sûrs et plus fiables - Diminution de l'utilisation de l'uranium (production du molybdène 99 avec de l'uranium faiblement enrichi)		
Multimodalité (PET-CT, IRM-PET) - Caméras hybrides	- Examens complets et plus rapides		
Tomographie par émission de positons (TEM) - Photodiodes à avalanche - Photomultiplicateurs - SiPM	- Imagerie plus ciblée		
Tomographie d'Emission Monophotonique (TEMP) - Nouveaux détecteurs (modules de détection semi-conducteurs (II-VI)) - Logiciels de reconstruction	- Imagerie plus ciblée - Imagerie plus spécifique		

Champ : médecine nucléaire.

Source : D&Consultants.

4.2.4. Les ultrasons

✓ Les technologies des ultrasons nouvellement mises **sur le marché** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Echographes 3D et 4 D - Echo-angiographie - Échographes 3D et 4 D portatifs - Capteurs échographiques	- Amélioration de la rapidité pour le dépistage de pathologies à risque (infarctus, lésions placentaires...)		
Sondes échographiques très haute résolution pour l'ophtalmologie	- Amélioration de la prise en charge des dégénérescences maculaires liées à l'âge (DMLA), glaucome, etc.		

Champ : les ultrasons.

Source : D&Consultants.

✓ Les technologies des ultrasons en **développement industriel** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Echographes et sondes miniaturisés	<ul style="list-style-type: none"> - Dispositifs moins coûteux - Utilisation de la technologie par davantage de professionnels de santé 		
Ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU) - <i>Equipement pour HIFU</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Traitement moins invasif et ciblé 		
Agents de contraste	<ul style="list-style-type: none"> - Meilleure spécificité et délivrance ciblée de médicaments (chimiothérapie, insuline, etc.) et focalisation adaptative 		

Champ : les ultrasons.

Source : D&Consultants.

4.2.5. Les rayonnements lumineux

✓ Les technologies des rayonnements lumineux en **émergence** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Nouvelles technologies pour l'endoscopie <ul style="list-style-type: none"> - <i>Imagerie spectrale</i> - <i>Imagerie haute résolution</i> - <i>Couplage avec la microscopie/ biopsie optique</i> - <i>Smart pill</i> - <i>Techniques implantatoires « wireless »</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Favoriser les interventions chirurgicales mini-invasives ou non invasives 		
Optoacoustique	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration du dépistage précoce (cancer du sein notamment) 		
Optique non linéaire <ul style="list-style-type: none"> - <i>Systèmes FCS (Fluorescence correlation spectroscopy), CARS (Coherent anti-Stokes Raman scattering spectroscopy), FLIM (Fluorescence-lifetime imaging microscopy) compacts et éventuellement couplés à l'optique adaptative</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Introspection en profondeur 		

Champ : les rayonnements lumineux.

Source : D&Consultants.

✓ Les technologies des rayonnements lumineux en **développement industriel** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Solutions multimodales et multiparamétriques - endoscopie / fluorescence - Médecine nucléaire/fluorescence	- Favoriser les interventions chirurgicales mini-invasives (aide au guidage de ponctions) - Diagnostic plus fiable - Suivi en temps réel de l'action d'un médicament		
Sources lumineuses innovantes - laser impulsif - Supercontinuum - Laser femtoseconde	- Imager les tissus en profondeur , avec une meilleure résolution - Pour des instruments de protonthérapie compacts et à un coût réduit		

Champ : les rayonnements lumineux.

Source : D&Consultants.

✓ Les technologies des rayonnements lumineux nouvellement mises **sur le marché** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Technologies vidéo 3D et réalité augmentée	- Formation des chirurgiens en situation plus proche de la réalité - Planification et aide à l'intervention		
Optique adaptative - Optique adaptative couplée à l'OCT plein champs - Endoscope flexible couplé à l'optique adaptative - Solutions logicielles de traitement d'images	- Amélioration de l'imagerie pour la rétine - Optimisation de la Tomographie par Cohérence Optique (OCT)		

Champ : les rayonnements lumineux.

Source : D&Consultants.

4.2.6. L'imagerie biologique

✓ Les technologies de l'imagerie biologique en **émergence** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Optogénétique - Photomanipulation et photochirurgie - Développement de nouveaux équipements couplant imageries photonique et non linéaire	- Imagerie des tissus en profondeur (notamment pour la neurologie et l'oncologie)		
Imagerie sans lentille avec capteur - Capteur CMOS (Complementary Metal Oxyde Semi-conductor)	- Imagerie multirésolution		

Champ : l'imagerie biologique.

Source : D&Consultants.

✓ Les technologies de l'imagerie biologique en **développement industriel** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Imagerie de fluorescence - Nouvelles sondes fluorescentes - Nouvelles sondes multimodales (rayons X et nanomatériaux fluorescents) - Miniaturisation des équipements optiques	- Exploration in-vivo des tissus - Biomarqueurs d'imagerie et traceurs spécifiques pour le diagnostic précoce de pathologie		
Imagerie corrélative - Couplage des microscopies électronique et à très haute résolution	- Développement d'une approche multimode et multi-échelle		

Champ : l'imagerie biologique.

Source : D&Consultants.

✓ Les technologies de l'imagerie biologique nouvellement mises **sur le marché** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Solutions multimodales et multiparamétriques - Développement de solutions logicielles de traitement d'images (fusion, recalage) pour la microscopie corrélative et la multimodalité (notamment le couplage de l'imagerie photonique et l'imagerie non linéaire)	- Assistance à l'interprétation : imagerie quantitative pour une analyse cellulaire automatisée, moins opérateur-dépendant, plus spécifique et plus sensible		
Imagerie HCS (High Content Screening) - Solutions de traitements automatisés et de stockage d'images	- Répondre à l'augmentation des quantités de données à archiver suite à l'utilisation de l'imagerie à haut débit et haut contenu		

Champ : l'imagerie biologique.

Source : D&Consultants.

4.2.7. L'informatique médicale

✓ Les technologies de l'informatique médicale en **émergence** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Data mining - Solutions de traitements automatisés et de stockage - Sécurisation et interopérabilité des bases de données - Accès à distance des informations contenues par différentes bases de données	- Développer l'imagerie à haut débit et haut contenu		
Solutions d'analyse automatisée - Fusion de données (combinaison des informations des données génomiques, protéomiques, imageries...) issues d'un même patient	- Aide à la décision clinique (ex : cancer et chimiothérapie)		

Champ : l'informatique médicale.

Source : D&Consultants.

✓ Les technologies de l'informatique médicale en **développement industriel** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Traitement d'images - Logiciels de traitement d'images dédiés à l'intervention - Geste médico-chirurgical assisté par ordinateur (GMCAO) - Nouveaux détecteurs - Infrastructures PACS	- Aide à la formation - Aide à l'intervention (diagnostic, chirurgie, traitement) - Aide au geste chirurgical - Réaliser des calculs compliqués (segmentation, analyse pour le diagnostic) pour les images de très grande taille		
Stockage d'images - Solutions logicielles pour la compression sans perte d'information utile - Solutions pour le cryptage des données du patient - Infrastructures PACS	- Gestion des données de plus en plus importantes - Sécurisation des données		

Champ : l'informatique médicale.

Source : D&Consultants.

✓ Les technologies de l'informatique médicale nouvellement mises **sur le marché** :

Technologie du futur	Apport de la technologie pour le futur	Présence d'acteurs académiques en France	Présence d'acteurs industriels en France
Cloud computing - Solutions de cloud computing pour le transfert et l'analyse automatisée d'images intra/inter-sites	- Favoriser le transfert d'images intra et intersites - Permettre la prise en charge des patients par téléexpertise et téléexportation - Améliorer la prise en charge des Accidents vasculaires cérébraux (AVC), etc.		
Réseaux - Adapter les réseaux aux besoins en bandes passantes pour la téléimagerie, y compris en mobilité	- Transférer des images rapidement, de manière sécurisée et sans perte d'information utile		
Interopérabilité des systèmes Intéropérabilité des machines et logiciels	- Indépendance des marques		

Champ : l'informatique médicale.

Source : D&Consultants.

4.3. Les leviers de développement du tissu industriel

Les acteurs de la filière santé ont été unanimes pour faire de la croissance des PME du dispositif médical une priorité, et plusieurs mesures du « contrat de la filière industries et technologies de santé » vont dans ce sens. On peut citer la **simplification du parcours administratif et le raccourcissement des délais pour la mise à disposition des innovations aux patients**. En effet, l'accès au marché peut actuellement prendre plusieurs années, rendant la situation difficile pour des PME. Par ailleurs, celles-ci ont besoin d'une base nationale solide pour aller à la conquête de l'international. C'est pourquoi, **la mobilisation des achats publics en faveur de l'innovation en santé** fait aussi l'objet de plusieurs mesures dans le contrat. Il est donc indispensable de veiller à ce que ces mesures, notamment celle sur les achats publics, bénéficient aux PME de la filière **de l'imagerie médicale**.

Le **développement industriel des technologies de l'imagerie médicale** sera le fruit de partenariats d'excellence privé et public et des institutions cliniques. L'enjeu est donc aujourd'hui de faire **du transfert technologique** une force et de la **croissance des PME** de l'imagerie médicale une priorité, en répondant à leurs besoins. C'est le cas notamment dans le **financement lors des phases de développement précommercial** des offres d'imagerie, dans **l'accès au marché national et international**.

4.3.1. Renforcer l'innovation et la recherche partenariale

La **dispersion des moyens entre les PME françaises ainsi que la difficulté de nouer des partenariats forts avec des grands industriels et les acteurs académiques sont préjudiciables à la constitution de « champions » français**. Il n'est pas rare que la recherche et développement française en imagerie médicale soit valorisée hors du territoire.

Cependant, le succès de plusieurs PME et ETI françaises de l'imagerie médicale a reposé sur une **rencontre et une collaboration réussie entre les excellences médicales, technologiques et industrielles** du territoire. Une étude menée par la DGCIS et l'INSEE⁵⁶ a montré que **les pôles de compétitivité et le soutien apporté aux projets de R&D collaboratifs** du Fonds Unique Interministériel (FUI) ont permis d'accroître le chiffre d'affaires des PME et ETI qui y participent de 2 %, soit en moyenne un million d'euros par an et par entreprise. Elle a montré aussi que les entreprises des pôles de compétitivité participant à un projet soutenu dans le cadre du FUI ont accru leurs dépenses de R&D de 100 000 euros supplémentaires par an en moyenne, comparativement à des entreprises similaires restées en dehors de ce dispositif.

La **filière de l'imagerie médicale** a donc tout intérêt à poursuivre ce **rapprochement public-privé**. Dans ce but, la France s'est dotée ces dernières années de nombreux **outils pour renforcer les partenariats de recherche**, que ce soit à travers des projets collaboratifs de R&D ou du transfert de technologie des laboratoires académiques vers des applications industrielles ou sociales. Récemment, le Programme des Investissements d'Avenir (PIA) a permis la création des **Sociétés d'Accélération de Transfert Technologique (SATT⁵⁷)**, des **Instituts Hospitalo-Universitaires (IHU)**, des **Instituts de**

⁵⁶ Le 4 Pages de la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services, mars 2013.

⁵⁷ Dotée de 900 millions d'euros, cette action du Programme d'Investissements d'Avenir permet de fédérer l'ensemble des équipes de valorisation de sites universitaires sur un territoire donné et d'améliorer toujours plus le transfert de technologies issues de laboratoires vers des applications industrielles ou sociales.

Recherche Technologiques (IRT), et le renforcement des Instituts Carnot, notamment. Par ailleurs, la politique des **pôles de compétitivité** a été reconduite en 2013 pour 6 ans, et l'ANR vient de lancer son appel à projets Labcom visant à créer des **laboratoires communs**⁵⁸.

Un **autre rapprochement à encourager** dans le domaine de l'imagerie médicale est celui du monde de la **technologie et de celui de la santé**. Une des voies pour y parvenir est de faciliter l'**accès des industriels aux banques de données de ressources biologiques humaines et de cohortes de patients**. Cette phase, **nécessaire pour le développement des technologies de l'imagerie**, et en particulier des agents de contraste et des radiopharmaceutiques, a déjà débuté dans l'appel à projets « Infrastructures nationales en biologie et santé » du PIA. Par exemple, l'infrastructure Biobanques donne un accès facilité à 72 biobanques et collections microbiennes nationales pour des programmes de recherche sur le développement de biomarqueurs prédictifs de l'efficacité ou de la tolérance des médicaments.

La bonne **collaboration** avec de telles **structures existantes est déterminante pour que les industriels continuent à investir sur des technologies innovantes**.

4.3.2. Renforcer le capital des entreprises et soutenir l'investissement dans le développement précommercial

La **faible taille** et la **sous-capitalisation des PME françaises du secteur de l'imagerie** sont deux facteurs qui ralentissent le développement des innovations, limitent les investissements productifs et commerciaux.

Plusieurs fonds ont été mis en place récemment pour venir renforcer le capital des PME. On peut citer le **Fonds Stratégique d'Investissement (FSI)** mis en place en 2008 et intégré depuis à Bpifrance, Innobio ou le **Fonds National d'Amorçage**. Ce dernier est un FCPR⁵⁹ doté de 600 millions d'euros et créé en juin 2011 dans le cadre du programme des investissements d'avenir. Il est destiné à participer au financement des fonds d'investissement intervenant à l'amorçage et est géré par la Caisse des Dépôts et Consignations.

À titre d'exemple, SuperSonic Imagine a déjà bénéficié d'apports au capital d'Innobio en 2010 pour 4,8 millions d'euros, et du FSI en 2013 pour 14 millions d'euros afin d'accélérer son déploiement commercial à l'international et ses efforts de recherche et développement.

L'action des pôles de compétitivité pour les prochaines années sera également un élément clé pour aider les entreprises à investir. Le gouvernement, par l'intermédiaire des investissements d'avenir, a en effet décidé de mettre en place à partir d'octobre 2013 une enveloppe de 100 millions d'euros **de prêts bonifiés (PIPC) à l'intention des PME ou ETI** pour faciliter le financement de l'industrialisation et de la commercialisation des résultats de la R&D collaborative.

Le renforcement du capital des entreprises de l'imagerie médicale sera déterminant pour que celles-ci maintiennent leurs efforts de R&D, restent compétitives et se déploient à l'international.

⁵⁸ L'objet de ce nouveau programme est d'inciter les acteurs de la recherche publique à créer de nouveaux partenariats structurés à travers la création de "Laboratoires Communs" entre une PME ou une ETI et un laboratoire d'organisme de recherche de droit public.

⁵⁹ FCPR : fonds commun de placement à risque.

4.3.3. Soutenir l'investissement dans la mise sur le marché et la prise en charge par l'assurance maladie des solutions de l'imagerie médicale

Pour accéder au marché et obtenir une prise en charge par la collectivité de leurs produits, les entreprises doivent réaliser des **essais cliniques** démontrant l'efficacité clinique des nouvelles solutions innovantes, puis plus récemment et sous certaines conditions, **des études médico-économiques** démontrant l'efficacité économique de l'utilisation de la technologie pour le système de santé.

Les contraintes de coûts et de délais sont donc importantes pour les entreprises, mais il existe des initiatives publiques pour les accompagner dans ces démarches. Les industriels peuvent bénéficier actuellement du soutien indirect de la DGOS⁶⁰ pour le développement de leurs études clinique *via* le **Programme Hospitalier de Recherche Clinique (PHRC)**, et pour la réalisation d'une étude médico-économique *via* le **Programme de Soutien aux Technologies Innovantes et Coûteuses (PSTIC)**.

La poursuite de ce type de programmes, associée à une meilleure structuration et professionnalisation de la recherche clinique, ainsi que l'accès aux bases de données médico-administratives (tels que le SNIIRAM, la CNAMTS, etc.) sont des éléments déterminants pour améliorer l'attractivité de la France et encourager les industriels à **investir sur des technologies de l'imagerie médicale du futur**⁶¹. Des propositions allant dans ce sens ont été faites dans le **contrat de filière des industries et technologies de santé** (mesures 6 et 28⁶²), et doivent maintenant entrer dans une phase opérationnelle.

Un autre point important est la prise en charge de **nouvelles technologies ou de nouvelles alternatives thérapeutiques ou de diagnostics** pour lesquels il n'existe pas suffisamment de preuves cliniques. Actuellement, cette prise en charge peut être soit accordée temporairement par le « **forfait innovation**⁶³ », soit conditionnée à la **création d'un acte**, à savoir son inscription dans une nomenclature et sa tarification. Ces **deux procédures sont longues et jugées complexes**. Elles concernent plus particulièrement la médecine nucléaire, l'imagerie de fluorescence, la radiologie interventionnelle et les ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU).

L'enjeu pour les industriels est donc une optimisation des procédures de prise en charge temporaires par l'assurance maladie. Deux mesures du **contrat de filière industries et technologies de santé** vont faire l'objet d'une mise en service opérationnelle sur ces sujets (mesures 15 et 18⁶⁴). Il est indispensable de veiller à ce que ces **mesures bénéficient aux entreprises innovantes de la filière de l'imagerie médicale**. La Société Française de Médecine Nucléaire (SFMN) préconise, dans son livre blanc, la délivrance d'une APUCEC « Autorisation Provisoire d'Utilisation et de Commercialisation pour Essais Cliniques »⁶⁵.

⁶⁰ Circulaire N°DGOS/PF4/2013/105 du 18 mars 2013.

⁶¹ Enquête D&Consultants, 2013.

⁶² Mesure 6 : structuration et professionnalisation de la recherche clinique – Mesure 28 : promouvoir une démarche active visant à faciliter l'accès aux données de santé à des fins de santé publique, de recherche et de développement industriel - <http://www.gouvernement.fr/premier-ministre/les-industries-de-sante-un-atout-pour-le-rayonnement-economique-de-la-france>.

⁶³ Le forfait innovation consiste en une prise en charge dérogatoire et temporaire d'une technique innovante car conditionnée à la réalisation d'une étude visant à fournir des données manquantes. Le forfait innovation combine donc une approche de validation de la technique à une approche de diffusion très contrôlée (centres, patients, temporalité).

⁶⁴ Mesure 15 : simplifier et accélérer la création d'un acte associé à un dispositif médical innovant - Mesure 18 : renforcer la prise en charge de l'innovation par l'optimisation d'un mécanisme effectif de prise en charge conditionnelle et par l'appui local aux Petites et Moyennes Entreprises - <http://www.gouvernement.fr/premier-ministre/les-industries-de-sante-un-atout-pour-le-rayonnement-economique-de-la-france>.

⁶⁵ Livre blanc de la médecine nucléaire, SFMN, 2012. L'APUCEC (autorisation de production et de commercialisation) vise à inclure tous les patients explorés dans un essai clinique "grandeur nature" dont le promoteur pourrait être une société savante et le financement assuré par la CNAM. Si les résultats de l'essai clinique sont jugés probants et suffisants par les autorités, l'AMM (autorisation de mise sur le marché) pourrait être accordée.

4.3.4. Faire évoluer le modèle économique des technologies de l'imagerie

Une baisse tendancielle **des budgets des établissements de santé** dédiés aux équipements, et aux agents de contrastes et radiopharmaceutiques, est constatée ces dernières années. De plus, la prépondérance du **critère de prix** dans les appels d'offres publics n'est pas toujours en faveur des entreprises innovantes.

Face à ce constat, les industriels seront amenés à repenser leur modèle économique, en s'orientant par exemple vers la location ou le leasing plutôt que la vente des équipements. Cette évolution du modèle économique est d'autant plus importante pour les traceurs –agents de contraste et radiopharmaceutiques - que **leurs prix sont intégrés dans un forfait global de remboursement par l'assurance maladie**, sans séparation de l'acte en forfait technique, coût du produit et acte intellectuel. Même si les industriels souhaiteraient notamment une **revalorisation de la prise en charge par la collectivité des traceurs intégrant les augmentations des coûts de production**, cette demande ne pourra sans doute pas aboutir à court terme.

Les industriels devront donc **investir la recherche de solutions de production moins coûteuses et proposer de nouveaux modèles économiques** dans la mise à disposition des solutions d'imagerie innovantes.

4.3.5. Améliorer l'accès des industriels français au marché national

Alors que les **hôpitaux sont les premiers vecteurs de diffusion des innovations médicales**, leurs procédures d'achat sont complexes, car régies à la fois par le **Code des Marchés Publics et l'ordonnance du 6 juin 2005**, et soumises à une **contrainte financière forte**. Pour autant, le **marché hospitalier** ne doit pas être un handicap mais peut être **une source de croissance et d'emplois** pour les entreprises innovantes du secteur de l'imagerie médicale. Par ailleurs, celles-ci ont besoin d'une base nationale solide pour aller à la conquête de l'international.

Dans ce contexte, **faciliter l'achat de solutions d'imagerie innovantes par les hôpitaux**, tout en garantissant un niveau de sécurité et de performance économique élevé, est **un enjeu pour les industriels** souhaitant innover. Une telle évolution s'inscrit déjà dans le Pacte National pour la Croissance et la Compétitivité annoncé en novembre 2012 par le gouvernement (mesure n°32⁶⁶) et des propositions opérationnelles vont être faites en ce sens dans le cadre de la mise en oeuvre de la mesure 34 du **contrat de la filière Industries et Technologies de Santé**⁶⁷. Il est donc indispensable de veiller à ce que cette mesure bénéficie aux PME de la filière **de l'imagerie médicale**.

4.3.6. Accompagner les industriels français sur les marchés internationaux

La filière de l'imagerie médicale se caractérise par une **dynamique à l'export** qui **participe globalement à son développement**. Dans un contexte d'augmentation des dépenses de santé dans les pays émergents, en corrélation avec le vieillissement de leur population, l'enjeu sera de **renforcer encore plus cette présence à l'international**.

⁶⁶ L'action 32 du Pacte National pour la Croissance et la Compétitivité : « Mobiliser l'achat public » (60 Mds € par an pour l'État et ses opérateurs, 20 Mds € pour les collectivités territoriales) pour accompagner le développement des PME de croissance innovantes.

⁶⁷ Mesure 34 : Encourager la mise en place de politiques d'achat favorables à l'innovation et promouvoir la croissance, la compétitivité et l'emploi par les achats hospitaliers - <http://www.gouvernement.fr/premier-ministre/les-industries-de-sante-un-atout-pour-le-rayonnement-economique-de-la-france>.

En 2013, le Ministère du Commerce extérieur a lancé le **programme « Mieux se soigner »**. Cette initiative vise à fédérer plus largement les acteurs du secteur de la santé afin qu'ils parviennent à s'implanter durablement sur le marché mondial. Par ailleurs, les mesures 42 et 44 du **contrat de la filière Industries et Technologies de Santé** constituent des initiatives supplémentaires en faveur de l'export⁶⁸. **La filière de l'imagerie médicale doit pouvoir bénéficier pleinement de ces accompagnements.**

Aux côtés des acteurs publics de l'export comme Ubifrance, les **pôles de compétitivité ont également un rôle à jouer dans l'accompagnement de leurs entreprises adhérentes à l'international**. Ils peuvent le faire grâce aux partenariats technologiques établis avec des clusters étrangers, en aidant à l'identification à la fois de l'offre française et des marchés pertinents à l'international, mais également en accompagnant les PME à des congrès internationaux comme le salon mondial de l'imagerie médicale de la RSNA (Radiological Society of North America).

Réciproquement, **les entreprises françaises devront se structurer et réunir leurs forces autour de projets porteurs pour rendre leurs offres plus visibles à l'export** (mutualisation des outils de communication, mise en réseau, etc.).

4.3.7. Structuration de la filière

Les caractéristiques du tissu industriel français, composé **majoritairement de PME**, et **l'absence de grand leader industriel français** excepté pour les agents de contraste, laissent à penser que les acteurs français pourront difficilement se positionner seuls sur l'ensemble des solutions d'imagerie médicale. En revanche, ils pourront soutenir une partie de ces solutions en se positionnant sur des **innovations technologiques de rupture ou d'incrémentation**. **Des alliances et des rapprochements entre PME** seront certainement nécessaires **pour atteindre une taille critique et faire émerger des « champions français » de l'imagerie médicale**.

Face à la **stratégie par l'acquisition offensive des leaders mondiaux, des actions structurantes matérielles ou immatérielles pour la filière française devront émerger et peuvent déjà bénéficier de soutiens publics** à travers l'appel à projets Filières lancé dans le cadre du PIA⁶⁹.

Ces alliances industrielles pourraient être envisagées pour la mise sur le marché **d'offres intégrées compétitives** associant plusieurs produits, pour une **mutualisation des outils de production** et de distribution. Ces alliances peuvent être **organisées autour de démonstrateurs industriels** (optimisation des process de production, maîtrise des coûts de production, etc.) visant à **valider l'intérêt industriel** des solutions innovantes précommerciales. Les projets de démonstrateur pourraient cibler les traceurs d'imagerie, les systèmes d'imagerie « légers » à fort potentiel d'avenir, en particulier l'imagerie optique ou par ultrasons, les composants et sous-systèmes, et les traitements d'images et logiciels.

⁶⁸ Mesure 42 : Développer la présence française dans l'élaboration des normes – Mesure 43 : Identifier et promouvoir l'offre française à l'international - <http://www.gouvernement.fr/premier-ministre/les-industries-de-sante-un-atout-pour-le-rayonnement-economique-de-la-france>.

⁶⁹ Dans le cadre des mesures prises par le gouvernement, suite aux États généraux de l'industrie et dans le cadre du Programme des investissements d'avenir, Bpifrance et le ministère chargé de l'Industrie lancent un appel à projets destiné à renforcer la compétitivité et l'efficacité des filières industrielles stratégiques françaises.

4.4. Synthèse des leviers identifiés

Tableau 3 : Synthèse des leviers pour le développement de l'imagerie médicale du futur

Les leviers dans l'organisation des soins	
<ul style="list-style-type: none"> -développer et moderniser les systèmes d'information hospitaliers (SIH) -déployer les PACS sur tout le territoire et les rendre interopérables -standardiser les procédures d'acquisition des solutions d'imagerie innovantes -favoriser la télémédecine en imagerie médicale (téléimagerie) par une révision de la codification des actes d'imagerie médicale et la formation des professionnels de santé à son utilisation -optimiser l'accessibilité de l'imagerie aux patients et à la recherche 	
Les leviers technologiques	
Accélérer le transfert technologique	<ul style="list-style-type: none"> -des nouvelles sources de rayons X (laser femtoseconde) et lumineuses (laser impulsionnel, supercontinuum, etc.) -des technologies de l'imagerie en champs magnétiques -des technologies pour l'endoscopie, l'optoacoustique et l'optique non linéaire -des technologies de l'optogénétique, d'imagerie sans lentille avec capteur et d'imagerie corrélative -des solutions d'analyse automatisée d'images -des solutions de stockage d'images et interopérabilité -des traceurs (agents de contraste et radiopharmaceutiques) et des process industriels de production
Favoriser l'innovation incrémentale	<ul style="list-style-type: none"> -des technologies de l'imagerie bi et multiénergie des rayons X -des technologies IRM à très bas champs et à très hauts champs -des multimodalités : couplage IRM-TEP, couplage IRM-Ultrason, couplage PET-CT et couplage IRM-MEG -de la Tomographie d'Emission Monophotonique (TEMP) -de l'échographie 3D et 4D -des solutions de stockage des images -des traceurs (agents de contraste et radiopharmaceutiques) et des processus industriels de production

Les leviers industriels	
Renforcer la recherche partenariale technologique	<ul style="list-style-type: none"> -renforcer la collaboration entre les structures de recherche technologiques et les structures de recherche en santé (SATT, IHU, IRT, pôles de compétitivité, biobanques, etc.) -porter un projet de laboratoire commun privé-public dans le cadre de l'AAP Labcom multitechnologique (télécommunications, électronique, optique, robotique, etc.) -faciliter et encadrer l'accès des industriels aux banques de données de ressources biologiques humaines (biobanque)
Accélérer le développement pré-commercial	<ul style="list-style-type: none"> -porter un projet d'envergure dans le cadre du prêt à l'industrialisation des projets de recherche et développement issus des pôles de compétitivité (PIPC) -porter un projet de démonstrateur visant à valider l'intérêt industriel des solutions innovantes pré-commerciales
Accélérer la mise sur le marché	<ul style="list-style-type: none"> -maintenir le soutien financier pour la réalisation d'études cliniques et médico-économiques des solutions innovantes (PSTIC, PHRC, etc.) -soutenir conjointement les acteurs académiques et les industriels dans la réalisation d'essais cliniques sur de larges cohortes et orientés sur le diagnostic -accélérer les procédures de création du « forfait innovation » et d'un acte associé à l'utilisation de modalités innovantes, notamment dans le cas des ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU), de l'imagerie de fluorescence, de la radiologie interventionnelle, de la télépathologie ou de la médecine nucléaire -faciliter et encadrer l'accès aux bases de données médico-administratives notamment pour les industriels (SNIIRAM, CNAMTS, etc.) -proposer de nouveaux modèles économiques dans la mise à disposition de solutions d'imagerie (équipements et des traceurs)
Accompagner les industriels français sur le marché national et international	<ul style="list-style-type: none"> -rendre plus visible l'offre des industriels -mobiliser l'achat public hospitalier de solutions d'imagerie innovantes portées par les PME -porter un projet d'envergure à l'export
Structurer la filière	<ul style="list-style-type: none"> -renforcer les alliances et les rapprochements entre PME -porter un projet d'envergure d'actions structurantes (mutualisation des outils de production, de distribution, etc.)

5. PISTES D'ACTION POUR ACCOMPAGNER LE DÉVELOPPEMENT DE L'IMAGERIE MÉDICALE DU FUTUR EN FRANCE

L'imagerie médicale a le potentiel pour se hisser au meilleur niveau de la compétition mondiale et a vocation à être partie intégrante du plan de reconquête industrielle « dispositifs médicaux et nouveaux équipements de santé » lancé en septembre par le gouvernement. Même si ce secteur se caractérise par l'absence d'équipementiers français à dimension mondiale, la France a une carte à jouer grâce à la qualité de sa recherche, de sa pratique médicale, ainsi que de son dynamisme en matière d'innovation dans ce domaine.

Piste 1 : Accompagner l'accès au marché

Les acteurs de la filière santé ont été unanimes pour faire de la croissance des PME du dispositif médical une priorité, et plusieurs mesures du « contrat de la filière Industries et Technologies de Santé » vont dans ce sens. On peut citer la **simplification du parcours administratif et le raccourcissement des délais pour la mise à disposition des innovations aux patients**. En effet, l'accès au marché peut actuellement prendre plusieurs années, rendant la situation difficile pour des PME. Par ailleurs, celles-ci ont besoin d'une base nationale solide pour aller à la conquête de l'international. C'est pourquoi, la **mobilisation des achats publics en faveur de l'innovation en santé** fait aussi l'objet de plusieurs mesures dans le contrat.

Il est donc indispensable de veiller à ce que les mesures du « contrat de la filière Industries et Technologies de Santé », notamment celles sur les achats publics, bénéficient aux PME de la filière de l'imagerie médicale.

Piste 2 : Encourager une collaboration étroite entre les acteurs public et privé de l'innovation

La France s'est dotée des outils nécessaires au renforcement des collaborations public/privé (IHU, IRT, SATT⁷⁰, pôles de compétitivité, Instituts Carnot, appel à projets Labcom⁷¹, Biobanques, CHU, etc.) et dispose d'une réelle expertise en recherche technologique et clinique, notamment dans les CHU, ainsi que d'un savoir-faire industriel à haute valeur ajoutée.

Le succès des PME et ETI françaises de l'imagerie médicale a reposé sur une **rencontre réussie entre les excellences médicales, technologiques et industrielles** du territoire. L'inscription de ces démarches collaboratives dans le temps devrait donc permettre l'émergence de nouvelles technologies et de sociétés issues de ces technologies.

Une **collaboration étroite entre les structures de recherche en santé et technologiques sera déterminante** pour que les industriels intensifient leurs investissements et que des **projets innovants de grande ampleur** émergent.

⁷⁰ Dotée de 900 millions d'euros, cette action du Programme d'Investissements d'Avenir permet de fédérer l'ensemble des équipes de valorisation de sites universitaires sur un territoire donné et d'améliorer toujours plus le transfert de technologies issues de laboratoires vers des applications industrielles ou sociales.

⁷¹ L'objet de ce nouveau programme est d'inciter les acteurs de la recherche publique à créer de nouveaux partenariats structurés à travers la création de "Laboratoires Communs" entre une PME ou une ETI et un laboratoire d'organisme de recherche de droit public.

Il est donc indispensable de coordonner la collaboration entre les structures existantes, tels que les IHU, IRT, SATT, pôles de compétitivité, Instituts Carnot, appel à projets Labcom, Biobanques, CHU etc.

Piste 3 : Encourager la structuration de la filière à l'export

La filière de l'imagerie médicale se caractérise par une **dynamique à l'export** qui **participe globalement à son développement**. L'enjeu aujourd'hui est de **renforcer la filière française de l'imagerie médicale à l'international** afin que les PME et ETI françaises parviennent à s'implanter durablement sur le marché mondial. Cette tendance s'inscrit déjà dans le **programme « Mieux se soigner »** lancé en 2013 par le Ministère du commerce extérieur, et le **« contrat de la filière Industries et Technologies de Santé »**.

Aux côtés des acteurs publics de l'export (Ubifrance), les pôles ont également un rôle à jouer dans l'accompagnement des entreprises à l'international.

Il est indispensable que les entreprises françaises se fédèrent et se structurent (mutualisation des outils, mise en réseau, etc.) pour aller à la conquête des marchés internationaux, avec le soutien des pouvoirs publics.

Piste 4 : Fédérer les acteurs autour d'un projet de démonstrateur industriel

Pour développer et construire un tissu industriel pérenne, **des alliances et des rapprochements entre PME** seront certainement **nécessaires pour atteindre une taille critique et faire émerger des « champions français » de l'imagerie médicale**.

Ce mouvement de rapprochement reste aujourd'hui à être enclenché, notamment en termes de développement **d'offres intégrées** associant plusieurs produits, de **mutualisation d'outils de production**, ou encore **de démonstrateur** pour le développement de solutions innovantes **pré-commerciales**, dans les secteurs notamment des traceurs d'imagerie, des systèmes d'imagerie « légers » à fort potentiel d'avenir, en particulier l'imagerie optique ou par ultrasons, des composants et sous-systèmes.

Il est indispensable que les entreprises françaises se fédèrent pour faire émerger des projets de démonstrateurs industriels visant à valider l'intérêt industriel de solutions innovantes pré-commerciales.

6. ANNEXE 1 : NOTE MÉTHODOLOGIQUE

Des moyens importants déployés pour la réalisation de l'étude

L'étude repose sur la réalisation de plus de cent entretiens qualitatifs approfondis auprès d'acteurs industriels, académiques et institutionnels.

Un Comité de pilotage (CoPil) représentatif a été formé. Il regroupe, outre les représentants de la DGCIS et les ministères intéressés, des acteurs industriels et académiques (des phases précliniques jusqu'au traitement thérapeutique), des représentants des autorités de réglementation et des représentants de Bpifrance. Ce CoPil a été réuni quatre fois au cours de l'étude et a validé les documents intermédiaires et finaux de l'étude. Deux réunions d'experts, à cercle plus réduit, ont également été organisées.

Par ailleurs, les travaux réalisés par le CGEJET : « Valorisation de la Recherche en STIC pour la santé et l'autonomie » et l'étude prospective de l'Institut Mines Télécom « Prospective TIC et Santé » - travail collectif animé par l'Institut Telecom - ont été exploités pour proposer un cadre intégrateur transverse des résultats, valorisant notamment la dimension de l'évolution des usages de l'imagerie médicale⁷².

Une méthodologie visant à élaborer des propositions d'actions permettant de favoriser le développement de l'imagerie médicale du futur en France

Les pratiques de soins et les usages des professionnels de santé évolueront dans le futur. L'étude ne pouvait pas s'affranchir de cette évolution, qui orientera largement les technologies amenées à être développées. Des réunions d'experts ainsi qu'une analyse documentaire nous ont permis d'identifier les variables prospectives qui orienteront les pratiques de demain et qui font écho aux grands enjeux de la filière de l'imagerie médicale du futur.

La France sera-t-elle capable de répondre à ces enjeux ?

Pour répondre à cette question, un état des lieux et un diagnostic de la filière de l'imagerie médicale tant du point de vue de la recherche, de l'industrie que des formations ont été réalisés. L'analyse a été menée de manière transversale puis par modalité d'imagerie afin d'identifier, par modalité, les technologies de l'imagerie médicale du futur qui feront écho aux enjeux de demain.

Quelles actions susceptibles d'être mises en œuvre par les pouvoirs publics pourraient soutenir le développement de la filière de l'imagerie médicale ?

Les propositions d'actions formulées tiennent compte de la dimension santé, industrielle et de recherche pour y répondre.

⁷² Étude prospective de l'Institut Mines-Télécom : Prospective TIC et Santé, travail collectif animé par l'Institut Telecom - Gille, Houy, décembre 2009 et Rapport CGEJET : Valorisation de la Recherche en STIC pour la santé et l'autonomie, Picard, Duchêne, Vigouroux, mai 2010.

7. ANNEXE 2 : LES PRINCIPALES TECHNOLOGIES D'ACQUISITION D'IMAGERIE SUR LE MARCHÉ

1- Les technologies des rayons X

La radiographie conventionnelle et numérique : il s'agit d'une technologie d'imagerie de transmission par rayons X qui permet d'obtenir une image dont le contraste dépend à la fois de l'épaisseur et du coefficient d'atténuation des structures traversées.

La radioscopie / fluoroscopie : il s'agit d'une technologie d'imagerie par rayons X consistant à acquérir en instantané des images dynamiques de l'intérieur des structures.

L'absorptiomètre biphotonique à rayons X : il s'agit d'une méthode d'imagerie médicale basée sur la comparaison de l'atténuation de rayons X de deux énergies différentes. Cette méthode est notamment utilisée en ostéodensitométrie qui est un examen médical permettant de mesurer la densité de l'os.

Le CT-scanner / Tomodensitométrie / Scanographie : il s'agit d'une technique d'imagerie médicale qui consiste à mesurer l'absorption des rayons X par les tissus puis, par traitement informatique, à numériser et enfin reconstruire des images 2D ou 3D des structures anatomiques.

Le Cone Beam scanner : il s'agit d'une technique d'imagerie volumique 3D basée sur l'utilisation d'un faisceau radiographique conique, permettant d'obtenir des coupes plus fines et des doses plus faibles que le scanner.

Le scanner micro-CT / microtomographie par rayons X : il s'agit d'une technique de tomographie non-destructrice utilisée pour retranscrire une image en 3D d'un échantillon. Il s'agit d'une version miniaturisée des CT-scanners, utilisée principalement en phase préclinique.

2- Les technologies des champs magnétiques

L'IRM (1.5T, 3T, 4.7T, et aimants recherche $\geq 7T$) : il s'agit d'une technique d'imagerie basée sur l'utilisation des champs magnétiques. Elle permet de faire des images en coupes et de reconstruire en 3D la structure analysée. La technique consiste à faire vibrer les noyaux d'hydrogène qui composent les tissus de l'organisme. Ces noyaux renferment en effet des protons qui vont agir comme des aimants. En vibrant, ils émettent des signaux qui vont être captés par une antenne puis être transformés en images.

L'IRM fonctionnelle : technique d'imagerie par résonance magnétique nucléaire permettant de cartographier, notamment, les activités fonctionnelles du cerveau.

3- Les technologies de la médecine nucléaire

Les traceurs / radiopharmaceutiques : les produits radiopharmaceutiques sont des médicaments contenant des radionucléides, dont le rayonnement est utilisé à des fins diagnostiques, pronostiques ou thérapeutiques.

La tomographie par émission de positons (TEP) ou TEP-scan / TEP-CT :

- La TEP est une technique d'imagerie fonctionnelle. Elle permet de mesurer en 3D l'activité métabolique d'une cellule ou d'un organe, grâce aux émissions produites par les positons issus de la désintégration d'un produit radioactif injecté au préalable.
- Désormais le standard de référence est le TEP-CT : les constructeurs ne commercialisent que des équipements multimodaux croisant TEP et scanner.

La tomographie d'Émission Monophotonique (TEMP) / Tomoscintigraphie par Emission Monophotonique / TEMP-CT :

- Il s'agit d'une technique d'imagerie médicale nucléaire tomographique basée sur la scintigraphie, c'est-à-dire sur l'absorption par l'organisme d'isotopes radioactifs qui vont émettre des rayonnements. Cette méthode permet de réaliser des images et des reconstructions en 3D des organes et de leur métabolisme au moyen d'un ensemble de gamma caméras qui tournent autour du patient.
- Désormais le standard de référence est le TEMP-CT : les constructeurs ne commercialisent que des équipements multimodaux croisant TEMP et scanner.

Les TEP-IRM : il s'agit d'une méthode multimodale permettant de réaliser l'acquisition simultanée de données par résonance magnétique (IRM) et par tomographie par émission de positons (TEP), à l'aide d'un seul et même système.

4- Les technologies des ultrasons

L'échographie : l'échographie repose sur l'utilisation des ultrasons. Ceux-ci sont émis par une sonde, traversent les tissus puis sont renvoyés vers la sonde sous la forme d'un écho. Ce signal, une fois recueilli, va être analysé par un système informatique qui retransmet en direct une image sur un écran vidéo.

L'élastographie : il s'agit d'une méthode d'imagerie dont le but est de produire une cartographie relative à l'élasticité des tissus examinés, *via* l'émission d'ultrasons.

Le doppler : l'échographie doppler est un examen médical échographique non invasif qui permet d'explorer les flux sanguins intracardiaques et intravasculaires. Il existe aujourd'hui des écho-doppler 2D, 3D et 4D.

Les ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU) : il s'agit d'une technique basée sur l'utilisation d'ultrasons, permettant de faire l'ablation thermique d'un tissu biologique pathologique ou non chez les êtres vivants.

L'écho-endoscope : l'écho-endoscope emploie une source d'ultrasons au bout d'un endoscope relié à un échographe pour obtenir des images des organes internes de la poitrine et de l'abdomen.

5- Les principales technologies des rayonnements lumineux

L'endoscopie : l'endoscope est composé d'un tube optique muni d'un système d'éclairage, couplé à une caméra vidéo, permettant de visualiser l'intérieur de cavités inaccessibles à l'œil.

La stéréovision : la stéréovision est une méthode de reconstruction tridimensionnelle, basée sur des séquences vidéo multi-caméra, pour l'analyse ou le suivi du mouvement d'objets déformables en temps réel et sans marqueur.

L'imagerie par bioluminescence : l'imagerie par bioluminescence (IBL) permet la détection et la quantification *in vivo* de cellules particulièrement conçues pour émettre un rayonnement lumineux suite à un stimulus *in vivo*.

L'imagerie de Fluorescence : il s'agit d'une technique d'imagerie basée sur la détection de la lumière émise par un fluorophore en réponse à une excitation d'une longueur d'onde donnée.

La Tomographie par Cohérence Optique (OCT) : il s'agit d'une technique d'imagerie des milieux biologiques basée sur l'interférométrie en lumière faiblement cohérente. L'OCT plein champ est une technique particulière d'OCT, dans laquelle des coupes transverses de l'échantillon biologique sont obtenues sans aucun balayage, permettant ainsi de révéler de manière non invasive la structure interne 3D de l'échantillon avec une résolution spatiale micrométrique.

L'endomicroscopie confocale : il s'agit d'une technique d'imagerie multimodale combinant la microscopie confocale et l'endoscopie afin d'observer les structures des cavités du corps humain en temps réel et à l'échelle microscopique.

La PET-fluorescence : il s'agit d'une technique d'imagerie multimodale combinant la tomographie par émission de positons et l'imagerie par fluorescence. Elle est basée sur l'utilisation de nanoparticules fluorescentes radiomarquées dont on va pouvoir mesurer la biodistribution, non seulement au niveau des organes mais également au niveau d'un type cellulaire particulier au sein de l'organe.

6- Les technologies de l'électrophysiologie

Électromyographie : l'électromyographie permet d'enregistrer les courants électriques qui accompagnent l'activité musculaire. Elle permet d'étudier le système nerveux périphérique, les muscles et la jonction neuromusculaire.

Électrocardiographie (ECG) : l'électrocardiographie est une représentation graphique de l'activité électrique du cœur.

Électroencéphalographie (EEG): l'électroencéphalographie est une méthode qui renseigne sur l'activité neurophysiologique du cerveau au cours du temps, en mesurant l'activité électrique de ce dernier.

Spirométrie : il s'agit d'un test de mesure de la respiration consistant à mesurer des volumes d'air inspirés et expirés par un patient ainsi que les débits s'y rattachant.

Oxymétrie : un oxymètre est un appareil permettant la mesure du taux de saturation de l'hémoglobine en oxygène, dans le cadre de la surveillance de la fonction respiratoire notamment.

Lentille souple équipée d'un capteur : il s'agit d'un équipement ambulatoire et non-invasif permettant de mesurer les variations de pression intraoculaire dans le cadre du diagnostic et du suivi du traitement du glaucome.

Échographe avec déclencheurs ECG : il s'agit d'un système multimodal permettant d'afficher simultanément le tracé ECG et l'image obtenue par échographie.

Scanner micro-CT intégrant des données physiologiques : il s'agit d'une version miniaturisée des CT-scanners à laquelle est intégré un système de surveillance des données physiologiques (respiration, battements du cœur) en temps réel.

7- Les technologies de l'informatique médicale

Le Cloud computing : le Cloud computing est l'accès, *via* un réseau de télécommunications, à la demande et en libre-service, à des ressources informatiques partagées configurables

Les logiciels de traitement d'image, les logiciels de compression d'image et les logiciels de post-traitement d'image.

Le PACS (Picture Archive and Communication System) : le PACS est un système d'information permettant de traiter et interpréter des images médicales numériques, acquises par des modalités (appareils radiologiques, scanner, IRM, endoscopes, appareils de coronarographie...) ; de diffuser les images médicales numériques ; de stocker et d'indexer des images médicales numériques identifiées, c'est-à-dire associées à un patient et d'archiver les images médicales à long terme ainsi que gérer le cycle de vie de ces images⁷³.

8- Les technologies de l'imagerie biologique

La Microscopie :

- oLa microscopie confocale est une technique d'imagerie qui élimine la lumière qui n'est pas sur le plan focal et permet l'imagerie en 3D d'échantillons épais.

⁷³ Marie-Noëlle Billebot, ANAP : PACS mutualisés : aide à la mise en œuvre.

-
- La microscopie photonique à très haute résolution permet l'acquisition d'images en très haute résolution (de l'ordre de la dizaine de nm) de spécimens biologiques. Différents systèmes existent aujourd'hui : PALM, STED, etc.
 - Le microscope à force atomique est un système à sonde locale permettant de visualiser la topographie de la surface d'un échantillon.
 - Le microscope électronique est un système qui utilise un faisceau de particules d'électrons pour illuminer un échantillon et en créer une image très agrandie.

La Cytométrie : le cytomètre en flux détecte la capacité d'une cellule à diffracter la lumière incidente et à émettre une fluorescence. Cette propriété permet ainsi de compter et caractériser les cellules étudiées.

Le Criblage à haut contenu (HCS) : le criblage à haut contenu est une étude multiparamétrique de la physiopathologie cellulaire, basée sur différentes technologies d'imagerie cellulaire (cytométrie en flux, microscopie confocale, etc.).

8. ANNEXE 3 : RECENSEMENT DES ÉQUIPEMENTS D'IMAGERIE MÉDICALE PAR PAYS

Figure 29 : équipement des pays en appareils d'imagerie médicale en 2011

		France	Allemagne	Pays-Bas (2010)	États-Unis	Israël	Corée du Sud
CT Scan	Nombre total	816	-	205	12740	70	1787
	Nombre total par million d'habitants	12,54	-	12,34	40,67	9,03	35,9
	Nombre dans les hôpitaux	688	1450	194	8060	63	1277
	Nombre dans les hôpitaux par million d'habitants	10,58	17,73	11,68	25,75	8,13	25,65
IRM	Nombre total	489	-	203	9750	19	1062
	Nombre total par million d'habitants	7,52	-	12,22	31,55	2,45	21,33
	Nombre dans les hôpitaux	380	842	192	5715	18	871
	Nombre dans les hôpitaux par million d'habitants	5,84	10,3	11,56	18,49	2,32	17,5
PET Scan	Nombre total	72	-	80	1450	7	165
	Nombre total par million d'habitants	1,11	-	4,81	4,63	0,9	3,31
	Nombre dans les hôpitaux	57	112	80	1220	7	147
	Nombre dans les hôpitaux par million d'habitants	0,88	1,37	4,81	3,89	0,9	2,95
Caméra Gamma	Nombre total	345	-	179	-	81	265
	Nombre total par million d'habitants	5,3	-	10,77	-	10,45	5,32
	Nombre dans les hôpitaux	291	580	179	-	65	258
	Nombre dans les hôpitaux par million d'habitants	4,47	7,09	10,77	-	8,39	5,18
Radiothérapie	Nombre total	-	-	-	3495	3	277
	Nombre total par million d'habitants	-	-	-	11,31	0,39	5,56
	Nombre dans les hôpitaux	731 (2010)	408 (2010)	-	2385	3	276
	Nombre dans les hôpitaux par million d'habitants	11,27 (2010)	4,99 (2010)	-	7,72	0,39	5,54

Champ : CT Scan, IRM, PET Scan, Caméra Gamma, Radiothérapie.
Source : Base de données de l'OCDE sur la santé 2012.

9. ANNEXE 4 : RECENSEMENT DES LABORATOIRES ACADÉMIQUES

Région	Ville	Nom	Axe thérapeutique spécifique	Tutelle
Alsace	Strasbourg	Université de Strasbourg - Laboratoire des Sciences de l'Image, de l'Informatique et de la Télédétection UMR 7005 - LSIT		Univ Strasbourg CNRS INSA Strasbourg
	Strasbourg	Université de Strasbourg - Laboratoire des Systèmes Photoniques (LSP) – EA 3426		Univ Strasbourg
	Strasbourg	Université de Strasbourg - Laboratoire de Biophotonique et Pharmacologie UMR CNRS 7213		Univ Strasbourg CNRS
	Strasbourg	IRCAD	Oncologie	
	Strasbourg	IHU Strasbourg		Univ Strasbourg CNRS INSERM INSA INRIA
Aquitaine	Bordeaux	Univ Bordeaux - Institut des Maladies Neurodégénératives (IMN - UMR 5293)	Neurologie	Univ Bordeaux 2 CNRS
	Bordeaux	Univ Bordeaux - Institut des Neurosciences (INB - UMR 5287)	Neurologie	Univ Bordeaux 1 Univ Bordeaux 2 CNRS
	Bordeaux	Univ Bordeaux - Laboratoire de chimie des polymères organiques (LCPO - UMR 5629)		Univ Bordeaux 1 ENSCP CNRS
	Talence	Univ Bordeaux - Laboratoire bordelais de recherche en informatique		Univ Bordeaux 1 Univ Bordeaux 2 CNRS IPB
	Talence	Univ Bordeaux - Institut des sciences moléculaires		Univ Bordeaux 1 Univ Bordeaux 2 CNRS IPB
	Talence	Univ Bordeaux - Institut D'Optique		Univ Bordeaux 2 CNRS
	Pessac	Univ Bordeaux - Chimie et Biologie des membranes et nanoobjets (CBMN - UMR 5248)		Univ Bordeaux 1 CNRS IPB
	Bordeaux Caen	CEA I2BM - UMR 5296 Groupe d'Imagerie Neurofonctionnelle (GIN)	Neurologie	CEA CNRS Univ Caen Univ Paris V
Auvergne	Clermont-Ferrand	Univ Auvergne - IGCNC - Image Guided Clinical Neuroscience and Connectomics (EA 7282 UdA)	Neurologie	

Région	Ville	Nom	Axe thérapeutique spécifique	Tutelle
Basse-Normandie	Caen	UMR 6301 CNRS-CEA-UCBN « Imagerie et Stratégies Thérapeutiques des pathologies Cérébrales et Tumorales » (ISTCT)	Oncologie Neurologie	CEA CNRS Univ Caen
	Caen	UMR 6301 CNRS-CEA-UCBN « Imagerie et Stratégies Thérapeutiques des pathologies Cérébrales et Tumorales » (ISTCT)	Neurologie Cardiologie	CEA CNRS Univ Caen
	Caen	UMR 6301 CNRS-CEA-UCBN « Imagerie et Stratégies Thérapeutiques des pathologies Cérébrales et Tumorales » (ISTCT)	Neurologie	CEA CNRS Univ Caen
	Caen	CEA IRCM - Service de radiobiologie et d'oncologie (SRO)		CEA Univ Caen
Bourgogne	Dijon	Univ Bourgogne - ICMUB		Univ Bourgogne CNRS
	Chalon sur Saône	Univ Bourgogne - Le2i UMR6306	Cardiovasculaire Neurologie	Univ Bourgogne CNRS Arts & Métiers Paris Tech
Bretagne	Brest	Université de Brest - Laboratoire de spectrométrie et optique laser		Univ Brest
	Brest	Université de Brest - Laboratory of medical information processing (LATIM)		Univ Brest INSERM Telecom Bretagne
	Rennes	INRIA	Neurologie Oncologie	INRIA Univ Rennes
	Rennes	Université de Rennes 1 - LTSI : LABORATOIRE TRAITEMENT DU SIGNAL ET DE L'IMAGE	Neurologie Cardiologie	Université de Rennes INSERM
Centre	Tours	Université de Tours - LABORATOIRE IMAGERIE ET CERVEAU - U 930	Neurologie	Université de Tours INSERM
	Tours	Université de Tours - LABORATOIRE IMAGERIE ET CERVEAU - U 930	Neurologie	Université de Tours INSERM
	Tours	Université de Tours - NANOMEDICAMENTS ET NANOSONDES - E.A. 6295 - Santé		Université de Tours
	Orléans	Université d'Orléans - PRISME		Univ Orléans ENSI Bourges CNRS
	Orléans	Université d'Orléans - CBM	Oncologie Pneumologie Maladies génétiques Ostéoarticulaire	Univ Orléans CNRS

Région	Ville	Nom	Axe thérapeutique spécifique	Tutelle
	Orléans	Université d'Orléans - Institut de Chimie Organique et Analytique (ICOA)		Univ Orléans CNRS
Ile-de-France	Paris	Université Paris Sud - Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire		
	Paris	INRIA		INRIA
	Paris	Centre de Recherche de l'Institut du Cerveau et de la Moelle Epinière	Neurologie	Paris VI CNRS INSERM
	Paris	UPMC - Laboratoire Kastler Brossel		UPMC CNRS ENS Université d'Evry Collège de France
	Paris	UPMC - Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique (ISIR) - UMR 7222		UPMC
	Paris	UPMC - Paris 6 - Imagerie fonctionnelle - UMR_S 678		UPMC
	Paris	UPMC - Paris 6 - Laboratoire d'imagerie paramétrique - UMR 7623		UPMC
	Paris	UPMC - Paris 6 - Centre de recherche des Cordeliers - UMR_S 872		UPMC
	Paris	UPMC - Paris 6 - Institut du cerveau et de la moelle épinière	Neurologie	UPMC
	Paris	Univ Paris Descartes - Paris 5 - Unité de Pharmacologie chimique et génétique et d'imagerie		Univ Descartes ENS Chimie
	Paris	Telecom ParisTech - Département Traitement du Signal et des Images - UMR CNRS 5141 LTCl.		Institut Mines-Télécom Télécom ParisTech CNRS
	Paris	Univ Paris 5 - Laboratoire de Neurophysiologie et Nouvelle Microscopie	Neurologie	Univ Paris 5 INSERM CNRS
	Paris	Univ Paris 5 - Unité de Recherche en Développement, Imagerie et Anatomie (Urdia) (URDIA) - EA 4465	Femme enceinte	Univ Paris 5
	Paris	Univ Paris Diderot - Institut Jacques Monod		Univ Paris 7 CNRS
	Paris	Institut Langevin - Ondes & Images		Univ Paris 5 Univ Paris 7 CNRS INSERM ESPCI
	Paris	Institut Pasteur - Unité d'Analyse d'image quantitative		Institut Pasteur

Région	Ville	Nom	Axe thérapeutique spécifique	Tutelle
	Paris	Institut Curie : hopital et centre de recherche (PICT, UMR 144, UMR 168....)	Oncologie	Institut Curie CNRS
	Saclay	INRIA		INRIA
	Saclay	INRIA	Neurologie	INRIA
	Orsay	Laboratoire IMNC–CNRS : Unité Imagerie et Modélisation en Neurobiologie et Cancérologie, UMR 8165	Oncologie Neurologie	CNRS Paris VII Paris XI
	Orsay	CEA I2BM -SHFJ	Oncologie Neurologie Cardio-vasculaire Métabolisme	CEA
	Orsay	CEA I2BM - Neurospin	Neurologie	CEA INSERM CNRS
	Orsay	CEA I2BM - MIRCen	Neurologie Cardio-vasculaire Infectiologie	CEA INSERM CNRS
	Orsay	Université Paris Sud - Laboratoire Imagerie par Résonance Magnétique Médicale et Multi-Modalité (IR4M-UMR)		CNRS Paris Sud 11
	Orsay	Université Paris Sud - Institut d'Optique	Ophtalmologie Oncologie	CNRS Paris Sud 11 Institut d'Optique
	Orsay	Université Paris Sud - IMNC	Oncologie Neurologie	CNRS Paris Sud 11 Paris 7
	Orsay	Université Paris Sud - Institut Curie - de la molécule à l'organisme - Institut Curie / Inserm U759	Oncologie	CNRS Paris Sud 11 Institut Curie
	Saclay	Ecole Polytechnique - Laboratoire Optique Biologie		Ecole Polytechnique
	Saclay	Ecole Polytechnique - Laboratoire Optique Biologie		Ecole Polytechnique
	Fontenay aux Roses	CEA -PROSITON		CEA
Languedoc-Roussillon	Montpellier	Univ Montpellier 2 - BioNanoMRI		UM2 CNRS
	Montpellier	Univ Montpellier 2 - Laboratory of Computer Sciences, Robotics and Micro-electronics (LIRMM)		UM2 CNRS
Lorraine	Nancy	INRIA		INRIA
	Nancy	CRAN - Centre de Recherche en Automatique de Nancy		CNRS Université de Lorraine
Midi-Pyrénées	Toulouse	Univ Toulouse - INP -Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (IRIT - UMR 5505)		CNRS INP Univ de Toulouse

Région	Ville	Nom	Axe thérapeutique spécifique	Tutelle
	Toulouse	Univ Toulouse - Laboratoire d'Analyse et d'Architecture des Systèmes (LAAS)		CNRS INP INSA Toulouse Univ de Toulouse ISAE
	Toulouse	Univ Toulouse - Imagerie cérébrale et handicaps neurologiques (UMR S 825)	Neurologie	INSERM Univ Paul Sabatier
Nord-Pas de Calais	Lille	Univ Lille 2 - Centre d'étude et de recherche en informatique médicale (CERIM)		
PACA	Marseille	Université Aix-Marseille - CRMBM (Centre de Résonance Magnétique Biologique et Médicale, Center for Magnetic Resonance in Biology and Medicine)	Neurologie Cardiovasculaire Infectiologie Myopathie	Aix-Marseille Université CNRS AP-HM
	Marseille	Université Aix-Marseille - LSIS		Aix-Marseille Université Sud Toulon Var ENSAM d'Aix-en-Provence CNRS
	Marseille	Université Aix-Marseille - Institut Fresnel		Aix-Marseille Université CNRS Central Marseille
	Marseille	Université Aix-Marseille - Institut Fresnel		Aix-Marseille Université CNRS Central Marseille
	Marseille	Université Aix-Marseille - Laboratoire d'imagerie interventionnelle expérimentale	Cardiovasculaire	Aix-Marseille Université
	Marseille	Université Aix-Marseille - CERIMED [Centre Européen de Recherche en Imagerie MEDicale]	Neurologie	Aix-Marseille Université CNRS AP-HM Centrale Marseille
	Pays de la Loire	Nantes	Univ Nantes - Innovative Radiopharmaceuticals in Oncology and Neurology (Labex IRON)	Neurologie Oncologie
Nantes		Univ Nantes - Centre de Recherche en Cancérologie Nantes-Angers (CRCNA)		
Nantes		Univ Nantes - CEISAM		CNRS Univ Nantes

Région	Ville	Nom	Axe thérapeutique spécifique	Tutelle
	Nantes	Univ Nantes - ARRONAXPLUS (Equipex) - Nucléaire pour la santé	Oncologie	GIP ARRONAX CHU de Nantes UCO, site Gauducheau) Univ Nantes Univ Angers INSERM CNRS
	Angers	LABORATOIRE MINT - Micro et Nanomédecines en thérapeutique - UMR 1066	Oncologie	INSERM Université d'Angers
Rhône-Alpes	Sophia-Antipolis	INRIA		INRIA
	Grenoble	INRIA		INRIA
	Grenoble	CEA -IBS - groupe Synchrotron		CEA ESRF
	La Tronche	Université Joseph Fourier - TIMC-IMAG	Orthopédie	Univ Joseph Fourier CNRS Vet Agro Sip
	La Tronche	Université Joseph Fourier - Laboratoire de Radiopharmaceutiques Biocliniques (LRB)	Cardio-vasculaire Métabolisme Neurologie Oncologie	Univ Joseph Fourier INSERM
	La Tronche	Université Joseph Fourier - AGE Imagerie Modelisation (AGIM) -FRE 3405		Univ Joseph Fourier CNRS EPHE
	Grenoble	CEA LETI		CEA
	Saint-Etienne	Univ Jean Monet - IFRESIS	Cardio-vasculaire	
	Lyon	Univ Claude Bernard Lyon - CREATIS - Centre de Recherche en Acquisition et Traitement de l'Image pour la Santé	Cardio-vasculaire Oncologie Ostéoarticulaire Pneumologie	CNRS UMR 5220 – INSERM U1044 – Université Lyon 1 – INSA Lyon
	Lyon	Univ Claude Bernard Lyon I - LabTAU UMR_S 1032	Oncologie	UCBL Hospices Civils de Lyon (HCL) CRLCC CLB
	Lyon	Univ Claude Bernard - Laboratoire de Physico-Chimie des Matériaux Luminescents - UMR 5620		UCBL CNRS
	Lyon	Univ Claude Bernard - Ingénierie des Matériaux Polymères (IMP - UMR 5223)	Infectiologie	UCBL CNRS INSA Lyon Univ Jean Monet

10. ANNEXE 5 : RECENSEMENT DES STRUCTURES LIÉES A L'IMAGERIE MÉDICALE ET SOUTENUES PAR LE PIA

Positionnement des projets	Nombre de projets	Nom des projets	Structure	Coordinateur (Localisation)
Recherche biomédicale	11	A-ICM	IHU	Université Pierre et Marie Curie, INSERM, CHU Pitié-Salpêtrière (Paris)
		LIRYC	IHU	Université de Bordeaux, INSERM, CHU de Bordeaux (Bordeaux)
		MIX-Surg	IHU	Université de Strasbourg, INSERM, CHU de Strasbourg (Strasbourg)
		NiConnect	Bio-informatique	INRIA (Ile-de-France)
		BRAINOMICS	Bio-informatique	CEA (Ile-de-France)
		IRON	LABEX	Université Nantes Angers Le Mans (Nantes)
		TRAIL	LABEX	PRES/ Université de Bordeaux (Bordeaux)
		LILI	EQUIPEX	Université de Lyon (Rhône-Alpes)
		7T AMI	EQUIPEX	Université de la Méditerranée Aix-Marseille II (Marseille)
		ARRONAXPLUS	EQUIPEX	GIP Arronax (Pays de la Loire)
		ULTRABRAIN	EQUIPEX	Fondation Pierre Gilles de Gennes, Institut Langevin (Paris)
Nouvelles modalités d'imagerie médicale	23 (dont la microscopie <i>in vivo</i> : 7)	A-ICM	IHU	Université Pierre et Marie Curie, INSERM, CHU Pitié-Salpêtrière (Paris)
		LIRYC	IHU	Université de Bordeaux, INSERM, CHU de Bordeaux (Bordeaux)
		FACSBIOMARKER	Nano-biotechnologies	CEA LETI (Grenoble)
		VIBBnano	Nano-biotechnologies	CNRS, Université de Bordeaux (Bordeaux)
		PRIMES	LABEX	Université de Lyon/ CREATIS (Rhône-Alpes)
		BRAIN	LABEX	PRES/ Université de Bordeaux (Bordeaux)
		GRAL	LABEX	PRES Université de Grenoble (Grenoble)
		TRAIL	LABEX	PRES/ Université de Bordeaux (Bordeaux)
		CELyA	LABEX	Université de Lyon (Lyon)

		WIFI	LABEX	Paris Sciences et Lettres Quartier Latin (Ile-de-France)
		S3	EQUIPEX	Grand Accélérateur National d'Ions Lourds (Caen)
		7T AMI	EQUIPEX	Université de la Méditerranée Aix-Marseille II (Marseille)
		LILI	EQUIPEX	Université de Lyon (Rhône- Alpes)
		ANINFIMIP	EQUIPEX	PRES Universités de Toulouse (Toulouse)
		Morphoscope2	EQUIPEX	Ecole Polytechnique (Saclay)
		MUSIC	EQUIPEX	PRES Université de Bordeaux (Bordeaux)
		Flowcytech	EQUIPEX	CEA (Saclay)
		ImaginEx BioMed	EQUIPEX	Centre d'infectiologie et d'immunologie de Lille (Lille)
		IMAPPI	EQUIPEX	PRES de Bourgogne Franche- Comté (Bourgogne, Franche- Comté)
		Paris-en-Résonance	EQUIPEX	ENS Ile-de-France
		REC-HADRON	EQUIPEX	GIP Cyceron (Caen)
		SENS	EQUIPEX	CRMN (Lyon)
		ULTRABRAIN	EQUIPEX	Fondation Pierre Gilles de Gennes, Institut Langevin (Paris)
Agents de diagnostic et radiotraceurs	5	nUCA	Nano- biotechnologies	CNRS (Paris)
		IRON	LABEX	Université Nantes Angers Le Mans, Nantes)
		TRAIL	LABEX	PRES/ Université de Bordeaux (Bordeaux)
		ARRONAXPLUS	EQUIPEX	GIP Arronax (Pays de la Loire)
		IMAPPI	EQUIPEX	PRES de Bourgogne Franche- Comté (Bourgogne, Franche- Comté)
Robotique (GMCAO)	4	MIX-Surg	IHU	Université de Strasbourg, INSERM, CHU de Strasbourg (Strasbourg)
		CAMI	LABEX	PRES Université de Grenoble (Grenoble)
		TRAIL	LABEX	PRES/ Université de Bordeaux (Bordeaux)
		ROBOTEX	EQUIPEX	CNRS (multi-sites)
Traitement du signal et de l'image	8	Morphoscope2	EQUIPEX	Ecole Polytechnique (Saclay)
		MUSIC	EQUIPEX	PRES Université de Bordeaux (Bordeaux)
		NiConnect	Bio- informatique	INRIA (Ile-de-France)
		BRAINOMICS	Bio-	CEA (Ile-de-France)

			informatique	
		LMH	LABEX	Fondation de coopération scientifique Paris-Saclay (Ile-de-France)
		PRIMES	LABEX	Université de Lyon/ CREATIS (Rhône-Alpes)
		Morphoscope2	EQUIPEX	Ecole Polytechnique (Saclay)
		FIGURES	EQUIPEX	CHU Amiens (Picardie)
Archivage, gestion des données	5	COMIN Labs	LABEX	PRES Université Européenne de Bretagne (Rennes)
		MS2T	LABEX	Université de Technologie de Compiègne (Compiègne)
		NiConnect	Bio-informatique	INRIA (Ile-de-France)
		BRAINOMICS	Bio-informatique	CEA (Ile-de-France)
		LMH	LABEX	Fondation de coopération scientifique Paris-Saclay (Ile-de-France)
Infrastructure et réseaux	2	France BioImaging	Infrastructures nationales en biologie et santé	CNRS (Paris)
		France Life Imaging	Infrastructures nationales en biologie et santé	CEA (Paris)

Note : certains projets peuvent être dans plusieurs catégories.

Source : ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR).

11. ANNEXE 6 : COMPOSITION ET POSITIONNEMENT DE NŒUDS DE FRANCE LIFE IMAGING (FLI) ET FRANCE BIO IMAGING (FBI)

Tableau 4 : Composition et positionnement des nœuds de FLI

	Paris Sud	Paris Centre	Bordeaux	Grenoble	Lyon	Marseille	Transversal
Equipes	NeuroSpin SHFJ MirCen IR4M CEA Irfu CEA Iramis IMNC UMR 8612	PARCC PIPA Sainte-Anne UMR 8151 CEA AFM CEF Cogimage CENIR LIP LIF CRB3 UMR 698 Institut Pasteur Institut Langevin	UMR 3428 PTIB UMR INCIA UMR RMSB INSERM Cardio-Thoracic Center CEA GIN Inserm U. 1049 UMR 5255 UMR 5465 Inserm ARNA LABRI	ISdV CEA LETI UMR 5250 CLINATEC	CREATIS CERMEP Inserm U1032 IPNL Inserm U1060 BIORAN LAGEP	UMR 6612 CERIMED Institut Fresnel INMED CPPM Inserm 751 INT IP Consortium	INSERM U650, LaTIM (Brest) CREATIS, CNRS/INSERM/INSA/ Université de Lyon (Lyon) CIC IT CIT801 (Nancy) Neurinfo, Visages U746 (Rennes) CATI, CEA (Saclay) LSIIT/ICube (Strasbourg) Cluster/Grid teams Database teams Workflow teams
Modalité	Champs magnétique Médecine nucléaire Traceurs et agents de contraste	Multimodalité (Champs magnétiques, médecine nucléaire, rayons X, rayonnements lumineux, ultrasons, techniques électrophysiologiques)	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayonnements lumineux	Champs magnétiques Rayons X Médecine nucléaire Ultrasons, Multimodalité	Radiation, Rayons X, Champs magnétiques	Champs magnétiques, Médecine nucléaire, Rayonnements lumineux, Radiation	Traitement, analyse et stockage d'image

Champ : équipes et plates-formes de recherche structurées dans l'infrastructure FLI.
Source : AVIESAN, France Life Imaging, Site internet de chaque laboratoire.

Tableau 5 : Composition et positionnement des nœuds de FBI

	Paris Centre	Ile de France Sud	Bordeaux	Montpellier	Marseille	Transversal
Equipes	LNP Institut Jacques Monod Institut Curie Institut Pasteur ENS	BioEmergences Imagif Polytechnique LOB	IINS - UMR 5297 LP2N UMR 5200	CBS MRI IPAM	IBDML CIML	AIQ, Institut Pasteur (Paris) PACT, Institut Curie (Paris) ImagoSeine, Institut Jacques Monod Inria, Serpico Team (Rennes) BioEmergences (Gif sur Yvette) BIC (Bordeaux) MARS (Montpellier)
Modalités	Imagerie multiéchelle et multiorganisme pour la biologie cellulaire et l'oncologie	Nouvelles modalités d'imagerie cellulaire pour l'analyse de la morphogénèse	SuperCLEM pour l'étude des pathologies neurologiques et de la physiologie des plantes	Nouvelles modalités d'imagerie cellulaire pour l'analyse fonctionnelle du génome	Nouvelles modalités d'imagerie cellulaire pour la biologie du développement et de l'immunologie	Traitement, analyse et stockage d'image

Champ : équipes et plates-formes de recherche structurées dans l'infrastructure FLI.

Source : France BioImaging, Site internet de chaque laboratoire.

12. ANNEXE 7 : RECENSEMENT DES PROJETS COLLABORATIFS DE R&D LIÉS À L'IMAGERIE MÉDICALE ET SOUTENUS PAR DES FINANCEMENTS PUBLICS

Cadre de financement	Nom du projet	Domaine
ANR Emergence TEC 2008	OSTEOCAS : Ostéotomies Assistées par Ordinateur	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR Emergence TEC 2008	Radiologie interventionnelle sous scanner assistée par ordinateur	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR Emergence TEC 2008	TMS-robot : Système robotique pour la simulation magnétique transcranienne guidée par l'imagerie	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR Emergence TEC 2008	SIFR : Segmentation automatique d'Images Fonctionnelles pour la planification en Radiothérapie	Imagerie : Informatique médicale
ANR Emergence TEC 2008	Développement d'un appareil de mesure de l'évolution de la pression intracrânienne de manière non invasive à cadence élevée	Nouvelles modalités
ANR RNTS 2005	SMI : Surgétique minimalement invasive	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR RNTS 2005	TLAI : Thérapie Alser assistée par imagerie	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR RNTS 2005	TELEDOS : Développement d'un service optimisé de calcul de dose et d'expertise à base de méthodes statistiques avancées pour le traitement du cancer par radiothérapie	Imagerie : Informatique médicale
ANR RNTS 2005	INOVEO : Instrumentation à optique adaptative pour l'ophtalmologie	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
ANR RNTS 2005	Polarimétrie : Détection de lésions pré-cancéreuses du col utérin par imagerie polarimétrique	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
ANR RNTS 2005	SAFIRO : Structures annulaires focalisées pour Imagerie haute résolution de l'œil	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
ANR RNTS 2005	3D-RX : Technologie d'imageries tri-dimensionnelles pour amélioration du dépistage du cancer du sein en mammographie	Nouvelles modalités : Rayons X
ANR RNTS 2005	SUTI : Sondes ultrasonores pour la thérapie et l'imagerie	Nouvelles modalités : Ultrasons
ANR Santé Mentales et Addictions (SAMENTA) Edition 2012	RAPID : Altération de la Réponse dopaminergique à l'Administration de Psychostimulants par Inhibition de la Dopamine beta-hydroxylase. Exploration par TEP du mécanisme d'action d'une nouvelle stratégie thérapeutique chez les cocaïnomanes	Nouvelles modalités : Médecine nucléaire
ANR TecSan - Edition 2009	ANGIOVISION Pose d'endoprothèse aortique par angionavigation augmentée	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR TecSan - Edition 2009	DEPORRA Dispositif et systEmes ciblés pour la PrOstatectomie Radicale Robotisée Augmentée	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR TecSan - Edition 2009	COSTUM Technologies cMUTs Basse Fréquence : application à la mesure des Mouvements du Tissu Cérébral et à l'Evaluation de la qualité Osseuse	Imagerie : Informatique médicale

Cadre de financement	Nom du projet	Domaine
ANR TecSan - Edition 2009	MicroElasto Elastographie quantitative très haute résolution pour la caractérisation biomécanique des tissus en ophtalmologie et dermatologie	Nouvelles modalités : electrophysiologie
ANR TecSan - Edition 2009	PLAQUIMAG Imagerie moléculaire de la plaque d'athérome vulnérable	Nouvelles modalités : Médecine nucléaire
ANR TecSan - Edition 2009	iPhot Imagerie clinique des photorécepteurs comme marqueur de la dégénérescence rétinienne	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
ANR TecSan - Edition 2010	Le projet BB EEG PlateForme vise à développer un portail offrant des services de télémedecine et de e-learning en électroencéphalographie (EEG) du nouveau-né.	Imagerie : Informatique médicale
ANR TecSan - Edition 2010	projet EMBOLTER : Evaluation des risques d'AVC par comptage d'emboles ambulatoire de moyenne durée.	Imagerie : Informatique médicale
ANR TecSan - Edition 2010	projet Syseo : Analyse multimodale et multimédia d'images et réseau collaboratif pour l'endoscopie digestive	Imagerie : Informatique médicale
ANR TecSan - Edition 2010	projet MELASCAN : Solution innovante permettant un dépistage et suivi <i>in vivo</i> du cancer de la peau, standardisée, destinée aux praticiens généralistes et spécialistes (IR à UV)	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
ANR TecSan - Edition 2010	projet MICO : Microscope COgnitif : un explorateur visuel cognitif pour l'histopathologie. Application à la graduation du cancer du sein.	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
ANR TecSan - Edition 2010	THERANOS : Plateforme ultrasonore de diagnostic et thérapie ciblée	Nouvelles modalités : Ultrasons
ANR TecSan - Edition 2010	projet DIADOMI : Développement d'un dosimètre DIAMant pour une mesure de la DOse absorbée dans les MIni-faisceaux utilisés en radiothérapie stéréotaxique	Sécurité
ANR TecSan - Edition 2011	CardioUSgHIFU : Traitement des arythmies cardiaques par ultrasons focalisés guidés par échographie.	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR TecSan - Edition 2011	PROSBOT : Robot Prostatique Contrôlé par Modèle et Image	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR TecSan - Edition 2011	ROBACUS : ROBot léger pour l'insertion d'Aiguille téléopérée avec Compensation de moUvements physiologiqueS	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR TecSan - Edition 2011	TACIT : Thermo Ablation Cardiaque guidée par Imagerie de Température	Chirurgie mini-invasive et robotique
ANR TecSan - Edition 2011	projet 3DSTRAIN : Quantification multimodale et validation de la fonction myocardique régionale 3D	Nouvelles modalités : multimodalité
ANR TecSan - Edition 2011	CyPaM2 : Cystoscopie Panoramique Multi-Modalités	Nouvelles modalités : multimodalité
ANR TecSan - Edition 2011	projet BBMUT : Imagerie ultrasonore large bande à l'aide d'une sonde cMUT	Nouvelles modalités : Ultrasons
ANR TecSan - Edition 2011	DoRGaN : Dosimétrie par Radioluminescence du GaN pour un suivi <i>in vivo</i> en temps réel des doses patient en radiothérapie et en radiologie interventionnelle	Sécurité
ANR TecSan - Edition 2012	InéoV : Imagerie non-invasive pour le suivi de la néo-vascularisation de biomatériaux favorisant la réparation	Chirurgie mini-invasive et robotique

Cadre de financement	Nom du projet	Domaine
	osseuse	
ANR TecSan - Edition 2012	SPEPIX : SPECTrométrie PETits PIXels pour Imagerie X	Nouvelles modalités : Médecine nucléaire
ANR TecSan - Edition 2012	AMNIFIR : Analyse Médicale Non invasive et Immédiate par Fibre optique Infra Rouge pour la détection de maladies chroniques et de tumeurs	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
ANR TecSan - Edition 2012	CorImMo 3D : Imagerie et Morphologie Microscopiques tri-dimensionnelles de l'endothélium cornéen humain	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
ANR Blanc France/Taiwan	ADAMANTIUS: Imagerie TEP/IRM De Diffusion corps entier dans la prise en charge des lymphomes agressifs	Nouvelles modalités Imagerie médicale et Médecine Nucléaire en imagerie hybride
FUI	Développement de la chirurgie transgastrique - Endoscopie	Chirurgie mini-invasive et robotique
FUI	SURGIMAG : développement d'une station de chirurgie assistée par ordinateur, intégrant les contraintes liées à la pratique de chirurgie minimalement invasive	Chirurgie mini-invasive et robotique
FUI	IRIMI : Imageur Robotisé pour les Interventions Mini-Invasives	Chirurgie mini-invasive et robotique
FUI	ISIS « Outils mini invasifs pour la rétraction des organes »	Chirurgie mini-invasive et robotique
FUI	HM Fluoro Objet : Diagnostique peropératoire par marquage fluorescent du microenvironnement matriciel tumoral	Chirurgie mini-invasive et robotique
FUI	Projet INSPIRA Oncologie Objet : Informatique pour la Sûreté des Procédés et Installations en Radiothérapie.	Imagerie : Informatique médicale
FUI	Caractérisation et Analyse morphométrie multimodale dans un contexte 4D appliquées à l'onco-dermatologie	Imagerie : Informatique médicale
FUI	Coherence : Méthode alternative de mise en cohérence spatiale et temporelle de données TEP-TDM acquises en respiration libre pour l'évaluation de thérapeutiques de cancer pulmonaires par analyse dynamique du protocole clinique	Imagerie : Informatique médicale
FUI	FANTOM : Fantôme Anthropomorphique Normalisé pour le Test et l'Optimisation de la mammographie	Imagerie : Informatique médicale
FUI	MINIARA : Solution de traitement d'images intégrées dans une suite logicielle	Imagerie : Informatique médicale
FUI	SterEOS+ : Station de revue d'images haut de gamme, multi-modalités, dotée d'une panoplie d'application orthopédiques innovantes et accessible chez le praticien ou en milieu hospitalier via un réseau de PACS ou Internet	Imagerie : Informatique médicale
FUI	Projet OLIGOPLUS visant à développer de nouvelles sondes pour le diagnostic	Imagerie moléculaire
FUI	DARMUS : Diagnostic Avancé par IRM et Ultrasons combiné	Nouvelles modalités : multimodalité
FUI	Projet AneuLink : Objet : Nouvelles technologies d'imagerie et de traitement des anévrismes intracrâniens.	Nouvelles modalités : multimodalité
FUI	Développement d'un spectromètre proche IR par Imagerie temporelle	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux

Cadre de financement	Nom du projet	Domaine
FUI	Teniu : Utilisation des ultrasons pour réaliser une imagerie de l'élasticité des tissus d'une part et de détruire ces tissus de manière contrôlée en suivant les modifications de leur élasticité	Nouvelles modalités : Ultrasons
FUI 11	le projet IMOVA (FUI) dédié au développement et la validation de nouveaux produits d'imagerie moléculaire de l'athéromatose, ainsi qu'un logiciel de quantification et de localisation corrigées du signal SPECT et TEP en imagerie vasculaire ;	Imagerie : Informatique médicale
FUI 11	TEDECAD (Echosens): Quantification de l'élasticité des tissus cutanés par élastographie impulsionnelle pour mesurer la fibrose	Imagerie : Informatique médicale
FUI 12	IDITOP (AAP12 FUI) Imaging Diagnostic and Treatment Of Prostate cancer	Nouvelles modalités : Ultrasons
FUI 13	Fluorescence et Robotique pour la chirurgie laparoscopique	Chirurgie mini-invasive et robotique
FUI 14	Imagerie médicale : dexEOS	Imagerie : Informatique médicale
Les projets médicaux en Franche-Comté	Brain TEP: Développement d'un TEP	Nouvelles modalités : médecine nucléaire
Les projets médicaux en Franche-Comté	Détection par fluorescence des cellules cancéreuses et des mélanomes	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
Les projets médicaux en Franche-Comté	Développement de sources d'ultrasons pour le traitement focalisé de tumeurs	Nouvelles modalités : Ultrasons
OSEO PM2I	Projet ISEULT Développement d'IRM à haut champ et de produit de contraste pour les maladies neurodégénératives	IRM à haut champ Produits de contraste
OSEO ISI	Projet IMAKINIB : radiotraceurs TEP Tyrosine Kinase Inhibitors en cancérologie	Imagerie moléculaire
OSEO ISI	Projet PERSEE - Diagnostic et bilan d'extension des cancers digestifs du patient, en temps réel et à distance	Imagerie : Informatique médicale
OSEO ISI	Projet LOTUS	Imagerie moléculaire
PCRD - FP7 Health	Evaluation of integrated cardiac imaging for the detection and characterization of ischemic heart disease	Imagerie : Informatique médicale
PCRD - FP7 Health	LUPAS - Luminescent polymers for <i>in vivo</i> imaging of amyloid signatures	Imagerie moléculaire
PCRD - FP7 Health	Quantum dot-based highly sensitive immunoassays for multiplexed diagnostics of Alzheimer's disease	Imagerie moléculaire
PCRD - FP7 Health	Luminescent polymers for <i>in vivo</i> imaging of amyloid signatures	Imagerie moléculaire
PCRD - FP7 Health	3D-MASSOMICS - Statistical methods for 3D imaging mass spectrometry in proteomics and metabolomics	Nouvelles modalités : champs magnétiques
PCRD - FP7 Health	European NoVel Imaging Systems for ION therapy	Nouvelles modalités : Médecine nucléaire
PCRD - FP7 Health	Hybrid fluorescence molecular tomography and X-ray computed tomography system and method	Nouvelles modalités : multimodalité
PCRD - FP7 Health	Tools for minimally invasive diagnostics	Nouvelles modalités : multimodalité
PCRD - FP7 Health	CARS EXPLORER - Innovative contrast imaging by non-linear optics (NLO) for the observation of biological tissues <i>in vivo</i> and in real time, at cellular and molecular levels	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux

Cadre de financement	Nom du projet	Domaine
PCRD - FP7 Health	Light-based functional <i>in vivo</i> monitoring of diseases related enzymes	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
PCRD - FP7 Health	PEDDOSE.NET - Dosimetry and Health Effects of Diagnostic Applications of Radiopharmaceuticals with particular emphasis on the use in children and adolescents	Sécurité
PCRD - FP7 ICT	OUTGRID - A worldwide e-infrastructure for computational neuroscientists (outGRID)	Imagerie : Informatique médicale
PCRD - FP7 ICT	SPADNET - Fully Networked, Digital Components for Photon-starved Biomedical Imaging Systems	Imagerie : Informatique médicale
PCRD - FP7 ICT	Deployment of Brain-Computer Interfaces for the Detection of Consciousness in Non-Responsive Patients	Imagerie : Informatique médicale
PCRD - FP7 ICT	Brain-inspired multiscale computation in neuromorphic hybrid systems (BRAINSCALES)	Imagerie : Informatique médicale
PCRD - FP7 ICT	NANOMA - Nano-actuators and nano-sensors for medical applications	Imagerie moléculaire
PCRD - FP7 IDEAS ERC	DIOCLEES - Discrete bIOimaging perCeption for Longitudinal Organ modELLing and computEr-aided diagnosiS	Imagerie : Informatique médicale
PCRD - FP7 IDEAS ERC	Real-Time Studies of Biological NanoMachines in Action by NMR	Nouvelles modalités : champs magnétiques
PCRD - FP7 IDEAS ERC	COMEDIA - Complex Media Investigation with Adaptive Optics	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
PCRD - FP7 infrastructure	EURO-BIOIMAGING - Euro-BioImaging - Research infrastructure for imaging technologies in biological and biomedical sciences	Nouvelles modalités :
PCRD - FP7 infrastructure	SPIRIT - Support of public and industrial eesearch using ion beam technology	Nouvelles modalités :
PCRD - FP7 infrastructure	Transnational access and enhancement of integrated Biological Structure determination at synchrotron X-ray radiation facilities	Nouvelles modalités : Rayons X
PCRD - FP7 NMP	Magnetic nanoparticles combined with submicronic bubbles and dye for oncologing imaging	Imagerie moléculaire
PCRD - FP7 NMP	LANIR - Label Free Nanoscopy Using Infra Red	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
PCRD - FP7 People	PHOTORELEASE - Fabrication of particles with photo receptors: bio-analytical application such as controlled drug delivery	Imagerie moléculaire
PCRD - FP7 People	TRANSACT - Transforming Magnetic Resonance Spectroscopy into a Clinical Tool	Nouvelles modalités : champs magnétiques
PCRD - FP7 People	OILTEBIA - Optical Imaging and Laser TEchniques for BIomedical Applications	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
PCRD - FP7 SME	AXIS - Advanced X-ray source based on field emitting Carbon Nanotubes cold cathode	Nouvelles modalités : Rayons X
PCRD FP2	Intergated systems for computer assisted management and manipulation of medical images	Imagerie : Informatique médicale
PCRD FP4	Development of supermagnetic nanoparticles for therapeutics and diagnostic medical applications	Imagerie moléculaire
PCRD FP5	Development Of A High Resolution Ultrasonography For Gum Imaging	Nouvelles modalités : Ultrasons

Cadre de financement	Nom du projet	Domaine
PCRD FP6 IST	Wide wavelength light sources for public welfare: high brightness laser diodes for Telecom, medical and environment use	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
PCRD FP6 MOBILITY	Development of excellence in non-invasive diagnostic systems for industrials and scientific applications	Imagerie : Informatique médicale
PCRD FP6 MOBILITY	Multi-functional carbon nanotubes for biomedical applications	Imagerie moléculaire
PCRD FP6 NEST	Objective: The primary objective of the ARES Project is to investigate a revolutionary system for endoluminal surgery including the development of an experimental prototype.	Chirurgie mini-invasive et robotique
PCRD FP6 NMP	Multi-functional carbon nanotubes for biomedical applications	Imagerie moléculaire
PCRD FP6 NMP	Structured scintillators for medical imaging	Nouvelles modalités : Médecine nucléaire
PCRD FP6-IST	A new bio-sensor concept for medical diagnosis: targeted micro-bubbles and remote ultrasound transduction	Nouvelles modalités : Ultrasons
PCRD FP6-LIFESCIHEALTH	Diagnostic molecular imaging	Imagerie moléculaire
PCRD FP6-LIFESCIHEALTH	Intergatef technologies for <i>in vivo</i> molecular imaging	Imagerie moléculaire
PCRD FP6-LIFESCIHEALTH	European Molecular Imaging Laboratories	Imagerie moléculaire
PCRD FP6-LIFESCIHEALTH	Molecular imaging in tissue and cells by computer-assisted innovative multimode mass spectrometry	Imagerie moléculaire
PCRD FP6-LIFESCIHEALTH	Nano based capsule-Endoscopy with molecular imaging and optical biopsy	Imagerie moléculaire
PCRD FP6-LIFESCIHEALTH	Method and advanced equipment for simulation and treatment in radio-oncology	Nouvelles modalités : Rayonnements lumineux
PCRD FP6-NMP	Development of novel digital radiography technology; to facilitate the 'traditionally less research intensive inspection industry sector' change from manual film radiography to automated digital	Nouvelles modalités : Rayons X
PCRD- FP7 SECURITY	Multi-disciplinary biosimetric tools to manage high scale radiological casualties	Sécurité

13. ANNEXE 8 : ANNUAIRE DES ENTREPRISES RECENSÉES SUR LA FILIÈRE DE L'IMAGERIE MÉDICALE EN FRANCE

Les abréviations utilisées pour qualifier le type d'activité exercé en France signifient :

R : activité de Recherche

P : activité de Production

C : activité de Commercialisation

Les données sont issues des chiffres publiés disponibles sur societe.com.

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
3DNEOVISION	Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	4	Champs magnétiques Rayons X
AII BIOMEDICAL	Equipement Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	5	Electrophysiologie
A2J LASER TECHNOLOGY	Equipement Matériel annexe	PME	RPC	IDF	6	Rayons X
A3 SURGICAL	Equipement Logiciel Matériel annexe	PME	R	Rhône-Alpes	5	Rayonnements lumineux
ACCURAY	Equipement Matériel annexe	ETI	C	IDF	28	Champs magnétiques Rayons X
ACTEON GROUPE (SATELEC - SOPRO - PIERRE ROLLAND)	Equipement Matériel annexe	ETI	RPC	Aquitaine	550	Rayonnements lumineux Rayons X
ACTIBASE	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Rhône-Alpes	25	Informatique médicale
ADCIS	Logiciel	PME	RPC	Basse-Normandie	8	Rayons X
AFFILOGIC	Traceur	PME	RP	Pays de la Loire	8	Médecine nucléaire
AGFA HEALTHCARE	Equipement Logiciel Matériel annexe Téléimagerie, PACS	Grand groupe	RPC	Aquitaine	446	Electrophysiologie Rayons X Informatique médicale
ALCIS	Logiciel Matériel annexe	PME	RPC	Franche-Comté	25	Champs magnétiques Electrophysiologie
ALPAO	Equipement Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	7	Rayonnements lumineux
ALSACHIM	Traceur	PME	RPC	Alsace	12	Médecine nucléaire
AMRAY	Matériel annexe	PME	RPC	Rhône-	1	Médecine nucléaire

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
				Alpes		Rayons X
AMPLITUDE TECHNOLOGIES	Equipement	PME	RPC	IDF	31	Rayons X
AQUILAB	Logiciel	PME	RPC	N-PDC	20	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayons X
APELEM	Equipement Logiciel	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	61	Rayons X Ultrasons
ARPLAY MEDICAL	Matériel annexe	PME	RPC	Bourgogne	21	Rayons X
ASA - ADVANCED SOLUTIONS ACCELERATOR	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	13	Champs magnétiques Informatique médicale
ASPIDE MEDICAL	Matériel annexe	PME	RPC	Rhône-Alpes	35	Rayonnements lumineux
ATLAB PHARMA	Traceur	PME	RPC	Pays de la Loire	1	Médecine nucléaire
ATS IMAGERIE	Equipement	PME	RPC	IDF	4	Rayons X Informatique médicale
ATYS MEDICAL	Equipement Matériel annexe	PME	RPC	Rhône-Alpes	2	Ultrasons
AXESS VISION TECHNOLOGY	Equipement	PME	RPC	Centre	7	Rayonnements lumineux
AXILUM ROBOTICS	Equipement	PME	RPC	Alsace	6	Champs magnétiques Electrophysiologie
B.NEXT	Equipement Logiciel	PME	RPC	Alsace	NC	Rayonnements lumineux
BCL INVENT	Matériel annexe	PME	RPC	Lorraine	3	Ultrasons
BERTHOLD FRANCE	Equipement Matériel annexe	ETI	RPC	IDF	21	Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X
BIOCLINICA SAS	Téléimagerie, PACS	ETI	C	Rhône-Alpes	18	Informatique médicale
BIOSPACE LAB	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	19	Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X
BLUEORTHO	Equipement Matériel annexe	PME	R	Rhône-Alpes	3	Rayonnements lumineux

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
BRAINLAB	Equipement Logiciel Matériel annexe Téléimagerie, PACS	ETI	C	IDF	NC	Champs magnétiques Rayons X Ultrasons Informatique médicale
BRUKER AXS	Equipement Logiciel	Grand groupe	RPC	IDF	46	Electrophysiologie Rayonnements lumineux Rayons X
BRUKER BIOSPIN	Equipement Logiciel	Grand groupe	RPC	Alsace	329	Champs magnétiques Rayonnements lumineux
CAPSULE TECHNOLOGIE	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	54	Informatique médicale
CARESTREAM HEALTH FRANCE SAS	Equipement Logiciel Matériel annexe Téléimagerie, PACS	Grand groupe	RPC	IDF	238	Rayons X Informatique médicale
CARL ZEISS	Equipement Logiciel	ETI	RPC	IDF	88	Rayonnements lumineux
CGTR	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	3	Informatique médicale
CHEMATEC	Traceur	PME	RPC	Bourgogne	3	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayonnements lumineux
CILAS	Equipement	PME	RPC	Centre	150	Rayonnements lumineux
CIRA	Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	1	Informatique médicale
CIS BIO INTERNATIONAL	Traceur	ETI	RPC	Languedoc-Roussillon	167	Médecine nucléaire
CLERAD	Equipement	PME	RPC	Auvergne	9	Médecine nucléaire
COHERENT	Equipement	ETI	C	IDF	NC	Rayonnements lumineux
COMEPA INDUSTRIES	Equipement Matériel annexe	PME	RPC	IDF	41	Electrophysiologie
COVALIA	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Franche-Comté	3	Informatique médicale

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
COVIDIEN IMAGING	Traceur Équipement Matériel annexe	Grand groupe	RPC	IDF	249	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayons X
COVIDIEN MANUFACTURING	Équipement Matériel annexe	Grand groupe	RPC	Rhône-Alpes	249	Electrophysiologie Ultrasons
CYCLOPHARMA	Traceur Équipement	PME	RPC	Auvergne	90	Médecine nucléaire
DATALINK SYSTEMS TECHNOLOGIES	Équipement Télémagerie, PACS	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	NC	Electrophysiologie Informatique médicale
DENTAL-MOVING	Équipement Logiciel	PME	RPC	Pays de la Loire	5	Rayonnements lumineux
DIGISENS	Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	7	Rayons X
DIGITAL-TRAINERS	Logiciel Matériel annexe	PME	RPC	Alsace	4	Rayonnements lumineux Ultrasons
DIOPTIK	Équipement	PME	RPC	Limousin	5	Rayonnements lumineux
DIXI MICROTECHNIQUES SAS	Équipement Matériel annexe	PME	RPC	Franche-Comté	34	Champs magnétiques Electrophysiologie
DMS	Équipement Logiciel	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	35	Rayons X
DOSISOFT	Logiciel Matériel annexe	PME	RPC	IDF	38	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayons X
DRÄGER MEDICAL SAS	Équipement Matériel annexe Télémagerie, PACS	Grand groupe	C	IDF	216	Electrophysiologie Informatique médicale
DÜRR DENTAL	Équipement Logiciel Matériel annexe	PME	C	IDF	16	Rayonnements lumineux Rayons X
DYN'R	Équipement Logiciel	PME	RPC	PACA	7	Electrophysiologie Rayonnements lumineux
E(YE) BRAIN	Équipement Logiciel Télémagerie, PACS	PME	RPC	IDF	16	Electrophysiologie Rayonnements lumineux
E2V SEMICONDUCTORS	Équipement	ETI	RPC	Rhône-Alpes	428	Champs magnétiques Rayons X

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
ECHODIA	Equipement Matériel annexe	PME	RPC	Auvergne	5	Electrophysiologie
ECHOSENS	Equipement Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	34	Ultrasons Informatique médicale
ECM (EX NOVEKO INTERNATIONAL)	Equipement Logiciel	PME	RPC	Poitou-Charentes	25	Ultrasons
EDAP TMS FRANCE S.A.	Equipement Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	99	Ultrasons
EDL	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	PACA	47	Informatique médicale
EFER ENDOSCOPY	Equipement	PME	RPC	PACA	35	Rayonnements lumineux Informatique médicale
ELECTRONIC CONCEPT LIGNON INNOVATION (VIVALTIS)	Equipement Matériel annexe	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	24	Electrophysiologie
ELECTRONIQUE SCIENTIFIQUE ET MEDICALE	Equipement	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	1	Rayonnements lumineux
ELEKTA	Equipement Logiciel Matériel annexe	ETI	C	IDF	53	Champs magnétiques Electrophysiologie Rayonnements lumineux Rayons X
ELLA LEGROS	Equipement Matériel annexe Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Centre	9	Rayons X Informatique médicale
E-MEDIA	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Alsace	9	Informatique médicale
ENDOCONTROL	Matériel annexe	PME	RPC	Rhône-Alpes	12	Rayonnements lumineux
EOS IMAGING	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	47	Rayons X
ERGORESEARCH	Equipement Logiciel	PME	C	Bourgogne	5	Electrophysiologie Rayonnements lumineux
ESAOTE	Equipement Téléimagerie, PACS	ETI	RPC	IDF	33	Champs magnétiques Electrophysiologie Ultrasons Informatique médicale

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
ESSILOR	Equipement	Grand groupe	RPC	IDF	3 464	Rayonnements lumineux
ETHICON ENDO-SURGERY	Equipement	Grand groupe	C	IDF	916	Rayonnements lumineux
ETIAM	Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Bretagne	31	Informatique médicale
EURORAD	Equipement	PME	RPC	Alsace	13	Médecine nucléaire Rayons X
EXPERTISE RADIOLOGIE	Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	8	Informatique médicale
FLUOPTICS	Traceur Equipement Matériel annexe	PME	RPC	Rhône-Alpes	6	Rayonnements lumineux
FUJI MEDICAL	Equipement Logiciel Matériel annexe Téléimagerie, PACS	Grand groupe	C	IDF	200	Rayonnements lumineux Ultrasons Rayons X Informatique médicale
GE MEDICAL SYSTEMS	Traceur Equipement Logiciel Matériel annexe Téléimagerie, PACS Service (installation, maintenance)	Grand groupe	RPC	IDF	2 005	Champs magnétiques Electrophysiologie Médecine nucléaire Rayons lumineux Rayons X Ultrasons Informatique médicale
GEYRE ELECTRONIQUE	Equipement Matériel annexe Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	2	Electrophysiologie Informatique médicale
GIVEN IMAGING	Equipement	ETI	C	IDF	21	Rayonnements lumineux
GLOBAL IMAGINE ONLINE	Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	48	Informatique médicale
GUERBET	Traceur	ETI	RPC	IDF	836	Champs magnétiques Rayons X
HAMAMATSU PHOTONICS FRANCE	Equipement	ETI	C	IDF	62	Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X
HEMODIA SA	Equipement	PME	RPC	Midi-Pyrénées	35	Electrophysiologie
HITACHI MEDICAL SYSTEMS	Equipement	Grand groupe	C	IDF	65	Champs magnétiques Rayonnements lumineux Rayons X

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
						Ultrasons Informatique médicale
HOLOGIC	Equipement Logiciel Téléimagerie, PACS	ETI	C	IDF	24	Champs magnétiques Rayonnements lumineux Rayons X Ultrasons Informatique médicale
I.A.E FRANCE SAS	Equipement	PME	C	IDF	1	Rayons X
ICN METRIS	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	5	Informatique médicale
IDETEC	Equipement	PME	RP	Languedoc-Roussillon	5	Rayons X
IMACISIO	Equipement	PME	RP	Franche-Comté	9	Médecine nucléaire
IMAGE GUIDED THERAPY	Equipement Logiciel	PME	R	Aquitaine	9	Champs magnétiques Ultrasons
IMAGINE EYES	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	9	Rayonnements lumineux
IMACTIS	Logiciel Matériel annexe	PME	RPC	Rhône-Alpes	5	Rayons X
IMAGINE OPTIC	Equipement	PME	RPC	IDF	20	Rayonnements lumineux
IMASONIC	Equipement	PME	RPC	Franche-Comté	79	Ultrasons
INNOPSYS	Equipement Logiciel	PME	RPC	Midi-Pyrénées	20	Rayonnements lumineux
INTEGRA NEUROSCIENCES	Equipement Logiciel Matériel annexe	ETI	RPC	PACA	96	Electrophysiologie Rayonnements lumineux Rayons X
INTELLIGENCE IN MEDICAL TECHNOLOGIES (IMT)	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	6	Champs magnétiques Ultrasons
INTRASENSE	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	43	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X Ultrasons Informatique médicale

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
ISIS - INTELLIGENT SURGICAL INSTRUMENTS & SYSTEMS	Logiciel Matériel annexe Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Rhône-Alpes	10	Rayons X Informatique médicale
ISORG	Equipement	PME	RPC	Rhône-Alpes	3	Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X
KAPTALIA MONITORING	Equipement	PME	R	Bretagne	NC	Electrophysiologie
KARL STORZ ENDOSCOPIE FRANCE S.A.S.	Equipement Téléimagerie, PACS Services (installation, maintenance)	Grand groupe	C	IDF	136	Rayonnements lumineux Informatique médicale
KAVO DENTAL	Equipement Logiciel Matériel annexe Service (installation, maintenance)	ETI	C	IDF	22	Rayonnements lumineux Rayons X
KEOSYS	Téléimagerie, PACS	PME	C	Pays de la Loire	24	Informatique médicale
KITWARE	Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	5	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X Ultrasons Informatique médicale
KODAK	Matériel annexe	Grand groupe	C	IDF	335	Rayons X
KOELIS	Equipement Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	5	Champs magnétiques Ultrasons Informatique médicale
KONICA MINOLTA MEDICAL & GRAPHIC IMAGING EUROPE BV	Equipement Matériel annexe	Grand groupe	C	IDF	15	Rayons X
KONTRON MEDICAL	Equipement Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	34	Ultrasons Informatique médicale
KREUSSLER PHARMA	Traceur Equipement	PME	C	Alsace	12	Rayonnements lumineux
LANDANGER	Equipement Matériel annexe	PME	RPC	IDF	47	Rayonnements lumineux

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
LANDAUER EUROPE	Matériel annexe Services (contrôle qualité, audit, formation, conseil)	ETI	RPC	IDF	48	Médecine nucléaire Rayons X
LEICA MICROSYSTEMES	Equipement	ETI	C	IDF	87	Rayonnements lumineux
LEMER PAX	Matériel annexe	PME	RPC	Pays de la Loire	48	Médecine nucléaire Rayons X
LEUKOS	Equipement	PME	RPC	Limousin	8	Rayonnements lumineux
LIGHT TECHNOLOGIES	Equipement	PME	RPC	PACA	5	Champs magnétiques
LINVATEC - CONMED	Equipement Matériel annexe	PME	C	IDF	19	Rayonnements lumineux
LLTECH	Equipement	PME	RPC	N-PDC	9	Rayonnements lumineux
MANATEC BIOMEDICAL	Equipement	PME	RPC	Lorraine	4	Electrophysiologie
MAQUET SA FRANCE	Equipement Matériel annexe	Grand groupe	RPC	Centre	307	Rayonnements lumineux
MAUNA KEA TECHNOLOGIES	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	68	Rayonnements lumineux
MC KESSON	Logiciel Téléimagerie, PACS	Grand groupe	C	Aquitaine	323	Informatique médicale
MEDASYS	Téléimagerie, PACS	ETI	RPC	IDF	180	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X Ultrasons Informatique médicale
MEDIAN TECHNOLOGIES	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	PACA	38	Informatique médicale
MEDECOM	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Bretagne	9	Champs magnétiques Electrophysiologie Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X Ultrasons Informatique médicale
MEDICASOFT	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	6	Informatique médicale
MED-IMAPS	Logiciel	PME	RPC	Aquitaine	9	Rayons X
MEDIC-IS	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	3	Informatique médicale

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
MEDISYSTEM	Matériel annexe	PME	RPC	IDF	12	Médecine nucléaire
MEDRAD	Equipement Matériel annexe Téléimagerie, PACS	PME	C	IDF	23	Champs magnétiques Electrophysiologie Médecine nucléaire Rayons X Informatique médicale
MEDILINK	Equipement Logiciel	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	5	Rayons X Ultrasons Informatique médicale
MEDTECH	Equipement Logiciel	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	10	Champs magnétiques Rayons X
MEDTRONIC	Equipement	Grand groupe	RPC	IDF	398	Champs magnétiques Rayons X
METROVISION	Equipement Logiciel	PME	RPC	N-PDC	11	Electrophysiologie Rayonnements lumineux
MICROOLED	Matériel annexe	PME	RPC	Rhône-Alpes	18	Rayonnements lumineux
MINDRAY MEDICAL FRANCE	Equipement Logiciel	Grand groupe	C	IDF	28	Champs magnétiques Ultrasons Rayons X Informatique médicale
MINMAXMEDICAL	Matériel annexe	PME	R	Rhône-Alpes	NC	Rayonnements lumineux
MIRION TECHNOLOGIE	Matériel annexe	ETI	C	PACA	329	Médecine nucléaire
MORITA DIMTEC	Equipement Logiciel	ETI	C	Rhône-Alpes	3	Rayons X
NANO-H S.A.S.	Traceur	PME	RPC	Rhône-Alpes	7	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayonnements lumineux
NANOCODEX	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RP	IDF	3	Rayonnements lumineux Informatique médicale
NATUS FRANCE (DELTAMED SA)	Equipement	ETI	C	IDF	35	Electrophysiologie Ultrasons
NIKON FRANCE	Equipement Logiciel	Grand groupe	C	IDF	NC	Rayonnements lumineux
NODEA MEDICAL	Equipement	PME	R	IDF	2	Rayonnements lumineux
NOESIS	Logiciel	PME	RPC	Aquitaine	12	Champs magnétiques Ultrasons

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
						Rayonnements lumineux Rayons X
NOVEALIS	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Rhône-Alpes	7	Informatique médicale
NUVATORE	Logiciel	PME	RPC	Languedoc-Roussillon	NC	Rayons X
OLEA MEDICAL	Logiciel	PME	RPC	PACA	30	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayons X
OLYMPUS	Equipement Matériel annexe	Grand groupe	C	IDF	383	Rayonnements lumineux Ultrasons
OPHTIMALIA	Equipement Logiciel	PME	RPC	Basse-Normandie	8	Electrophysiologie Informatique médicale
ORANGE BUSINESS	Logiciel Téléimagerie, PACS Service (installation, maintenance) Service (Contrôle, qualité, audit, formation, conseil)	ETI	RPC	IDF	11 135	Informatique médicale
ORTHOTAXY	Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	3	Champs magnétiques Rayons X Informatique médicale
OSTESYS	Traceur Logiciel Matériel annexe	PME	RPC	Bretagne	5	Rayonnements lumineux
OWANDY	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	68	Rayons X
OXFORD INSTRUMENT	Equipement	ETI	RPC	IDF	NC	Champs magnétiques Rayons X
PARALLEL DESIGN	Equipement	PME	RPC	PACA	26	Ultrasons
PENTAX FRANCE	Equipement Matériel annexe	ETI	C	IDF	57	Rayonnements lumineux Ultrasons
PERIMED	Equipement Logiciel Matériel annexe	PME	C	Rhône-Alpes	NC	Electrophysiologie Rayonnements lumineux
PERKIN ELMER	Traceur Equipement	Grand groupe	C	IDF	148	Rayonnements lumineux Rayons X Informatique médicale

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
PETNET SOLUTIONS SAS (SIEMENS IT SOLUTIONS ET SERVICES)	Traceur	PME	RPC	IDF	NC	Médecine nucléaire
PHILIPS	Equipement Logiciel Matériel annexe Téléimagerie, PACS	Grand groupe	C	IDF	3 122	Champs magnétiques Electrophysiologie Médecine nucléaire Ultrasons Rayons X Informatique médicale
PHOTONIS	Equipement	ETI	RPC	Limousin	685	Médecine nucléaire Rayonnements lumineux Rayons X
PHYSIP	Logiciel	PME	RPC	IDF	4	Electrophysiologie Informatique médicale
PIXIENCE	Equipement	PME	R	Midi-Pyrénées	5	Rayonnements lumineux
P.M.B.	Equipement	PME	RPC	PACA	89	Médecine nucléaire Rayons X
PRAXIM	Equipement Logiciel	PME	RPC	Rhône-Alpes	NC	Rayonnements lumineux
PRIMAX	Equipement	PME	C	IDF	11	Rayons X
PROMEGA	Traceur	ETI	C	Rhône-Alpes	36	Rayonnements lumineux
PYXALIS	Equipement	PME	RPC	Rhône-Alpes	15	Rayons X
QUALIFORMED	Matériel annexe	PME	RPC	Pays de la Loire	15	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayons X
QUANTEL	Equipement	ETI	RPC	Auvergne	72	Ultrasons
QUANTIFICARE	Equipement Logiciel	PME	RPC	PACA	16	Rayonnements lumineux
QUIDD	Traceur Equipement	PME	RPC	Haute-Normandie	18	Champs magnétiques Médecine nucléaire Ultrasons Rayonnements lumineux
RADIALL	Equipement	ETI	RPC	IDF	964	Champs magnétiques Electrophysiologie
ROBOCATH	Logiciel	PME	R	Haute-Normandie	3	Rayons X
ROPER SCIENTIFIC	Détecteurs Systèmes/équipements (en France)	PME	RPC	IDF	NC	Rayonnements lumineux

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
RPCX	Matériel annexe	PME	RPC	IDF	3	Rayons X
RS2D	Equipement	PME	RPC	Alsace	9	Champs magnétiques
SAINT GOBAIN CRISTAUX ET DETECTEURS	Equipement	Grand groupe	RPC	IDF	127	Rayons X
SAPHYMO	Matériel annexe	PME	RPC	IDF	123	Médecine nucléaire
S.I.R.P.	Matériel annexe	PME	RPC	Pays de la Loire	3	Champs magnétiques Médecine nucléaire Rayons X
SCHILLER MEDICAL (SAS)	Equipement Téléimagerie, PACS	ETI	RPC	Alsace	105	Champs magnétiques Electrophysiologie Informatique médicale
SCHWIND FRANCE EYE-TECH-SOLUTIONS	Equipement Logiciel	PME	C	Alsace	1	Rayonnements lumineux
SEGMENTIX	Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	R	Limousin	3	Champs magnétiques Rayons X Informatique médicale
SIEMENS	Traceur Equipement Logiciel Matériel annexe Téléimagerie, PACS Service (installation, maintenance)	Grand groupe	C	IDF	420	Champs magnétiques Médecine nucléaire Ultrasons Rayons X Informatique médicale
SIRONA	Equipement Logiciel Téléimagerie, PACS	PME	C	IDF	49	Rayons X Informatique médicale
SNVL VARAY LABORIX	Equipement Matériel	PME	RPC	Centre	12	Rayons X
SOFTWAY MEDICAL - WAID	Logiciel Téléimagerie, PACS	ETI	RPC	PACA	210	Informatique médicale
SOLUSCOPE	Matériel annexe	PME	RPC	PACA	98	Rayonnements lumineux
SONOSCANNER	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	5	Ultrasons Informatique médicale
SONOSITE FRANCE	Equipement	ETI	C	IDF	21	Ultrasons
SORIN CRM SAS	Equipement	ETI	RPC	IDF	500	Rayonnements lumineux

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
SPIN-SAFETY	Matériel annexe Services (contrôle qualité, audit, formation, conseil)	PME	RPC	Bretagne	1	Champs magnétiques
STEPHANIX	Equipement Services (installation, maintenance)	PME	RPC	Rhône-Alpes	114	Rayons X
STERIS SURGICAL TECHNOLOGIES	Equipement Matériel annexe	Grand groupe	RPC	Aquitaine	90	Rayonnements lumineux Rayons X
STRAUMANN FRANCE	Equipement Téléimagerie, PACS	ETI	C	IDF	65	Rayonnements lumineux Informatique médicale
STRYKER TRAUMA	Equipement Logiciel	Grand groupe	C	Aquitaine	3	Rayonnements lumineux
SUPERSONIC IMAGINE	Equipement	PME	RPC	PACA	79	Ultrasons
SURGICAL INSTITUTE	Equipement Logiciel Service (contrôle qualité, audit, formation, conseil)	PME	RPC	Rhône-Alpes	15	Rayonnements lumineux Ultrasons Rayons X
SURGIMAB	Traceur Equipement	PME	R	Languedoc-Roussillon	5	Rayonnements lumineux
SURGIVISIO	Equipement Logiciel	PME	R	Rhône-Alpes	5	Rayons X
SURGIRIS	Matériel annexe	PME	RPC	N-PDC	14	Rayonnements lumineux
SYNAPSYS	Equipement Logiciel	PME	RPC	PACA	22	Rayonnements lumineux
TEXAS INSTRUMENT	Equipement Téléimagerie, PACS	Grand groupe	RC	PACA	648	Champs magnétiques Electrophysiologie Ultrasons Rayons X Informatique médicale
THALES	Equipement Logiciel	Grand groupe	RPC	IDF	1 653	Rayons X
THELEME	Téléimagerie, PACS	PME	RPC	Pays de la Loire	13	Médecine nucléaire Informatique médicale
THERACLION	Equipement	PME	RP	IDF	10	Ultrasons
THERENVA	Logiciel	PME	RPC	Bretagne	5	Rayonnements lumineux
TOSHIBA MEDICAL FRANCE	Equipement	Grand groupe	C	IDF	110	Champs magnétiques Ultrasons Rayons X
TRIXELL	Equipement	ETI	RPC	Rhône-	410	Rayons X

Entreprise	Spécialités	Statut	Type d'activité France	Région (siège social)	Emplois (France)	Modalités d'imagerie
				Alpes		
TWIGA	Equipement Logiciel	PME	RPC	Pays de la Loire	1	Rayonnements lumineux Informatique médicale
ULTRASONIX	Equipement Logiciel	PME	C	IDF	2	Electrophysiologie Ultrasons Informatique médicale
USEFUL PROGRESS	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	6	Rayons X Ultrasons
VARIAN	Equipement	Grand groupe	C	IDF	193	Rayons X
VATECH	Equipement Logiciel	ETI	C	IDF	7	Rayons X
VERMON	Equipement	PME	RPC	Centre	130	Rayonnements lumineux Ultrasons
VERRE ET QUARTZ TECHNOLOGIES	Matérielle annexe	PME	RPC	IDF	17	Rayons X
VIMS-SYSTEM	Equipement	PME	RPC	Pays de la Loire	32	Rayonnements lumineux
VISIODENT	Equipement Logiciel	PME	RPC	IDF	42	Rayonnements lumineux Rayons X
VISIOSCOPIE	Téléimagerie, PACS	PME	RPC	IDF	40	Médecine nucléaire Ultrasons Rayons X Informatique médicale

14. ANNEXE 9 : RECENSEMENT DES ENTREPRISES EN FRANCE PAR TYPE DE MODALITÉS

Figure 30 : Recensement des entreprises sur les rayons X

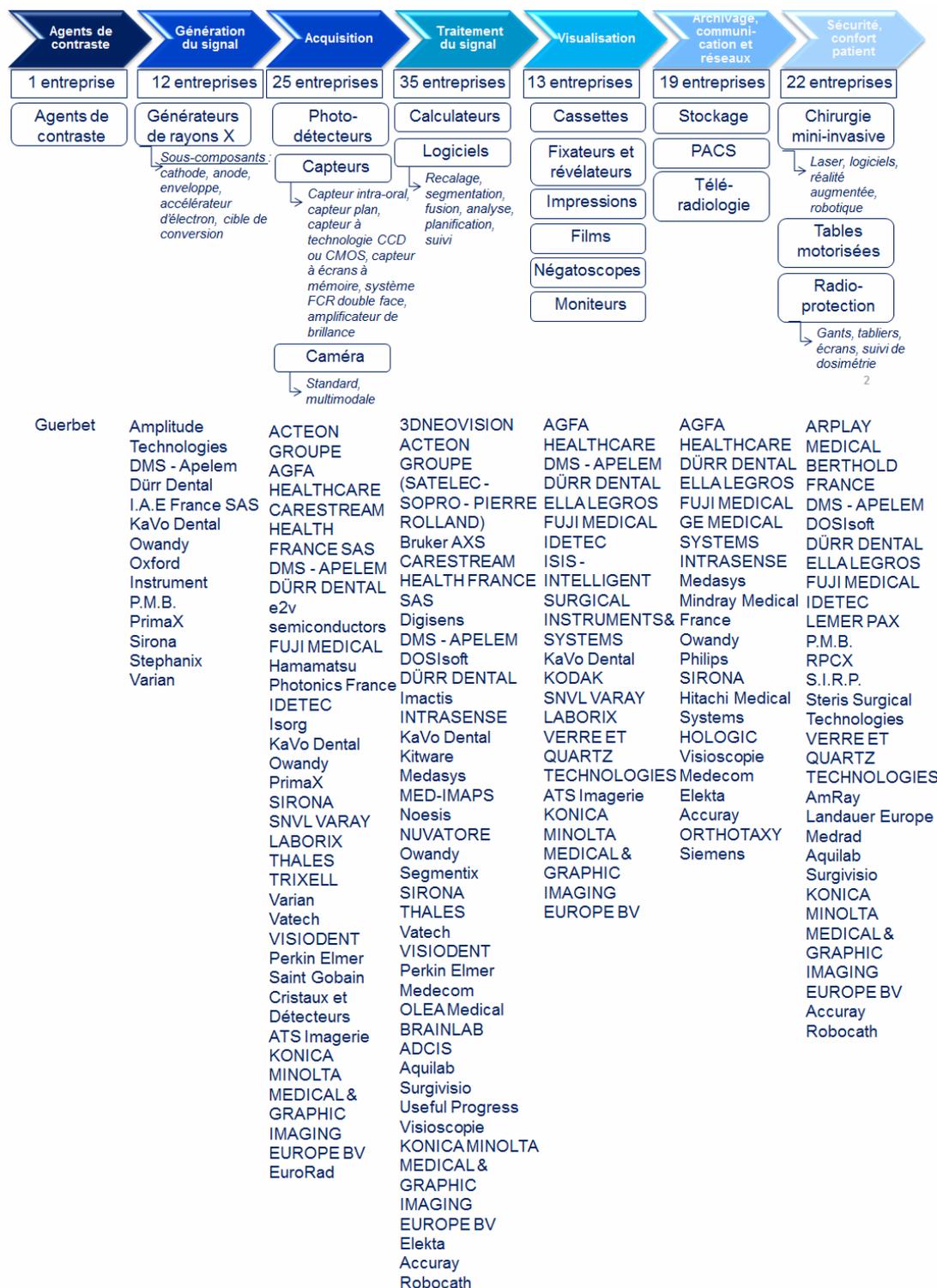


Figure 31 : Recensement des entreprises sur les champs magnétiques

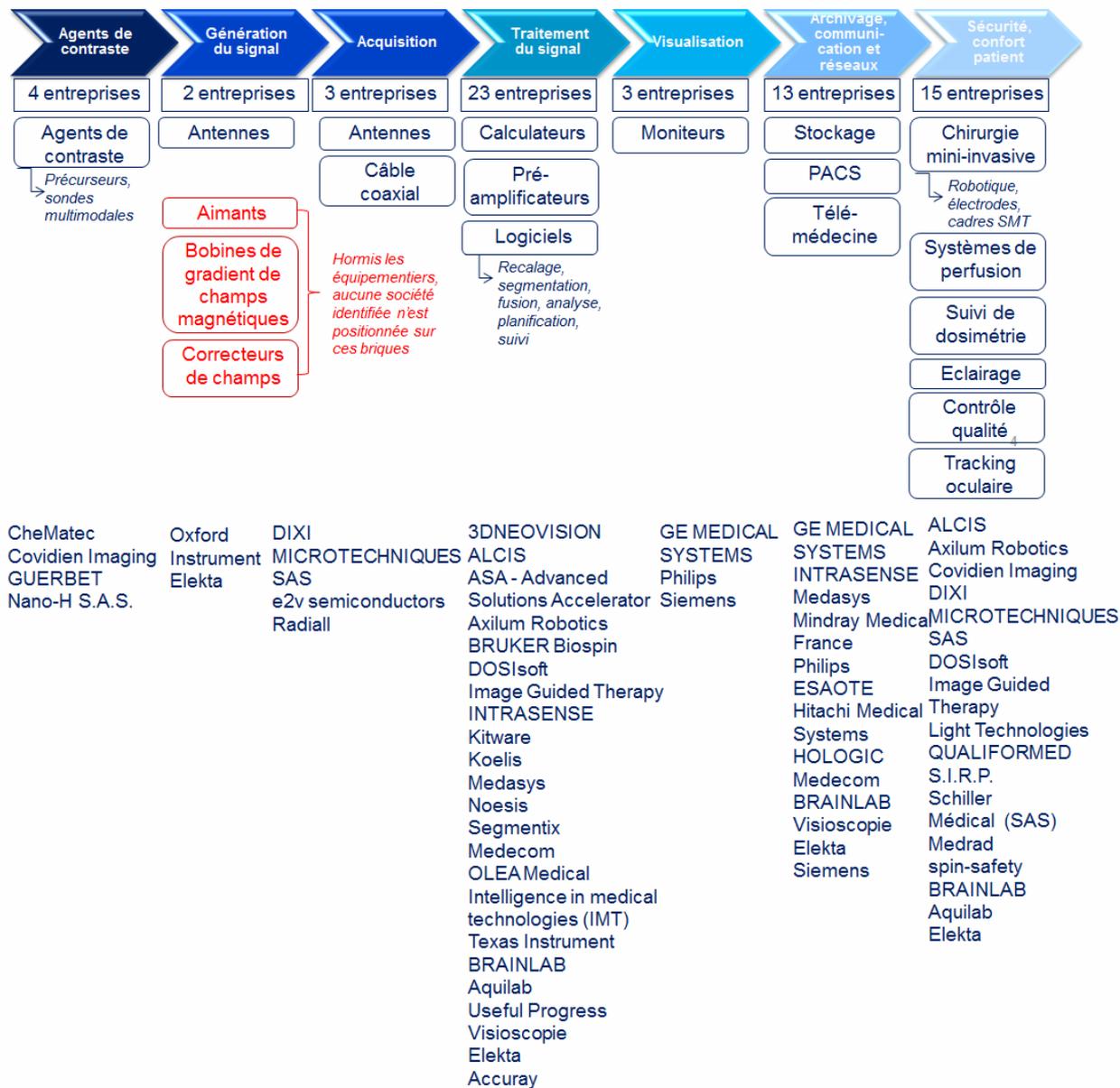


Figure 32 : Recensement des entreprises positionnées sur la médecine nucléaire

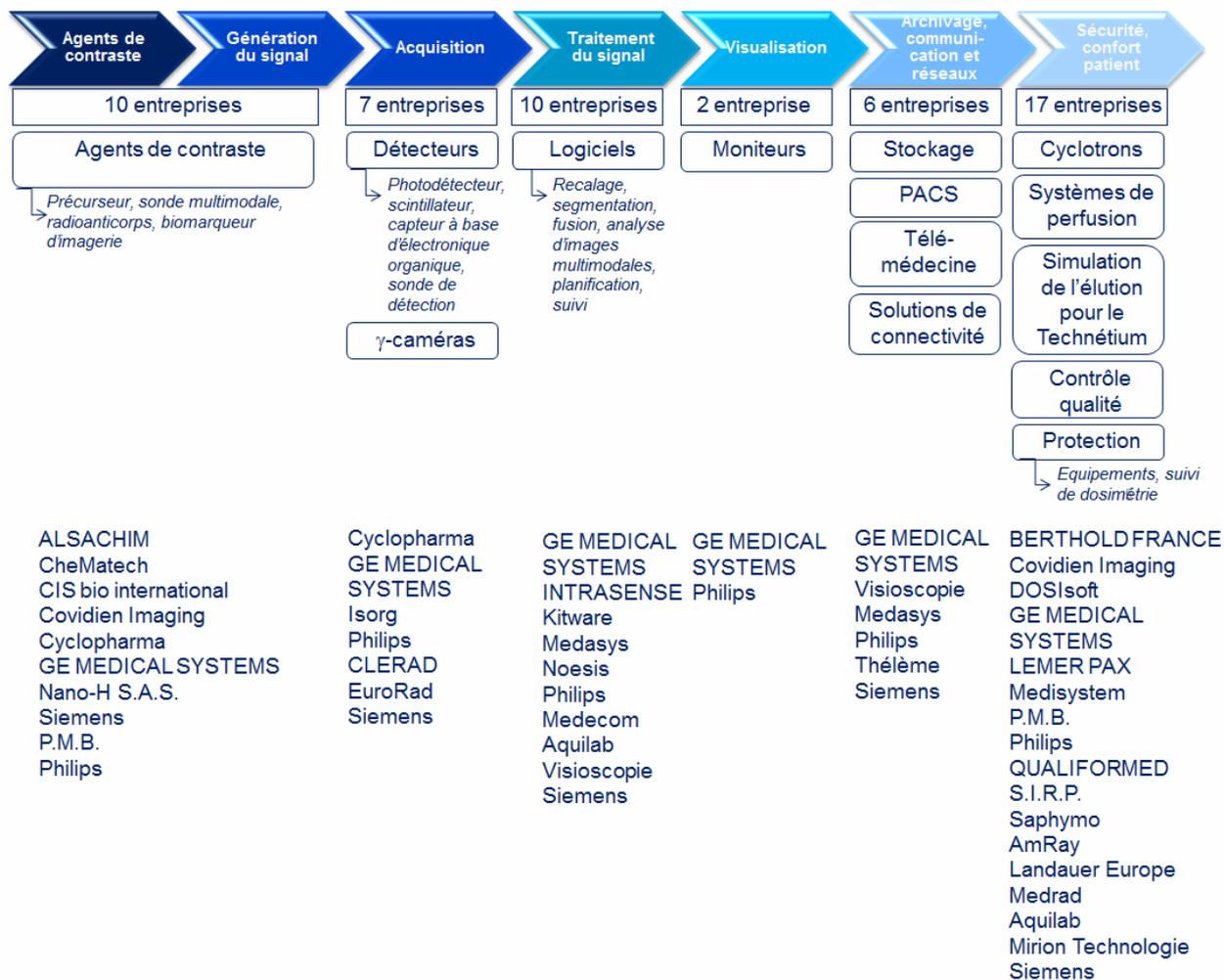


Figure 33 : Recensement des entreprises sur les ultrasons



Figure 34 : Recensement des entreprises sur les rayonnements lumineux

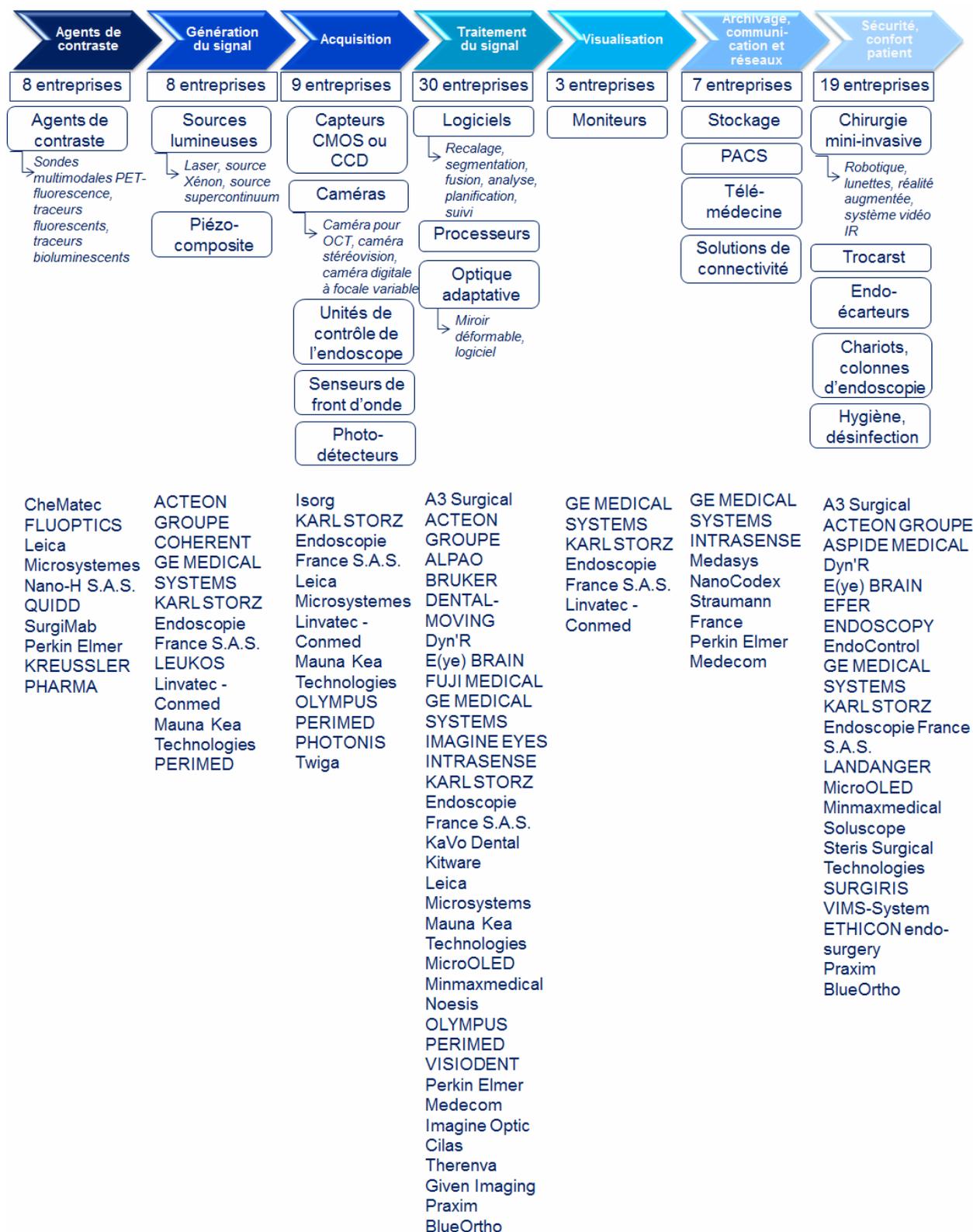
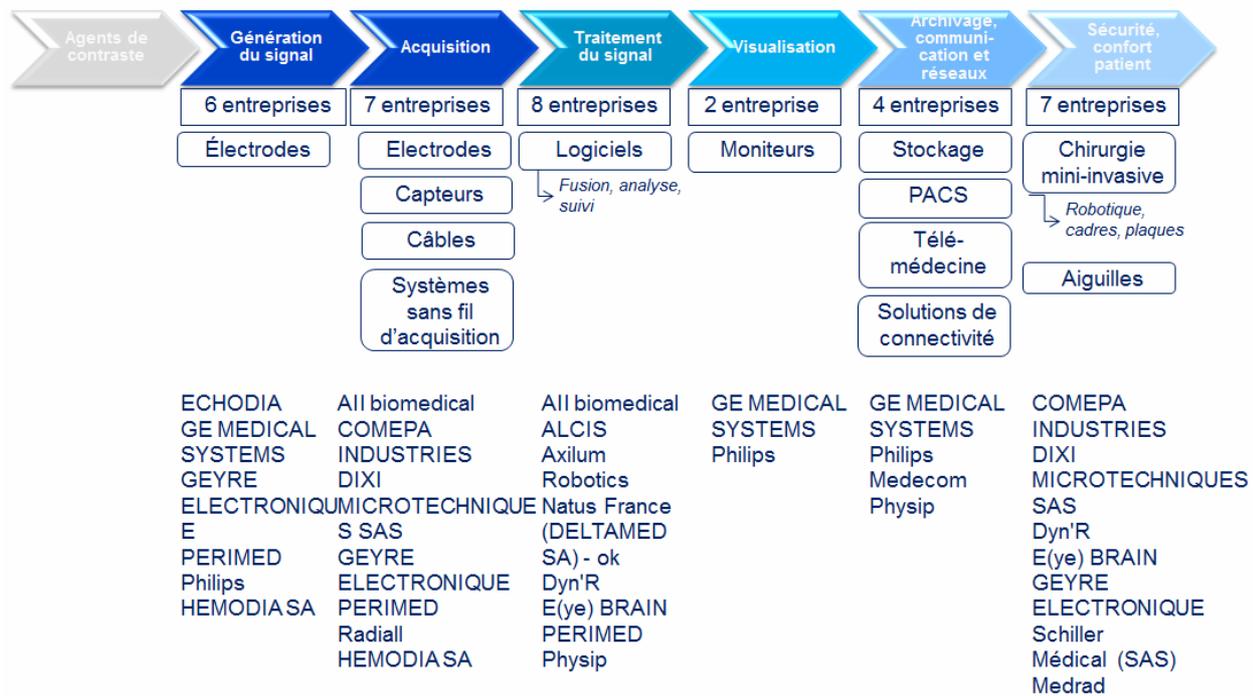


Figure 35 : Recensement des entreprises sur l'électrophysiologie



15. ANNEXE 10 : RECENSEMENT DES DÉPÔTS DE BREVETS LIÉS À L'IMAGERIE MÉDICALE ENTRE 2005 ET 2012

L'analyse sur les dépôts de brevet a nécessité un important travail, en coopération avec l'INPI, de mise en concordance entre la définition de l'imagerie (retenue dans l'étude) et les codes de la classification des brevets CPC (Cooperative Patent Classification). Deux sous-ensembles techniques ont été retenus : un premier sous-ensemble traitant de l'imagerie médicale au sens large (telles que la capture et la reconstruction d'images, l'intervention chirurgicale sous contrôle d'imagerie, etc.) ; un second sous-ensemble rassemblant les brevets relatifs à des traitements thérapeutiques nécessitant l'utilisation technologies d'imagerie⁷⁴. Le recensement des dépôts de brevets français, européens et internationaux a porté sur la période 2005-2012⁷⁵.

Tableau 6 : Codes utilisés pour établir la liste des brevets dans le domaine 1

Classements CPC	Domaines techniques
A61B1	Examen visuel à l'intérieur des cavités corporelles p. ex. endoscopie
A61B3/10 à A61B3/18	Examen optique des yeux
A61B5/0002, A61B5/0033, A61B5/0059, A61B5/0093, A61B5/02, A61B5/03, A61B5/04, A61B5/05, A61B5/06, A61B5/07, A61B5/103, A61B5/117, A61B5/145	Téléométrie, transmission de signaux vitaux via un réseau de communication, caractéristiques liées à l'image des appareils d'imagerie, diagnostic utilisant la lumière, mesure de température, mesures cardiovasculaires, signaux bioélectriques, diagnostic à l'aide de courants électriques ou de champs magnétiques, détection de la forme et des mouvements du corps, identification des personnes
A61B5/08, A61B5/16, A61B5/20, A61B5/22, A61B5/40, A61B5/41, A61B5/42, A61B5/43, A61B5/44, A61B5/45, A61B5/48, A61B5/68, A61B5/70, A61B5/72, A61B5/74	Évaluation des organes respiratoires, psychotechnie, mesure de la force musculaire, ergonomie, mesure des fonctions urologiques, et mesure des systèmes nerveux, gastrointestinal, endo-exocrine, lymphatique, immunitaire, reproducteur, tégumentaire, musculosquelettique et autres fonctions telles la parole, le sommeil ...
A61B6	Appareils pour diagnostic par radiations (rayons X), p. ex. combinés avec un équipement de thérapie par radiations
A61B8	Diagnostic utilisant des ondes ultrasonores, sonores ou infrasonores
A61B17/00234	Chirurgie mini-invasive

⁷⁴ Les listes des codes retenus sont indiquées en annexe 2 du rapport ainsi que les graphiques permettant de visualiser les dépôts de brevets leur correspondant.

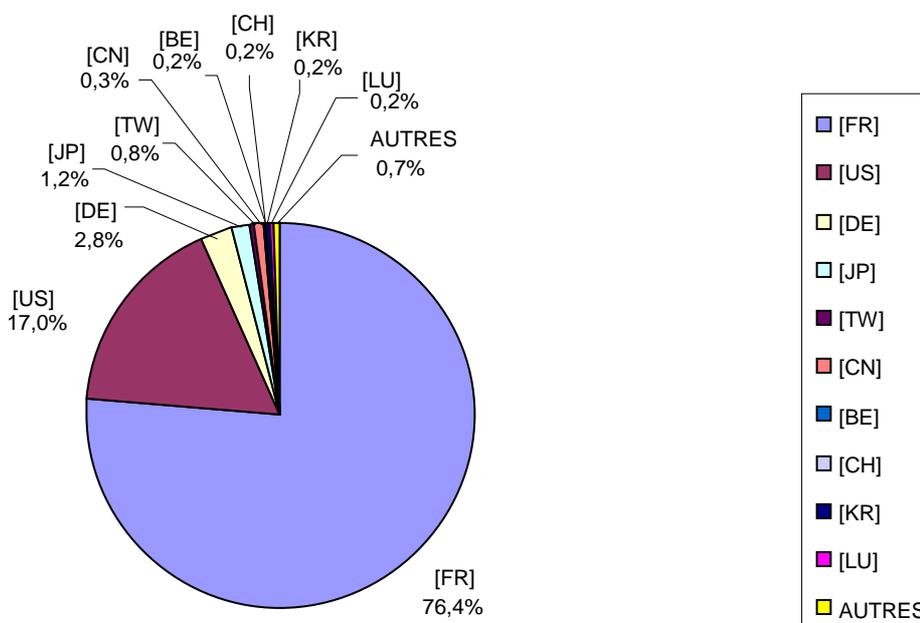
⁷⁵ L'analyse porte sur la période 2005-2012, étant précisé que les bases de données de brevets ne contiennent que des demandes publiées ; la publication officielle d'une demande de brevet n'intervenant qu'à 18 mois de sa date de dépôt ou de priorité, il est nécessaire de prendre en compte ce « trou noir de 18 mois », rendant l'exploitation des résultats incomplète pour les années 2011 et 2012.

A61B19/20, A61B19/28, A61B19/54, A61B19/56	A61B19/22, A61B19/50,	A61B19/26, A61B19/52,	Chirurgie stéréotaxique, robots chirurgicaux, supports pour instruments chirurgicaux, modélisation, simulation et planning assistés par ordinateur,
A61C9/04			Prise d'empreintes numérisées
A61K49			Préparations pour examen <i>in vivo</i>
A61K51			Préparations contenant des substances radioactives pour la thérapie et l'examen <i>in vivo</i>
G01T1/161			Médecine nucléaire, comptage <i>in vivo</i>
G06F19/30			Informatique médicale, (protocoles, archivage, télémedecine, assistance par ordinateur)

Tableau 7 : Codes utilisés pour établir la liste des brevets dans le domaine 2

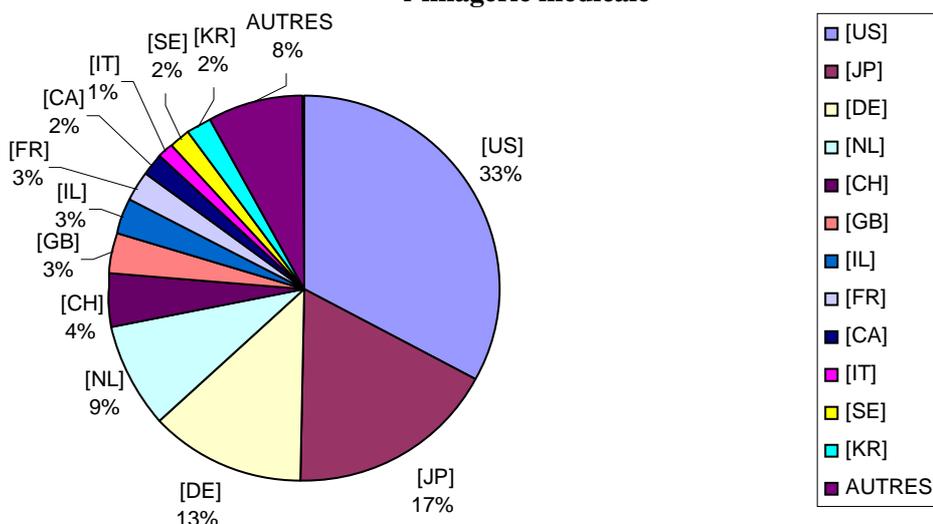
Classements CPC	Domaines techniques
A61N1	Électrothérapie, circuits à cet effet
A61N2	Magnétothérapie
A61N5	Thérapie par radiations
A61N7	Thérapie par ultrasons

Figure 36 : Répartition des dépôts de brevets français en fonction de la nationalité des déposants



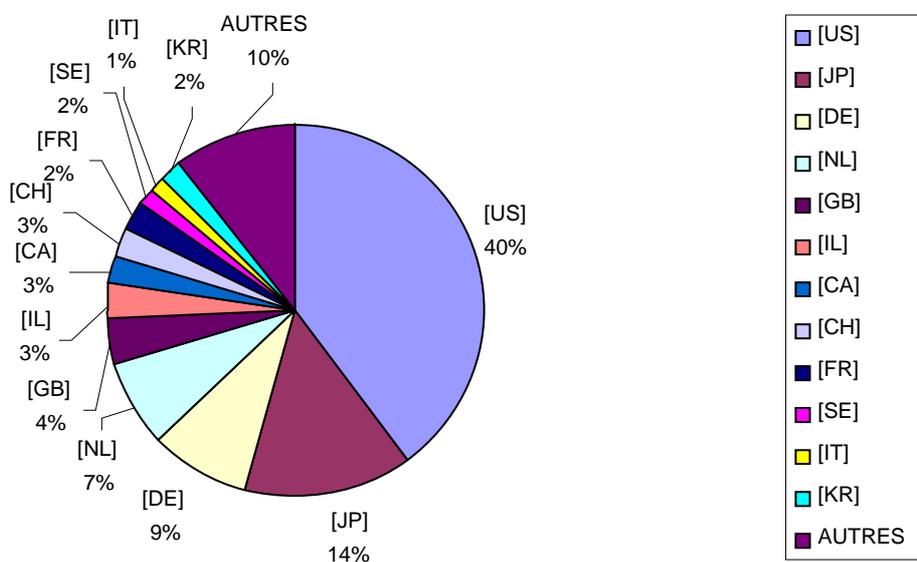
Note : La définition de l'imagerie médicale retenue pour l'identification des brevets est le périmètre de l'imagerie médicale retenu pour l'étude.
 Champ : dépôts de brevets sur la période 2005-2012.
 Source : INPI

Figure 37 : Les dépôts de brevets par voie européenne et par nationalité des déposants dans le domaine de l'imagerie médicale



Note : La définition de l'imagerie médicale retenue pour l'identification des brevets est le périmètre de l'imagerie médicale retenu pour l'étude.
 Champ : dépôts de brevets sur la période 2005-2012.
 Source : INPI.

Figure 38 : Les dépôts de brevets par déposant et par voie internationale dans le domaine de l'imagerie médicale



Note : La définition de l'imagerie médicale retenue pour l'identification des brevets est le périmètre de l'imagerie médicale retenu pour l'étude.
 Champ : dépôts de brevets sur la période 2005-2012.
 Source : INPI.

16. ANNEXE 11 : RECENSEMENT DES FORMATIONS

Liste des **formations continues** enseignées et délivrées dans toutes les facultés de médecine, en France :

Le **DIU Imagerie mammaire** et le **DIU imagerie cardiaque et vasculaire** sont enseignés dans toutes les universités de médecine.

Région	Ville	Nom de la formation
Alsace	Strasbourg	Initiation à l'imagerie morphologique et fonctionnelle du petit animal <i>in vivo</i>
Alsace	Strasbourg	DIU Coronarographie et de catheterisme interventionnel
Alsace	Strasbourg	DIU Imagerie néphro-urologique
Alsace	Strasbourg	DU Imagerie ostéo-articulaire
Alsace	Strasbourg	DIU Imagerie en pathologie du sport
Aquitaine	Bordeaux	IRM 200X
Aquitaine	Bordeaux	Exploration de l'os et de l'infection en médecine nucléaire
Aquitaine	Bordeaux	DU Aquitaine d'imagerie d'urgence
Aquitaine	Bordeaux	DIU Imagerie néphro-urologique, fonctionnelle et interventionnelle
Aquitaine	Bordeaux	Précaution pièges et artefacts en médecine nucléaire (Formation organisée par ACOMEN)
Auvergne	Clermont-Ferrand	La tomographie par émission de positons (TEP) au quotidien (Formation organisée par ACOMEN)
Basse-Normandie	Caen	DIU Imagerie médicale d'urgence
Bourgogne	Dijon	DIU Imagerie en pathologie ostéo-articulaire
Bourgogne	Dijon	DIU Imagerie en pathologie du sport
Bourgogne	Dijon	DU Imagerie par résonance magnétique
Franche-Comté	Besançon	DIU IRM
IDF	Paris	JIRFNI : Oscillations cérébrales en MEG-EEG
IDF	Instn (Saclay)	GATE Training
IDF	Instn (Saclay)	Innovations technologiques en médecine nucléaire
IDF	Instn (Saclay)	TEMP et TEP en recherche
IDF	Instn (Saclay)	Research and medical applications of radiopharmaceuticals
IDF	Instn (Saclay)	Imagerie fonctionnelle et métabolique par RMN
IDF	Paris	Ateliers IRM
IDF	Paris	Le bloc de radiologie vasculaire interventionnelle
IDF	Paris	Les bonnes pratiques en IRM
IDF	Paris	Master de Sciences et Technologie, Mention Physique et applications, Spécialité Optique, matière et plasmas, Parcours professionnel Lasers, matériaux et milieux biologiques
IDF	Paris	DU Formation médicale continue en imagerie médicale
IDF	Paris	DIU Echographie et techniques ultrasonores, Options Echographie générale, de spécialité ou d'acquisition

IDF	Paris	PHRC et conséquences pratiques de la loi Jardé pour les études en imagerie.
IDF	Paris	Méthodologie statistique en imagerie : reproductibilité sur mesures quantitatives et variables qualitatives
IDF	Paris	Les ateliers pratiques de médecine nucléaire
IDF	Le Kremlin-Bicêtre	DIU Imagerie ORL et cervico-faciale
IDF	Le Kremlin-Bicêtre	DIU Imagerie vasculaire non invasive
IDF	Le Kremlin-Bicêtre	DU Imagerie de la femme
IDF	Le Kremlin-Bicêtre	DIU Imagerie en oncologie
IDF	Créteil	DU IRM en pratique clinique
IDF	Paris	DU Imagerie thoracique
IDF	Paris	DU Imagerie gynécologique et mammaire
IDF	Paris	DU Radiologie et imagerie diagnostique du système du nerveux
IDF	Paris	DU Imagerie ante et périnatale
IDF	Paris	DU Imagerie cardio-vasculaire, diagnostic et thérapeutique
IDF	Paris	DU Imagerie en coupes de l'appareil locomoteur
IDF	Paris	DIU Imagerie néphro-urologique
IDF	Paris	DU Imagerie ostéo-articulaire percutanée
IDF	Paris	DIU Imagerie vasculaire non invasive
IDF	Paris	DIU Echographie et imagerie gynécologique et obstétricale
IDF	Paris	DIU Imagerie médicale destinée aux manipulateurs
IDF	Paris	DIU Imagerie néphro-urologique (morphologique fonctionnelle et interventionnelle)
IDF	Paris	DIU Imagerie tête et cou
IDF	Paris	DU IRM appliquée, corps entier
IDF	Paris	DU Imagerie médico-légale
Languedoc-Roussillon	Montpellier	Cardiologie nucléaire (Formation organisée par ACOMEN)
Languedoc-Roussillon	Nîmes	Les caméras hybrides TEMP-TDM en routine clinique (Formation organisée par ACOMEN)
Languedoc-Roussillon	Montpellier	DIU Imagerie néphro-urologique
Languedoc-Roussillon	Montpellier	DIU Imagerie ostéo-articulaire
Languedoc-Roussillon	Montpellier	DIU Imagerie gynécologique
Limousin	Limoges	DIU Imagerie gynécologique
Limousin	Limoges	DU Neuroradiologie Interventionnelle
Lorraine	Nancy	DU Imagerie médicale en pathologie abdominale, option imagerie du pelvis et du rétropéritoine
Lorraine	Nancy	DIU Imagerie en pathologie ostéo-articulaire
Lorraine	Nancy	DIU Imagerie médicale en pathologie sportive
Lorraine	Nancy	DU Corrélations anatomo-physio-pathologiques en imagerie
Lorraine	Nancy	DIU Imagerie en pathologie sportive

Lorraine	Nancy	DIU Endoscopies digestives interventionnelles
Lorraine	Nancy	DIU Imagerie néphro-urologique
Midi-Pyrénées	Albi	L'Accueil en médecine nucléaire (Formation organisée par ACOMEN)
Midi-Pyrénées	Toulouse	Les explorations cérébrales en médecine nucléaire (Formation organisée par ACOMEN)
Midi-Pyrénées	Toulouse	DU Imagerie par résonance magnétique (IRM) clinique
Nord-Pas-de-Calais, Rhône-Alpes	Lille, Lyon	JIRFNI : SPM
PACA	Marseille	School of Clinical MR spectroscopy
PACA	Marseille	School of Small animal imaging
PACA	Marseille	Réunion utilisateurs Siemens pour les manipulateurs du Sud-Est
PACA	Marseille	Formation continue des physiciens IRM sur imageur Siemens
PACA	Marseille	Ecole de l'embolisation
PACA	Marseille	Ecole de l'imagerie cardiovasculaire
PACA	Marseille	Forimed PACA
PACA	Marseille	JIRFNI : IRM/EEG/MEG
PACA	Marseille	JIRFNI : Localisation en MEG-EEG : formation avancée
PACA	Marseille	DIU Echographie et techniques ultrasonores
PACA	Aix-en-Provence	Bases physiques imagerie nucléaire contrôle qualité des appareillages
PACA	Nice	Prothèses orthopédiques et médecine nucléaire
PACA	Marseille	Cardiologie nucléaire
PACA	Marseille	La Tomographie par Emission de Positons (TEP) au quotidien
PACA	Avignon	La certification en médecine nucléaire (Formation organisée par ACOMEN)
PACA	Toulon	L'hygiène en médecine nucléaire : du radiopharmaceutique au patient (Formation organisée par ACOMEN)
PACA	Marseille	DU Formation complémentaire en imagerie médicale
PACA	Marseille	DIU IRM - applications cliniques
PACA	Marseille	DU Résonance magnétique nucléaire biomédicale
PACA	Marseille	DIU Endoscopies digestives interventionnelles
PACA	Marseille	DIU Imagerie génito-urinaire
PACA	Nice (Sophia-Antipolis)	DIU Endoscopies digestives interventionnelles
Rhône-Alpes	Lyon	JIRFNI : Neuroanatomie pour imageurs
Rhône-Alpes	Lyon	JIRFNI : Formation MEG débutant
Rhône-Alpes	Lyon	JIRFNI : TEP
Rhône-Alpes	Lyon	JIRFNI : Formation IRM pour débutants
Rhône-Alpes	Grenoble	JIRFNI: Initiation à la neuroimagerie du petit animal par IRM

Rhône-Alpes	Grenoble	Formation en Neuroimagerie - Méthodes d'électrophysiologie (EEG, MEG) appliquées aux recherches en sciences cognitives et cliniques
Rhône-Alpes	Grenoble	La chaîne de l'image : de la détection au traitement
Rhône-Alpes	Grenoble	Master Professionnel Ultrasons Images Signal
Rhône-Alpes	Lyon	DIU Échographie et techniques ultra-sonores
Rhône-Alpes	Lyon	Ganglion sentinelle et cancer du sein
Rhône-Alpes	Saint-Etienne	Les caméras hybrides TEMP-TDM en médecine nucléaire
Rhône-Alpes	Lyon	Les explorations uro-néphrologiques en médecine nucléaire (Formation organisée par ACOMEN)
Rhône-Alpes	Grenoble	DU Sénologie
Rhône-Alpes	Lyon	DIU Formation en imagerie médicale

Liste des **formations diplômantes spécifiques** recensées par France Life Imaging :

Le DES de médecine nucléaire et le DES de radiologie et imagerie médicale sont enseignés dans toutes les universités de médecine.

Région	Ville	Nom de la formation
Alsace	Strasbourg	Master IRIV : Imagerie Robotique et Ingénierie du Vivant, Spécialité imagerie du vivant, robotique médicale et chirurgicale
Aquitaine	Bordeaux	Master International de Bio-imagerie
Auvergne	Clermont-Ferrand	Master Technologies biomédicales, Spécialité Technologie pour la médecine
Bourgogne	Dijon	Master Informatique, instrumentation de l'image et imagerie médicale
Bretagne, Pays de la Loire	Brest, Rennes, Angers	Master Signaux et image en biologie et médecine
Centre	Tours	Master Imagerie et Physique Médicales
IDF	Paris	Master Informatique, Spécialité Imagerie du vivant
IDF	Le Kremlin-Bicêtre	Master de Physique médicale, Spécialité Imagerie médicale
IDF	Paris	Master BME (Biomedical Engineering), Spécialité Bioimagerie
IDF	ESPCI (Paris)	Master BME (Biomedical Engineering), Spécialité Bioingénierie et innovation en neuroscience
IDF	Créteil	Master Signaux et images en médecine
IDF	Instn (Saclay)	DESC Radiopharmacie
IDF	Paris	DU IRM corps entier
IDF	Paris	DIU Pathologie neurovasculaire
IDF	Paris	DIU Imagerie neurovasculaire
IDF	Paris	DIU Imagerie médicale destiné aux manipulateurs
IDF	Paris	DIU Echographie et techniques ultrasonores, Options Echographie générale, de spécialité ou d'acquisition

Midi-Pyrénées	Toulouse	Master Radiophysique et imagerie médicale, Option Imagerie médicale
PACA	Sophia-Antipolis (Nice) Campus Sophia Tech	Master of Science in Computational biology and biomedicine
PACA	Nice	Master SVS, Spécialité Imagerie et systèmes appliqués en biologie
PACA	Marseille	Polytech Marseille, Formation ingénieur Génie biomédical
PACA	Marseille	DU de RMN biomédicale
PACA	Marseille	DIU Echographie et techniques ultrasonores
Rhône-Alpes	Grenoble	Master Ingénierie de la santé et du médicament, Spécialité : Modèle, innovation technologique et imagerie
Rhône-Alpes	Villeurbanne	Master ISM, Parcours Instrumentation et imagerie médicale
Rhône-Alpes	Villeurbanne	Diplôme d'Ingénieur, Spécialité Génie biomédical

17. SIGLES

ACOMEN	Association Action Concertée en Médecine Nucléaire
AMM	Autorisation de Mise sur le Marché
ARS	Agence Régionale de Santé
AVIESAN	Alliance pour les sciences de la vie et de la santé
CATI	Centre d'Acquisition et de Traitement des Images
CERF	Collège des Enseignants de Radiologie de France
CHU	Centre Hospitalo Universitaire
CIC	Centre d'investigation clinique
CIC IT	Centre d'investigation clinique Innovation Technologique
CIRC	Centre International de recherche sur le Cancer
CPC	Cooperative Patent Classification
CRO	Contract Research Organisation
DGOS	Direction Générale de l'Offre de Soins
DM	Dispositifs médicaux
ECG	Électrocardiographie
EEG	Électroencéphalographie
ETI	Établissement de Taille Intermédiaire
GMCAO	Gestes Medico-chirurgicaux Assistés par Ordinateur
FBI	France Bio Imaging
FLI	France Life Imaging
HAS	Haute Autorité de Santé
HCS	Criblage à haut contenu
HIFU	Ultrasons focalisés de haute intensité
IBiSA	Infrastructures Biologie Santé et Agronomie
IBL	Imagerie par bioluminescence
IHU	Institut Hospitalo Universitaire
INPI	Institut National de la Propriété Industrielle
INSEE	Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
IRM	Imagerie par Résonance Magnétique
IRT	Institut de Recherche Technologique
ITMO TS	Institut Thématique Multi Organisme des Technologies pour la Santé
ISA	Association Imagerie Santé Avenir
MEG	Magnétoencéphalographie
OCT	Tomographie par Cohérence Optique
PACA	Provence-Alpes-Côte d'Azur

PACS System	Picture Archive and Communication
PHRC	Programme Hospitalier de Recherche Clinique
PIA	Programme d'Investissements d'Avenir
PME	Petite et Moyenne Entreprise
Programme STIC	Programme de Soutien aux Infrastructures Innovantes et Couteuses
Réseau F-CRIN	French Clinical Research Infrastructure Network
RSNA	Radiological Society of North America
SNITEM	Syndicat National de l'Industrie des Technologies Médicales
TEMP	Tomographie d'Emission Monophotonique
TEMP-CT	Tomoscintigraphie par Emission Monophotonique
TEP	Tomographie par émission de positons
TPE	Très Petite Entreprise
TRC	Technicien en Recherche Clinique

18. DÉFINITIONS

Absorptiométrie biphotonique à rayons X	Il s'agit d'une méthode d'imagerie médicale basée sur la comparaison de l'atténuation de rayons X de deux énergies différentes. Cette méthode est notamment utilisée en ostéodensitométrie qui est un examen médical permettant de mesurer la densité de l'os.
Centre d'investigation Clinique (CIC)	Les centres d'investigation clinique (CIC) sont des infrastructures de recherche clinique mises à la disposition des investigateurs pour y réaliser leurs projets de recherche clinique et en santé. Il peut s'agir de projets visant à mieux comprendre une maladie et dont l'idée est née des résultats des travaux dans les laboratoires de recherche, de l'Inserm par exemple. Il peut également s'agir de projets testant de nouveaux traitements. Les CIC sont gouvernés par une double tutelle, la Direction de l'hospitalisation et de l'organisation des soins (DHOS) du Ministère des Affaires Sociales et de la Santé et l'Inserm.
Cone Beam scanner	Il s'agit d'une technique d'imagerie volumique 3D basée sur l'utilisation d'un faisceau radiographique conique, permettant d'obtenir des coupes plus fines et des doses plus faibles que le scanner.
CT-scanner / Tomodensitométrie / Scanographie	Il s'agit d'une technique d'imagerie médicale qui consiste à mesurer l'absorption des rayons X par les tissus puis, par traitement informatique, à numériser et enfin reconstruire des images 2D ou 3D des structures anatomiques.
Doppler	L'échographie Doppler est un examen médical échographique non invasif qui permet d'explorer les flux sanguins intracardiaques et intravasculaires. Il existe aujourd'hui des écho-doppler 2D, 3D et 4D.
Échographie	L'échographie repose sur l'utilisation des ultrasons. Ceux-ci sont émis par une sonde, traversent les tissus puis sont renvoyés vers la sonde sous la forme d'un écho. Ce signal, une fois recueilli, va être analysé par un système informatique qui retransmet en direct une image sur un écran vidéo.
Élastographie	Il s'agit d'une méthode d'imagerie dont le but est de produire une cartographie relative à l'élasticité des tissus examinés, <i>via</i> l'émission d'ultrasons.
Électrocardiographie (ECG)	L'électrocardiographie est une représentation graphique de l'activité électrique du cœur.
Électroencéphalographie (EEG)	L'électroencéphalographie est une méthode qui renseigne sur l'activité neurophysiologique du cerveau au cours du temps, en mesurant l'activité électrique de ce dernier.

Électromyographie	L'électromyographie permet d'enregistrer les courants électriques qui accompagnent l'activité musculaire. Elle permet d'étudier le système nerveux périphérique, les muscles et la jonction neuromusculaire.
Éndomicroscopie confocale	Il s'agit d'une technique d'imagerie multimodale combinant la microscopie confocale et l'endoscopie afin d'observer les structures des cavités du corps humain en temps réel et à l'échelle microscopique.
Éndoscopie	L'endoscope est composé d'un tube optique muni d'un système d'éclairage, couplé à une caméra vidéo, permettant de visualiser l'intérieur de cavités inaccessibles à l'œil.
Imagerie de Fluorescence	Il s'agit d'une technique d'imagerie basée sur la détection de la lumière émise par un fluorophore en réponse à une excitation d'une longueur d'onde donnée.
Imagerie par bioluminescence	L'imagerie par bioluminescence (IBL) permet la détection et la quantification <i>in vivo</i> de cellules particulièrement conçues pour émettre un rayonnement lumineux suite à un stimulus <i>in vivo</i> .
IRM (1T, 4.7T, 11.7T)	Il s'agit d'une technique d'imagerie basée sur l'utilisation des champs magnétiques. Elle permet de faire des images en coupes et de reconstruire en 3D la structure analysée. La technique consiste à faire vibrer les noyaux d'hydrogène qui composent les tissus de l'organisme. Ces noyaux renferment en effet des protons qui vont agir comme des aimants. En vibrant, ils émettent des signaux qui vont être captés par une antenne puis être transformés en images.
IRM fonctionnel	Technique d'imagerie par résonance magnétique nucléaire permettant de cartographier les activités fonctionnelles du cerveau.
Oxymétrie	Un oxymètre est un appareil permettant la mesure du taux de saturation de l'hémoglobine en oxygène, dans le cadre de la surveillance de la fonction respiratoire notamment.
PET-Fluorescence	Il s'agit d'une technique d'imagerie multimodale combinant la tomographie par émission de positons et l'imagerie par fluorescence. Elle est basée sur l'utilisation de nanoparticules fluorescentes radiomarquées dont on va pouvoir mesurer la biodistribution, non seulement au niveau des organes mais également au niveau d'un type cellulaire particulier au sein de l'organe.
Scanner micro-CT / microtomographie par rayons X	Il s'agit d'une technique de tomographie non-destructrice utilisée pour retranscrire une image en 3D d'un échantillon. Il s'agit d'une version miniaturisée des CT-scanners, utilisée principalement en phase pré-clinique.
Spirométrie	Il s'agit d'un test de mesure de la respiration consistant à mesurer des volumes d'air inspirés et expirés par un patient ainsi que les débits s'y

rattachant.

Stéréovision	La stéréovision est une méthode de reconstruction tridimensionnelle, basée sur des séquences vidéo multi-caméra, pour l'analyse ou le suivi du mouvement d'objets déformables en temps réel et sans marqueur.
Télédiagnostic	Le télédiagnostic se rattache à la téléconsultation médicale, au sens du décret d'application de la définition légale de la télémédecine (décret télémédecine n° 2010-1229 du 19 octobre 2010) : il s'agit, pour le médecin radiologue, d'organiser la réalisation sous son contrôle distant, par un manipulateur, d'un examen d'imagerie médicale puis de l'interpréter et de rendre compte de son résultat, de la façon la plus similaire possible à ce qu'il aurait fait sur place .
Téléexpertise	La téléexpertise a pour objets (selon le décret télémédecine précédemment cité) de permettre à un professionnel médical de solliciter à distance l'avis d'un ou de plusieurs professionnels médicaux en raison de leurs formations ou de leurs compétences particulières, sur la base des informations médicales liées à la prise en charge d'un patient
Téléimagerie	L'objectif majeur de la téléimagerie est l'échange et le partage entre professionnels de santé, d'examens d'imagerie médicale et de données cliniques ou biologiques permettant le diagnostic de la maladie. Cette coopération permet aussi l'élaboration et la planification de la stratégie thérapeutique, ainsi que le suivi de son efficacité, voire le choix de traitements alternatifs en cas d'échec. La téléimagerie peut donc être considérée comme une pratique médicale coopérative d'aide à la décision clinique basée sur l'image ⁷⁶ .
Tomographie par Cohérence Optique (OCT)	Il s'agit d'une technique d'imagerie des milieux biologiques basée sur l'interférométrie en lumière faiblement cohérente. L'OCT plein champ est une technique particulière d'OCT, dans laquelle des coupes transverses de l'échantillon biologique sont obtenues sans aucun balayage, permettant ainsi de révéler de manière non invasive la structure interne 3D de l'échantillon avec une résolution spatiale micrométrique.
Tomographie d'Emission Monophotonique, (TEMP) / Tomoscintigraphie par Emission Monophotonique / TEMP-CT	Il s'agit d'une technique d'imagerie des milieux biologiques basée sur l'interférométrie en lumière faiblement cohérente. L'OCT plein champ est une technique particulière d'OCT, dans laquelle des coupes transverses de l'échantillon biologique sont obtenues sans aucun balayage, permettant ainsi de révéler de manière non invasive la structure interne 3D de l'échantillon avec une résolution spatiale micrométrique.

⁷⁶ Recommandations du SNITEM et du Conseil professionnel de la radiologie : "La téléimagerie, une réalité croissante dans l'offre de soins", 2011.

Tomographie par émission de positons (TEP) ou TEP-scan / TEP-CT

La TEP est une technique d'imagerie fonctionnelle. Elle permet de mesurer en 3D l'activité métabolique d'une cellule ou d'un organe, grâce aux émissions produites par les positons issus de la désintégration d'un produit radioactif injecté au préalable. Désormais le standard de référence est le TEP-CT : les constructeurs ne commercialisent que des équipements multimodaux croisant TEP et scanner.

Traceurs / radiopharmaceutiques

Les produits radiopharmaceutiques sont des médicaments contenant des radionucléides, dont le rayonnement est utilisé à des fins diagnostiques, pronostiques ou thérapeutiques.

Ultrasons focalisés de haute intensité (HIFU)

Il s'agit d'une technique basée sur l'utilisation d'ultrasons, permettant de faire l'ablation thermique d'un tissu biologique pathologique ou non chez les êtres vivants.

19. INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des entreprises de la filière de l'imagerie médicale implantées en France, par brique technologique	- 36 -
Tableau 2 : Répartition des entreprises de la filière de l'imagerie médicale implantées en France, par modalité d'imagerie.....	- 37 -
Tableau 3 : Synthèse des leviers pour le développement de l'imagerie médicale du futur...-	66 -
Tableau 4 : Composition et positionnement des nœuds de FLI.....-	89 -
Tableau 5 : Composition et positionnement des nœuds de FBI.....-	90 -
Tableau 6 : Codes utilisés pour établir la liste des brevets dans le domaine 1.....-	119 -
Tableau 7 : Codes utilisés pour établir la liste des brevets dans le domaine 2.....-	120 -

20. INDEX DES FIGURES

Figure 1 : La chaîne de valeur de l'imagerie médicale	- 17 -
Figure 2 : L'imagerie médicale par modalité et par axe thérapeutique.....	- 18 -
Figure 3 : Représentation schématique de l'accès au marché et de la prise en charge de l'imagerie médicale.....	- 21 -
Figure 4 : Répartition du marché des agents de contraste	- 27 -
Figure 5 : Les maillons clés de l'imagerie médicale	- 29 -
Figure 6 : Pôles de compétences académiques en imagerie médicale en France.....	- 30 -
Figure 7 : Répartition des laboratoires par modalité	- 31 -
Figure 8 : Les nœuds régionaux des infrastructures.....	- 32 -
Figure 9 : Répartition des Centres d'Investigation Clinique-Innovation Technologique (CIC-IT)	- 33 -
Figure 10 : Répartition par modalité des projets collaboratifs de R&D soutenus par les pouvoirs publics français.....	- 34 -
Figure 11 : Répartition géographique et typologie des entreprises en France dans le domaine de l'imagerie médicale.....	- 35 -
Figure 12 : Les dépôts de brevets par déposant et par voie internationale dans le domaine de l'imagerie médicale.....	- 38 -
Figure 13 : Les dépôts de brevets par voie européenne et par nationalité des déposants dans le domaine de l'imagerie médicale	- 39 -
Figure 14 : Répartition par spécialité des formations continues des praticiens, techniciens ou scientifiques (en %)	- 40 -
Figure 15 : Répartition par spécialités des formations diplômantes des praticiens, techniciens ou scientifiques (en %).....	- 40 -

Figure 16 : Les 91 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur des rayons X en France (certaines couvrent plusieurs segments).....	- 41 -
Figure 17 : Diagnostic de la filière des rayons X en France	- 42 -
Figure 18 : Les 46 entreprises positionnées sur les champs magnétiques en France sur la chaîne de valeur (certaines couvrent plusieurs segments).....	- 43 -
Figure 19 : Diagnostic de la filière des champs magnétiques en France	- 43 -
Figure 20 : Les 36 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur de la médecine nucléaire en France (certaines couvrent plusieurs segments).....	- 44 -
Figure 21 : Diagnostic de la filière de la médecine nucléaire en France	- 45 -
Figure 22 : Les 43 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur des ultrasons en France (certaines couvrent plusieurs segments).....	- 45 -
Figure 23 : Diagnostic de la filière des ultrasons en France	- 46 -
Figure 24 : Les 84 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur des rayonnements lumineux en France (certaines couvrent plusieurs segments).....	- 47 -
Figure 25 : Diagnostic de la filière des rayonnements lumineux en France	- 47 -
Figure 26 : Les 35 entreprises positionnées sur la chaîne de valeur de l'électrophysiologie en France (certaines couvrent plusieurs segments).....	- 48 -
Figure 27 : Diagnostic de la filière de l'électrophysiologie en France	- 48 -
Figure 28 : Les entreprises positionnées sur la chaîne de valeur de l'imagerie biologique en France	- 50 -
Figure 29 : équipement des pays en appareils d'imagerie médicale en 2011.....	- 77 -
Figure 30 : Recensement des entreprises sur les rayons X	- 113 -
Figure 31 : Recensement des entreprises sur les champs magnétiques.....	- 114 -

Figure 32 : Recensement des entreprises positionnées sur la médecine nucléaire	- 115 -
Figure 33 : Recensement des entreprises sur les ultrasons.....	- 116 -
Figure 34 : Recensement des entreprises sur les rayonnements lumineux	- 117 -
Figure 35 : Recensement des entreprises sur l'électrophysiologie.....	- 118 -
Figure 36 : Répartition des dépôts de brevets français en fonction de la nationalité des déposants	- 120 -
Figure 37 : Les dépôts de brevets par voie européenne et par nationalité des déposants dans le domaine de l'imagerie médicale	- 121 -
Figure 38 : Les dépôts de brevets par déposant et par voie internationale dans le domaine de l'imagerie médicale.....	- 121 -

21. LISTE DES STRUCTURES CONSULTÉES DANS LE CADRE DE L'ÉTUDE

Agence Nationale de Sécurité du Médicament (ANSM)
Agence Régionale de Santé (ARS)
Aix-Marseille Université
AP-HP
APHP Paris, La Pitié – Université Pierre et Marie Curie (UPMC)
Bundesministerium für Bildung und Forschung (Ministère allemand de l'Education et la Recherche)
Capsule technologie
CATI (Centre d'acquisition et de traitement automatisé de l'Image)
CEA
CEA Leti
CENIR - Centre de NeuroImagerie de Recherche
Centre de Recherche de l'Institut du Cerveau et de la Moelle Epinière - Equipe COGImage
Centre Oscar Lambret - Lille
CERIMED [Centre Européen de Recherche en Imagerie MEDicale]
CheMatech
CHRU de Lille
CHU Besançon
CHU d'Amiens-Picardie
CHU de Bordeaux
CHU de Caen
CHU de Nantes
CHU Grenoble
CIRA
CIS Bio International (IBA)
Clarins
Comité Economique des Produits de Santé (CEPS)
Conseil Général de l'économie, de l'Industrie, de l'Energie et des Technologies
CRAN Nancy
CREATIS - Centre de Recherche en Acquisition et Traitement de l'Image pour la Santé
CRITT Santé Bretagne
Cyceron
DIRECCTE Ile-de-France
DMS
Dosisoft
Eos Imaging
Erasmus Medical University Rotterdam
ESR (european society of radiology)
ETIAM
Explora Nova
Explore vision
EyeTechCare
Faculté de médecine, Université de Montréal (UdM)
Fluigent
Fluoptics

France BioImaging
France Life Imaging
GE Healthcare
Given Imaging
Guerbet
Hôpital de la Timone
Hôpital Européen Georges Pompidou, INSERM U872
Hôpital Henri Mondor
Hôpital intercommunal de Créteil
Hôpital Jean Minjoz - Réseau Télémedecine et neurologie en Franche-Comté
Hôpital Wertheimer- Hospices civils de Lyon
IBA Dosimetry
Illinois Institute of Technology
IMSTAR
Insitut de BioImagerie
Institut de la Vision
Institut des Neurosciences de Grenoble
Institut des Sciences Biologiques (INSB) - cnrs
Institut du Cerveau et de la Moelle Epinière (ICM)
Institut Langevin
Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3)
Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (IN2P3) - cnrs
KAIST
Laboratoire d'Imagerie et Neurosciences Cognitives (LINC-IPB)
Laboratoire d'imagerie paramétrique, UMR 7623
Laboratory of Computer Sciences, Image science and Teledetection – Strasbourg (LSIIT)
LDM-TEP : Laboratoire de Développements Méthodologiques en Tomographie par Emission de Positons
LEEM
Mauna Kea Technologies
Medasys
Medical Imaging Research Center (MIRC) at the Pritzker Institute of Biomedical Science and Engineering
Medtronic
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
NEUROSPIN
Olea Medical
Oncodesign
Orange
Philips
Philips Healthcare NL
PIIV Strasbourg
Pitié Salpêtrière
PrimaX
RMN biomédical et Neurosciences (IRF1)
Roche
Route des lasers
SANOFI
Servier

SFIPP - Société Francophone d'Imagerie Pédiatrique et Périnatale
SFR - Groupe de travail informatique
SFR - Groupe de travail téléradiologie
SIAD - Société d'Imagerie abdominale et digestive
SIMS - Société d'Imagerie Musculo-Squelettique
SNITEM
Société Française de Médecine Nucléaire et d'Imagerie Moléculaire (SFMN)
Société française de radiothérapie oncologique
Spincontrol
SuperSonic Imagine
Surgical Institute
Telecom ParisTech - Département Traitement du Signal et des Images
Thales - Microwave & Imaging Sub-Systems
The Israel Radiological Association (ISRA)
Trixiell
U 759 INSERM/Institut Curie imagerie intégrative : de la molécule à l'organisme
Université de Bordeaux Segalen
Université Joseph Fourier - Techniques de l'Ingénierie Médicale et de la Complexité - Informatique, Mathématiques et Applications de Grenoble (TIMC-IMAG)
Zeiss

22. BIBLIOGRAPHIE

L'adaptation de la société au vieillissement de sa population : France : année zéro ! par Luc Broussy, Rapport remis à Monsieur le Premier ministre, 2013

Les conditions de satisfaction des besoins de communication à Très Haut Débit des acteurs de la santé, Rapport CGEIET, Jean-Pierre Dardayrol, Claudine Duchêne, Robert Picard, Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, 2011

Les conditions de satisfaction des besoins de communication à Très Haut Débit des acteurs de la santé, Compléments au rapport CGEIET, Résultats de l'enquête « Delphi », Robert Picard, Bruno Salgues, Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie, 2011

Contrat de la filière Industries et Technologies de Santé, Conseil national de l'Industrie, 2013

Le dispositif médical innovant Attractivité de la France et développement de la filière, Rapport de la mission présidée par Jacques Lewiner en collaboration avec Jacques Le Pape, Centre d'Analyse Stratégique, 2012

Dispositifs médicaux : Comment résoudre l'inadéquation ? Rapport final du projet Dispositifs médicaux prioritaires, Organisation Mondiale de la Santé, 2012

Dispositifs médicaux : diagnostic et potentialités de développement de la filière française dans la concurrence internationale, Développement & Conseil, DGCIS prospective, Pipame, 2011.

La « e-imagerie » médicale, Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé, 2011

État de l'art en Imagerie médicale, Marc Pommier, Groupe d'experts AFIB, 2010

Livre blanc du Collège national des cardiologues des hôpitaux (CNCH), Conseil National des Cardiologues des Hôpitaux, 2012

Livre blanc de la médecine nucléaire, Société Française de médecine nucléaire, 2012

Organisation radiologique de la prise en charge des urgences, Conseil Professionnel de la Radiologie Française, 2012

Orientations stratégiques, Institut Thématique Multi Organisme des Technologies pour la Santé (ITMO-TS), décembre 2011

PACS mutualisés : Aide à la mise en œuvre, Marie-Noëlle Billebot, Appui Santé et médico-social (ANAP), 2012

La place de l'imagerie dans le développement clinique et pré-clinique des nouveaux médicaments dans les pathologies neurodégénératives, Wladimir Kawiecki, Alexis Genin, Alexandra Auffret, EDP Sciences, 2012

Projections de population à l'horizon 2060, INSEE : n° 1320, octobre 2010

Prospective TIC et Santé, Gille, Houy, Institut Mines-Télécom, Décembre 2009

Pulse of the industry: Medical Technology Report, Ernst & Young, 2011

La radiologie interventionnelle en France, Société Française de Radiologie, Fédération de radiologie interventionnelle

Rapport final du comité stratégique de filière industries et technologies de santé, Conférence nationale de l'industrie, 2011

Rapport sur la maladie d'Alzheimer et les maladies apparentées, Cécile Gallez, Office parlementaire d'évaluation des politiques de santé, 2005

Relever le défi politique de l'avancée en âge, Martine Pinville, Rapport remis à Monsieur le Premier Ministre, 2012

Technologies clés 2015, DGCIS, 2011

La téléimagerie, une réalité croissante dans l'offre de soins, Recommandations du SNITEM et du Conseil professionnel de la radiologie, 2011

Valorisation de la Recherche en STIC pour la santé et l'autonomie, Picard, Duchêne, Vigouroux, CGEIET, Mai 2010

L'imagerie médicale permet aujourd'hui, au-delà de l'examen clinique, une exploration du vivant et une amélioration des connaissances en biologie moléculaire et cellulaire pour une meilleure prévention, un diagnostic de plus en plus précoce et un suivi thérapeutique personnalisé. La technologie pour l'imagerie du vivant a été identifiée comme un des segments stratégiques de l'économie française dans l'étude technologies clés 2015. Même si les entreprises françaises du secteur de l'imagerie médicale sont peu visibles car très souvent sous-traitantes pour les donneurs d'ordre étrangers, le tissu industriel se caractérise par des PME ou TPE, mais également ETI, innovantes qui développent des technologies spécifiques d'imagerie et se positionnent sur des marchés de niches (comme l'imagerie 3D, l'imagerie biomoléculaire, l'imagerie multi-modalité, l'imagerie par radiotracteur, ou encore l'imagerie par ultrasons).

L'étude confiée, dans le cadre du Pipame, par le ministère du Redressement productif (DGCIS) au cabinet D&Consultants a pour objectif d'apporter une vision du positionnement de l'offre française sur le secteur de l'imagerie médicale dans l'environnement international : un état des lieux de la recherche, des formations et des entreprises françaises du secteur de l'imagerie médicale a été réalisé ainsi qu'une identification des marchés potentiels à partir d'une base de connaissances des tendances d'usages de l'imagerie par les acteurs de la santé, notamment les hôpitaux, les centres de recherches cliniques, les biotechs et les laboratoires pharmaceutiques.

Même si les différentes modalités technologiques de l'imagerie médicale affichent des disparités en termes de maturité technico-économique, la filière est innovante, montre une dynamique industrielle, et est fortement exportatrice.

L'imagerie médicale du futur doit être pensée comme un vecteur d'économies de santé dans le cadre de la médecine personnalisée. En ce sens, toute politique industrielle nationale doit être réalisée en lien étroit avec les autorités de santé afin de parvenir au nécessaire équilibre entre sécurité sanitaire, progrès médical, croissance industrielle et maîtrise des dépenses d'assurance maladie.

L'imagerie médicale en France a le potentiel pour se hisser au meilleur niveau de la compétition mondiale et pourrait être partie intégrante du plan de reconquête industrielle «dispositifs médicaux et nouveaux équipements de santé» lancé en septembre par le Gouvernement. Même si ce secteur se caractérise par l'absence d'équipementier français à dimension mondiale, la France a une carte à jouer grâce à la qualité de sa recherche, de sa pratique médicale, ainsi que de son dynamisme en matière d'innovation dans ce domaine.