

PIETERS Léa

UNIVERSITE DE LILLE 2

Faculté Ingénierie et Management de la Santé (ILIS)

Master Ingénierie de la Santé

Mention Healthcare Business

L'évolution de l'imagerie dans le cadre des Accidents Vasculaires Cérébraux en France

Mémoire de fin d'études de la 2ème année de Master

Soutenu le 26 Octobre 2017

Sous la direction d'Hélène Gorge
Président du jury : Professeur Durocher
Membre du jury : Andy Demey

Faculté Ingénierie et Management de la Santé – ILIS
42 rue Ambroise Paré
59120 LOOS

I. Table des matières

Remerciements	3
Glossaire	4
Introduction.....	5
I. Etat de l'art	7
1. Les outils d'imagerie médicale dans la prise en charge de l'AVC.....	7
A. Le scanner et l'IRM, deux outils clés dans la prise en charge de l'AVC	7
B. Des outils incomplets mais complémentaires.....	9
2. Les limites dans la prise en charge de l'AVC.....	15
A. Les recommandations de l'état lors d'une suspicion d'AVC	15
B. Un nombre de machines insuffisant	18
C. Les déserts médicaux en radiologie	20
D. Radiologue : une profession en sous-effectifs.....	21
II. Méthodologie de l'enquête	23
1. Choix de l'approche méthodologique.....	23
3. Les entretiens	24
3. Analyse des résultats.....	30
A. Scanner ou IRM ?	30
B. Les bénéfices et contraintes de l'IRM.....	32
C. Les innovations dans la prise en charge de l'AVC	32
III. Le secteur de l'imagerie médicale en renouvellement	34
1. Les innovations récentes palliant aux limites du scanner et de l'IRM : applications avancées.....	34
A. La perfusion cérébrale au scanner	34
B. La perfusion cérébrale à l'IRM	37

2. Atouts et limites	37
IV. Conclusion	39
V. Bibliographie.....	41
VI. Annexes.....	0

Table des figures

Figure 1: Cartographie des UNV (Octobre 2012)	17
Figure 2: Nombre d'IRM / million d'habitants en 2016	18
Figure 3: Nombre de scanner / million habitants en 2016	19
Figure 4: Nombre de scanners par département en 2014	20
Figure 5: Nombre d'IRM par département en 2014	20
Figure 6 : Pourcentage de radiologues en activité comparé au nombre d'examens à réaliser.....	21
Figure 7 : Carte des densités de présence de radiologues en fonction des régions en 2010 par rapport à la moyenne de densité.	22
Figure 8: Analyse d'une carte ADC	30
Figure 9: Cartographies de perfusion cérébrale	35
Figure 10: Mismatch CT – IntelliSpace Portal Philips	36
Figure 11: NeuroPerfusion IRM - IntelliSpace Portal Philips.....	37

Table des illustrations

Illustration 1 : Détection d'un AVC hémorragique au scanner	11
Illustration 2: Détection d'un AVC hémorragique à l'IRM.....	11
Illustration 3: Scanner d'un patient ayant une suspicion d'AVC ischémique, lors de sa prise en charge, puis 5 jours plus tard.....	12
Illustration 4: IRM d'un patient ayant une suspicion d'AVC ischémique.....	13

Remerciements

Je tiens à adresser tous mes remerciements à Alexandra Paillas, qui m'a permis d'effectuer ma dernière année d'étude au sein de l'entreprise. Je suis très reconnaissante des connaissances, du savoir-faire qui m'a été enseigné, ainsi que de l'accueil que m'a réservé toute l'équipe applicative.

J'adresse un remerciement particulier à Hélène Gorge, ma tutrice universitaire, dont la patience, la disponibilité et les conseils m'ont permis de mener à bien ce projet.

Je remercie plus généralement l'ILIS, pour la formation complète qui m'a, aujourd'hui, donné les clefs afin d'exercer un métier d'avenir, en perpétuelle évolution.

Je remercie tous les radiologues et manipulateurs en électroradiologie ayant participé à l'enquête réalisée pour ce mémoire. Leurs connaissances et leurs conseils ont été d'une aide précieuse.

Je remercie tous mes collègues pour leur soutien, le temps qu'ils ont consacré à ma formation ainsi que leurs conseils et leurs connaissances.

Glossaire

AVC : Accidents Vasculaires Cérébraux

ANSM : Agence Nationale de Sécurité du Médicament et des produits de santé.

INSERM : Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economique

SNITEM : Syndicat National de l'Industrie des Technologies Médicales

Thrombose : Formation d'un caillot obstruant un vaisseau sanguin (veine ou artère).

Introduction

En 2013, les Accidents Vasculaires Cérébraux (AVC) ont provoqué la mort de près de 6,5 millions de personnes dans le monde et 40 000 décès en France. Les AVC représentent la première cause de mortalité chez les femmes (devant le cancer du sein), la troisième cause de décès chez les hommes (derrière le cancer du poumon et les causes externes) [1] ainsi que la première cause de handicap non traumatique chez l'adulte [2]. En effet, 30 000 patients présentent des séquelles lourdes un an après la survenue de l'AVC. Il existe un risque de récurrence à 5 ans compris entre 30 et 50% [3].

Selon l'OMS, l'AVC « résulte de l'interruption de la circulation sanguine dans le cerveau, en général quand un vaisseau sanguin éclate ou est bloqué par un caillot. L'apport en oxygène et en nutriments est stoppé, ce qui endommage les tissus cérébraux ». Le symptôme le plus courant de l'AVC est une faiblesse ou une perte de la sensibilité de la face ou d'un membre, le plus souvent d'un seul côté du corps. Il existe d'autres symptômes tels que la confusion mentale, des troubles de la compréhension ou la difficulté à s'exprimer ou à marcher ainsi que des céphalées, l'évanouissement ou l'inconscience. Les conséquences de l'AVC dépendent de la partie du cerveau touchée et de la gravité de l'atteinte. Un AVC très grave peut entraîner la mort subite [4].

Dans ce contexte, il est important de savoir que les dépenses de santé engendrées par l'AVC sont très importantes. Le coût financier direct de l'AVC était estimé, en 2013, à 3,5 milliards d'euros par l'Assurance maladie, chiffre auquel il faut ajouter les coûts indirects de la maladie, notamment liés aux séquelles engendrées par celle-ci par exemple la rééducation du patient suite à l'AVC, mais aussi son incapacité à travailler durant un certain temps. Selon le Ministère de la Santé et des sports, le poids financier global, comprenant les dépenses sanitaires et médico-sociales annuelles dues à l'AVC sont de 8,4 milliards d'euros [2].

Dans un contexte de restriction économique, il serait important de procéder à une meilleure prise en charge du patient et à une meilleure détection de l'AVC afin de réduire les coûts engendrés par celui-ci. Malheureusement, de nombreux facteurs retardent cette amélioration notamment le manque de radiologues en France, le nombre insuffisant de machines servant à la détection de celui-ci, mais aussi l'existence de déserts médicaux.

Dans ce contexte, comment est-il possible d'améliorer la détection ainsi que la prise en charge des patients victimes d'accidents vasculaires cérébraux en France ?

L'objectif de ce mémoire est de souligner, en France, les inégalités géographiques de la prise en charge de l'AVC, ainsi que les disparités infrastructurelles, les solutions apportées par l'état, mais aussi de montrer quelle est la réalité des pratiques sur le terrain.

I. Etat de l'art

1. Les outils d'imagerie médicale dans la prise en charge de l'AVC

Les deux dispositifs médicaux nécessairement utilisés lors de la prise en charge de l'AVC sont le scanner et l'IRM. Ces deux équipements d'imagerie lourde, à la pointe de la technologie, présentent à la fois des atouts mais aussi des limites.

A. Le scanner et l'IRM, deux outils clés dans la prise en charge de l'AVC

Tomodensitométrie

Le scanner (ou tomodensitomètre) est un équipement d'imagerie en coupe irradiant. Grâce à un tube à rayon X et un récepteur mobile diamétralement opposés, situés dans le statif de l'appareil, un volume en coupe d'un organe ou d'une partie du corps du patient peut être acquis. Un examen cérébral de tomodensitométrie, de nos jours, ne dure que quelques secondes.



Un produit de contraste contenant de l'iode peut être injecté lors de la réalisation d'un scanner cérébral afin de réaliser un examen approfondi des vaisseaux, notamment du TSA (tronc supra-aortique) et du polygone de Willis.

L'installation et l'usage d'un scanner en France est réglementé par l'ANSM [5]. Deux types de contrôles qualité sont à prévoir lors de l'installation de ce type de machine :

- Un contrôle qualité interne, réalisé par un prestataire ou l'exploitant lui-même.
- Un contrôle qualité externe, réalisé par un organisme agréé par l'ANSM.

Le prix d'un scanner est variable, en fonction du nombre de barrettes (détecteurs) qu'il contient, ainsi que des options demandées par l'acheteur. Le nombre de barrettes d'un scanner aura un impact sur la vitesse d'acquisition d'un examen, et donc directement sur la radiation du patient. Plus le nombre de barrettes est élevé, plus l'irradiation du patient pourra être faible en fonction de la configuration de la machine.

Les principaux constructeurs proposent des scanner à 16, 32, 64 ou 128 barrettes. L'Aquillion One de Toshiba est le seul scanner à être doté de 320 barrettes.

Imagerie par Résonance Magnétique (IRM)

L'IRM est un équipement d'imagerie en coupe non irradiant. Le principe de l'IRM est basé sur la résonance d'atomes produits par l'excitation de certaines molécules du corps humain, sous l'action d'ondes de radiofréquence. Il est donc possible d'obtenir un volume d'un organe ou d'une partie du corps, sans irradiations.



Un produit de contraste à base de gadolinium peut être injecté afin d'améliorer la visualisation des vaisseaux ou des lésions.

Un examen d'IRM, en fonction des séquences demandées par le radiologue, peut durer entre 15 et 20 minutes.

L'implantation d'une IRM est soumise à de nombreuses contraintes et réglementations en France. Tout d'abord des contraintes en relation avec le lieu d'implantation, qui doit être assez grand et doit résister au poids de la machine. De plus, un circuit d'eau doit être installé, afin de refroidir la machine, ainsi qu'une cage de Faraday. L'intérêt de la cage de Faraday est d'isoler la salle d'acquisition de toute pollution électromagnétique provenant de l'extérieur, pouvant dégrader la qualité de l'examen.

Le prix d'une IRM, beaucoup plus élevé que celui d'un scanner (au moins deux fois plus élevé), dépend de la puissance de l'aimant ainsi que de la taille d'ouverture de l'anneau.

Un anneau plus large garantira un meilleur confort pour le patient et diminuera les risques de claustrophobie durant l'examen.

L'échographe

L'échographe peut aussi être utilisé afin de réaliser une partie du diagnostic : l'analyse du tronc artériel cérébral. L'examen réalisé, appelé écho-doppler ou doppler transcrânien.

L'échographe peut être utilisé afin d'inspecter très rapidement les plus gros vaisseaux cérébraux et déceler un éventuel thrombus.



Cette technique n'est plus utilisée en première intention lors d'une suspicion d'AVC car le scanner et l'IRM permettent, grâce aux avancées technologiques, de réaliser cette inspection des vaisseaux.

B. Des outils incomplets mais complémentaires

Il existe deux types d'AVC : l'AVC ischémique et l'AVC cérébral.

L'AVC ischémique, qui représente 85% des cas d'AVC [6], est provoqué par la thrombose d'un vaisseau cérébral. Ce thrombus provoque un manque d'apport en oxygène dans la région du cerveau touchée. Ce type d'AVC peut être transitoire, c'est-à-dire qu'il ne durera que quelques secondes, ou être constitué. La mortalité associée à ce type d'AVC est de 15-20% de décès dans le premier mois, et 30% de décès dans l'année. 75% des patients gardent des séquelles [7] qui peuvent être motrices, sensitives, sensorielles et/ou cognitives.

L'AVC hémorragique est lui causé par la rupture d'un vaisseau. Cette rupture peut être provoquée par une anomalie veineuse ou artérielle, ou un traumatisme. L'AVC hémorragique, qui représente 15% des AVC doit être traité de façon très rapide, afin de stopper l'hémorragie [8]. Le taux de mortalité des hémorragies cérébrales est très important. Il est, à un mois, cinq fois plus élevé que celui de l'AVC ischémique et presque trois fois plus élevé à un an [7].

Lors d'une suspicion d'AVC, des examens de neuroradiologie doivent être menés afin de procéder à des explorations et répondre aux questions suivantes :

- Quelle est l'heure de survenue de l'AVC ?
- L'AVC est-il de type ischémique ou hémorragique ?
- Quelle est la région anatomique atteinte / le territoire vasculaire concerné ?
Quelle(s) artère(s) sont occluses et le sont-elles toujours ?

a. Quelle est l'heure de survenue de l'AVC ?

L'heure de survenue de l'AVC est une information capitale à connaître lors de l'arrivée du patient afin d'adapter sa prise en charge. Dans certains cas, le patient saura lui-même estimer l'heure de survenue des premiers symptômes de l'AVC. Dans d'autres cas, si les

symptômes sont trop importants, que le patient a perdu connaissance, ou que l'AVC est survenu pendant une période de sommeil, le patient ne pourra pas fournir d'information précise aux soignants.

L'AVC ischémique (qui représente 85% des cas) peut être traitée par la thrombolyse. La thrombolyse est l'injection d'un médicament thrombolytique par voie intra-artérielle, qui a pour but de dissoudre le thrombus ayant provoqué l'occlusion de l'artère cérébrale ayant provoqué l'AVC [9].

Afin que la thrombolyse soit efficace, elle doit être réalisée dans les 4h30 suivant la survenue de l'AVC [10]. Le Docteur Sablot, du Centre Hospitalier de Perpignan, recommande une thrombolyse dans les 60 minutes suivant l'admission du patient, afin que les résultats soient optimaux. Le Professeur Meretoja, de l'université de Helsinki, montre l'importance du facteur temps dans la prise en charge de l'AVC en ajoutant : « Lorsqu'on considère l'équation 1 minute en moins = 1,8 jour d'autonomie en plus, la réduction des délais est un enjeu majeur » [11], car rappelons le, les séquelles sont une des premières causes de handicap.

Il est donc important de réaliser un examen de radiologie afin de pouvoir rapidement traiter l'AVC et en réduire les séquelles.

b. L'AVC est-il de type ischémique ou hémorragique ?

Il est important de répondre à cette question car le traitement de ces deux types d'AVC n'est pas le même.

Nous avons vu que dans le cadre d'un AVC ischémique, il est important d'agir dans un délai inférieur à 4h30 après la survenue des premiers symptômes, afin d'effectuer une thrombolyse.

Dans le cadre d'un AVC hémorragique, la forme de l'AVC la plus létale, le traitement à privilégier dépendra de l'étendue et de la zone touchée par l'hémorragie. Le traitement sera principalement médicamenteux et visera à réduire la pression intracrânienne, lorsque l'hémorragie ne sera pas trop étendue.

Pour les deux formes de l'AVC, un diagnostic rapide doit être posé, afin de donner le meilleur traitement au patient.

AVC hémorragique

Dans le cadre de l'AVC hémorragique, une détection au scanner sans injection et à l'IRM peut être réalisée. Le diagnostic sera aussi fiable pour les deux modalités car la lésion apparaîtra très nettement (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.** -).

Ce type d'AVC, est détectable aussi bien à l'IRM qu'au scanner, et ce dès la survenue de l'AVC. Il n'existe pas de temps de latence entre la survenue de l'AVC hémorragique et sa détection au scanner et à l'IRM.



Illustration 2: Détection d'un AVC hémorragique au scanner

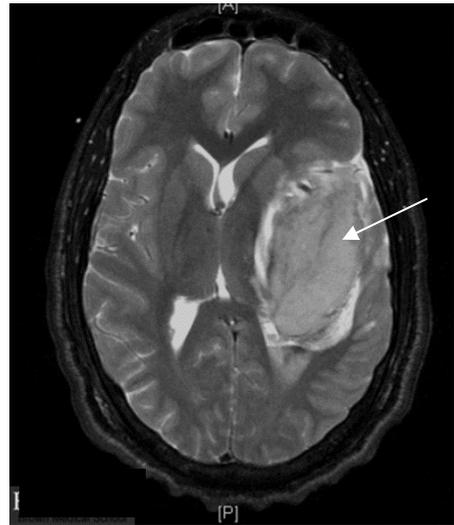


Illustration 1 : Détection d'un AVC hémorragique à l'IRM

AVC ischémique

La détection d'un AVC ischémique peut s'avérer plus compliquée. En effet, il n'est pas détectable immédiatement au scanner, mais apparaîtra de plus en plus net au fil du temps, jusqu'à l'être complètement au bout de 6h [12] (Illustration 3). Au cours des six premières heures, le taux de détection de l'AVC ischémique au scanner varie de 31 à 92%, et de 56% à 94% au cours des premières vingt-quatre heures [13].

Or, nous avons vu précédemment que le traitement par thrombolyse d'un AVC ischémique doit être réalisé dans les 4h30 suivant la survenue de l'AVC.

Il existerait donc une contre-indication à l'utilisation du scanner en première intention lors de la détection d'un AVC ischémique, ceci dû au fait qu'il ne permettrait pas de poser un diagnostic assez rapide afin de délivrer le bon traitement au patient.

Une détection grâce à l'IRM est, quant à elle, possible dès la survenue de l'AVC ischémique. Le problème de l'IRM reposerait plutôt sur les temps d'acquisition des différentes séquences qui peuvent être longs (au minimum 15 minutes), alors qu'un examen au scanner ne dure que quelques secondes.

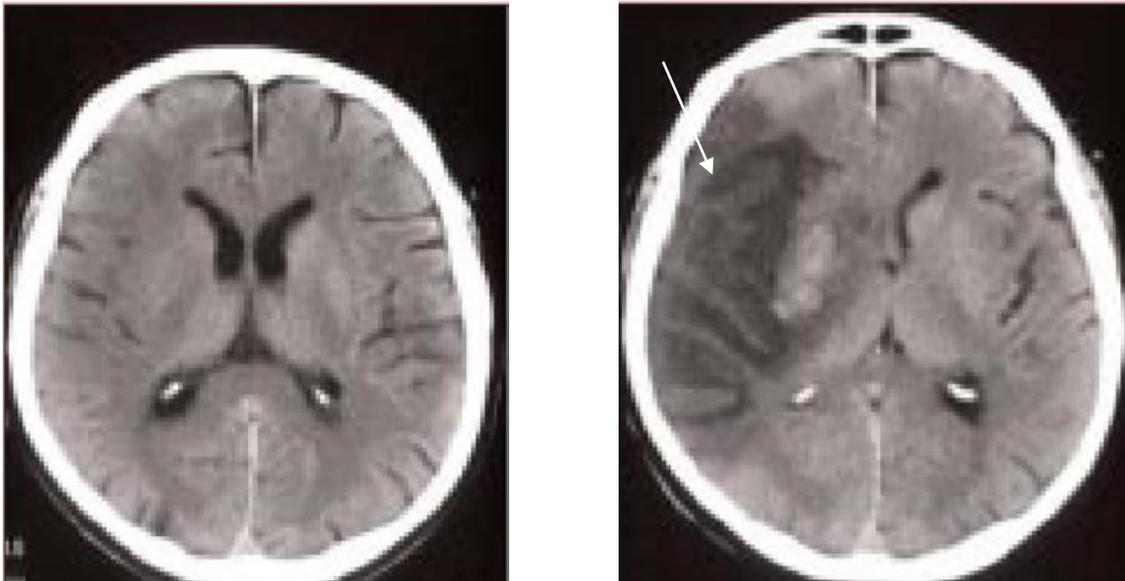


Illustration 3: Scanner d'un patient ayant une suspicion d'AVC ischémique, lors de sa prise en charge, puis 5 jours plus tard

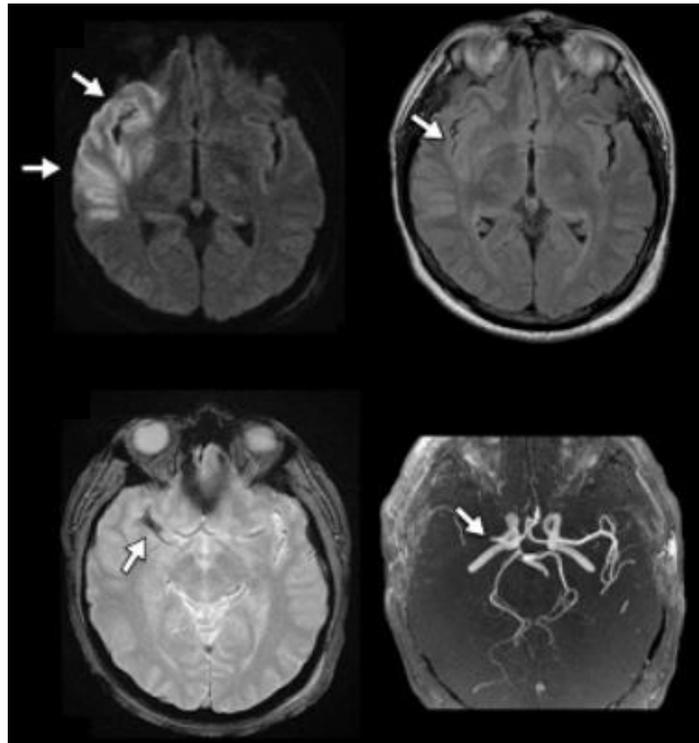


Illustration 4: IRM d'un patient ayant une suspicion d'AVC ischémique

- c. Quelle est la région anatomique atteinte / le territoire vasculaire concerné ?
 Quelle(s) artère(s) sont occluses et le sont-elles toujours ?

Afin d'avoir une visualisation nette de l'artère occluse, et de vérifier si elle l'est encore, un angioscanner et une angio-IRM sont réalisables. Dans le cas du scanner, une injection de produit de contraste est obligatoire. Dans le cas de l'IRM, elle sera optionnelle.

Pour le scanner, une injection de produit iodé sera réalisée, pour l'IRM le produit de contraste sera à base de gadolinium.

Les produits de contraste iodés, injectés lors d'un scanner peuvent provoquer des allergies chez certains patients. Dans le meilleur des cas, la connaissance des antécédents du patient est un bon indicateur afin de savoir s'il ne possède pas de contre-indication à l'injection de ce type de produit. L'injection ne pourra être réalisée si le patient est à risque de développer une allergie à ce produit, pouvant mener à des complications rénales,

cardiovasculaires, une extravasation au point d'injection ainsi que des effets secondaires endocriniens et métaboliques.

Les allergies aux produits de contraste à base de gadolinium (injectés lors d'une angio-IRM) sont beaucoup plus rares.

En conclusion de cette partie, nous allons schématiser, grâce à un SWOT, les principaux avantages et inconvénients de l'IRM et du scanner.

Le SWOT est un outil d'analyse marketing permettant de mettre en avant les forces, les faiblesses, les opportunités et les menaces d'un système. Par exemple, le scanner a pour point fort sa rapidité d'acquisition (quelques secondes) par rapport à l'IRM. Malgré cela le prix d'une IRM reste beaucoup plus élevé que celui du scanner. Le principal point faible du scanner, raison pour laquelle l'IRM est recommandé en urgence lors d'une suspicion d'IRM, est sa mauvaise détection de l'AVC ischémique à moins de 6 heures après sa survenue.



2. Les limites dans la prise en charge de l'AVC

Ces deux équipements sont sujets à des facteurs externes, montrant les limites du fonctionnement actuel lors d'une prise en charge radiologique. Nous pouvons constater des limites concernant le nombre de machines disponibles, le nombre de professionnels de santé en France ainsi que leur répartition.

A. Les recommandations de l'état lors d'une suspicion d'AVC

L'ischémie et l'hémorragie cérébrales sont deux grandes causes de déficit neurologiques brutal à rechercher en imagerie.

Dans la littérature, nous pouvons constater que le scanner est très souvent la modalité choisie par défaut lors d'une urgence. En effet, nous avons vu que la France est dotée de peu d'IRM, inégalement répartis sur le territoire. C'est donc par son accessibilité et sa capacité à répondre rapidement aux objectifs que le scanner est choisi, alors que l'IRM est à privilégier en première intention lors de l'exploration précoce des AVC [14] [15]. Les préconisations de la HAS sont en effet très claires. Nous pouvons retrouver celles-ci dans le rapport « Accident vasculaire cérébral : prise en charge précoce », paru en Mai 2009 : « Les patients suspects d'AVC aigu doivent avoir un accès prioritaire 24h/24 et 7j/7 à l'imagerie cérébrale, en privilégiant autant que possible l'IRM. Des protocoles de prise en charge des patients suspects d'AVC aigu doivent être formalisés et contractualisés entre le service accueillant ces patients et le service de radiologie » [16].

En l'absence d'IRM disponible en urgence, le scanner est alors une étape essentielle au diagnostic de l'AVC. Il peut, uniquement lorsque l'AVC est constaté, en préciser la nature hémorragique ou ischémique, la localisation ainsi que l'étendue et les répercussions sur le parenchyme cérébral [17].

Malgré les recommandations, une étude de l'IRDES (Institut de Recherche et de Documentation en Economie de la Santé) datant de 2012 a montré que seul 52% des patients auraient bénéficiés uniquement d'un scanner, 24% d'une IRM et d'un scanner, 9% uniquement d'une IRM et 15% n'auraient eu aucun de ces actes d'imagerie [18]. Il existerait donc une différence entre les pratiques réelles sur le terrain et les recommandations de la HAS.

C'est dans un souci de régularisation et d'uniformisation de la prise en charge de l'AVC que la Direction générale de la santé avec l'appui de la ministre de la santé et des sports a développé un « plan d'actions national AVC 2010 – 2014 ». Le but de ce plan est d'aider les acteurs de la prise en charge de l'AVC grâce à des actions développées sur un plan régional ou national. De plus une « boîte à outils », composée de différentes méthodes et d'indicateurs est mise à la disposition des différentes institutions [2].

Les objectifs généraux de ce plan d'action sont de :

- Mettre en œuvre une politique de recherche dans le domaine de l'AVC,
- Développer la prévention et l'information pour prévenir les AVC et en limiter les séquelles,
- Améliorer la prise en charge des AVC, de l'urgence au retour à domicile ou au secteur médico-social,
- Améliorer et valoriser l'offre de rééducation, réadaptation et réinsertion,
- Développer la réflexion éthique,
- Faciliter l'accompagnement des malades et l'action des associations de patients,
- Contribuer à faire changer le regard social sur le handicap.

Afin de faciliter la prise en charge de l'AVC, le gouvernement a créé, sur le modèle anglo-saxon des stroke unit, des unités neurovasculaires (UNV)[19].

Une UNV est une unité dédiée spécifiquement à la prise en charge de l'AVC. Elle rassemble, dans un même lieu, des médecins ainsi que du personnel paramédical tel que des infirmières, aides-soignantes, kinésithérapeutes, ergothérapeutes, orthophonistes ainsi que des psychologues formés à la pathologie neurovasculaire, pouvant agir 24h/24. Une UNV s'appuie directement sur un service de neurologie générale, et fonctionne 24h/24 avec la présence d'un neurologue de garde. L'équipe de neurologues présente peut décider de réaliser les examens à effectuer (scanner / IRM), et de réaliser le traitement comme la thrombolyse, tout cela très rapidement. Le rôle d'une UNV est donc de confirmer très rapidement le diagnostic en infirmant ou en confirmant le type d'AVC (hémorragique ou ischémique), puis de mettre en œuvre un traitement adapté. Une réadaptation est ensuite rapidement mise en œuvre afin de garantir une réhabilitation optimale du patient [20].

Ces UNV étaient au nombre de 116 en Octobre 2012 [21] , réparties sur l'ensemble du territoire (Figure 1). A ce jour, 132 UNV ont été créés.

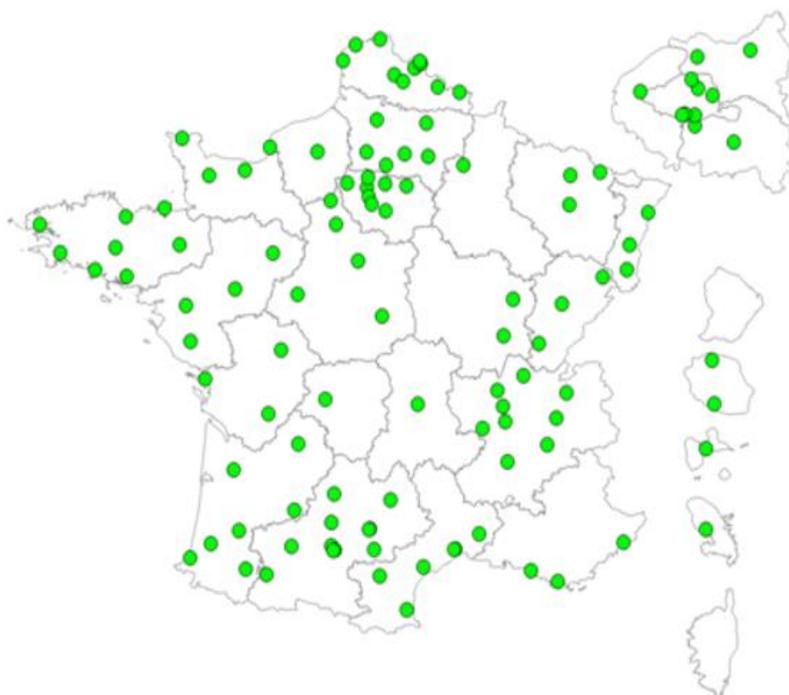


Figure 1: Cartographie des UNV (Octobre 2012)

En 2016, et ce malgré le plan d'action national AVC 2010 – 2014, le Professeur Amarenco, chef de service du centre d'accueil et de traitement de l'attaque cérébrale Bichat, déplorait l'inégalité de la prise en charge des patients, malgré la création des UNV. Il déclarait « Le délai est d'autant plus long que certains patients doivent être transférés dans un hôpital disposant de l'une des 132 unités neuro-vasculaires (UNV), structures spécialisées dans la prise en charge de l'AVC. C'est notamment le cas des patients qui ont besoin d'une thrombectomie. Mais ce traitement est uniquement réalisé dans 38 centres de neuroradiologie interventionnelle. Dans certaines régions, comme l'Alsace-Champagne-Ardenne-Lorraine, le Midi-Pyrénées ou Aquitaine-Limousin-Poitou-Charentes, il n'y a qu'un seul centre. » Il déclarait alors que la création de nouveaux centres était nécessaire mais un problème d'effectif se pose alors : « Seulement 110 neuroradiologues exercent en France, et tous sont en CHU. Comment fait-on quand on

habite à Dieppe, Lorient où la Rochelle pour en bénéficier ? Où est l'égalité des chances et des soins ?”

Dans ce contexte, nous pouvons alors nous demander quelle est la réalité, sur le terrain, de la prise en charge des patients.

B. Un nombre de machines insuffisant

En France, en 2014, 700 établissements possédaient un scanner ou plus et 491 établissements comptaient au moins une IRM [22].

	Etablissements publics et privés à but non lucratif	Etablissements privés à but lucratif	Total
Scanner	686	202	888
IRM	477	148	625
Total	1163	350	1513

Tableau 1 : Répartition des scanners et IRM en France en 2014

En 2016, selon l'OCDE, la France comptait 9 IRM (Figure 2) , et 12,8 scanners par million d'habitants (Figure 3) [23].

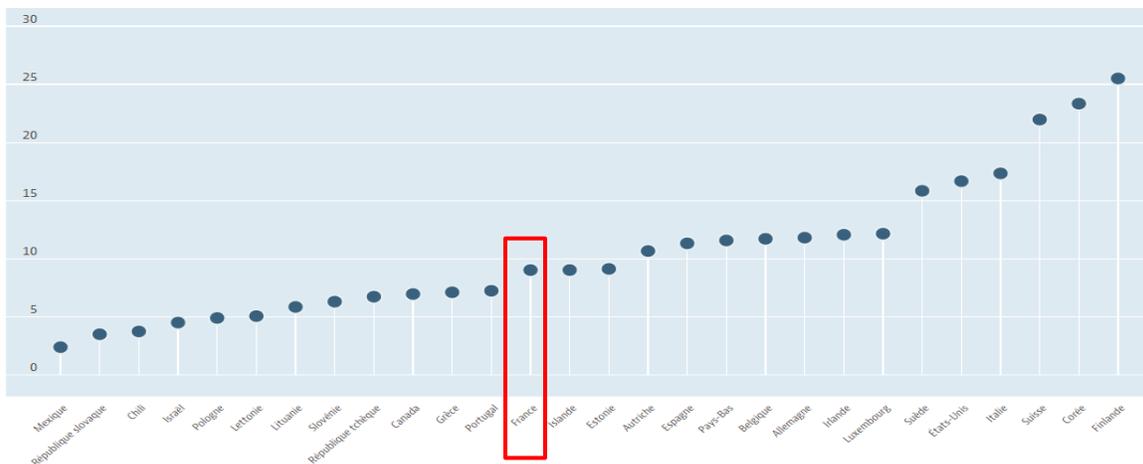


Figure 2: Nombre d'IRM / million d'habitants en 2016

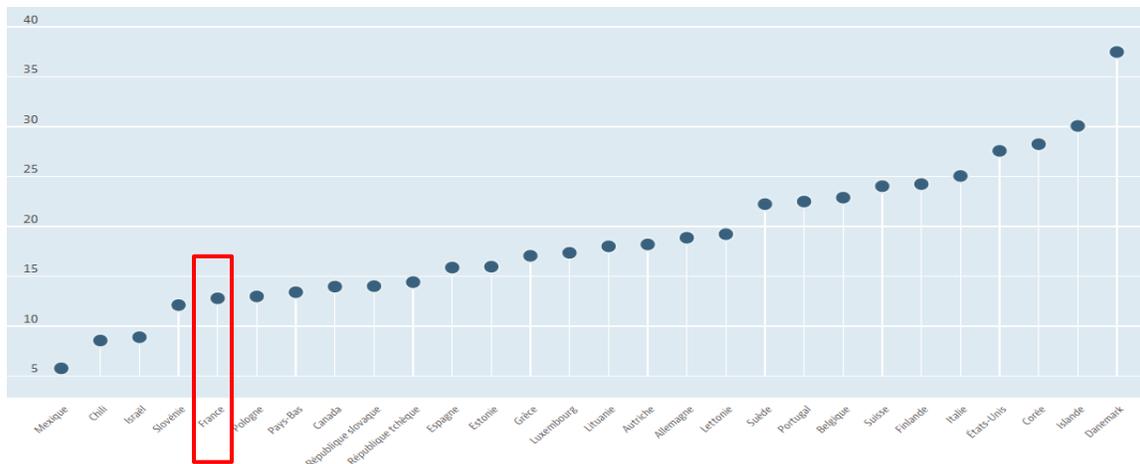


Figure 3: Nombre de scanner / million habitants en 2016

Nous pouvons voir que la France ne possède que peu d'équipements lourds en imagerie comparée à d'autres pays. Ce faible nombre d'équipements a des conséquences sur la prise en charge des patients. Cela entraîne des délais importants dans la réalisation des examens et parfois des dérives dans la hiérarchie des approches « on ne peut pas avoir l'IRM nécessaire, en attendant, faisons un scanner »[24]. Le nombre d'IRM ne serait donc pas optimal en France. De plus, selon une enquête de la Société Française de Radiologie (SFR) et de la Société Française de Médecine d'Urgences (SFMU), beaucoup d'IRM sont accessibles aux urgences uniquement aux heures ouvrables, alors qu'elles devraient l'être 24h/24 afin de répondre à la demande [25]. En réponse à cette pénurie de machines, selon un sondage du Journal International de Médecine (JIM), 59% des médecins interrogés seraient prêts à restreindre leur recours à l'IRM pour rendre celle-ci plus accessible aux cas urgents. Les examens de substitution, lorsque l'IRM n'est pas disponible, peuvent alors être la plupart du temps inadaptés, coûteux et irradiants.

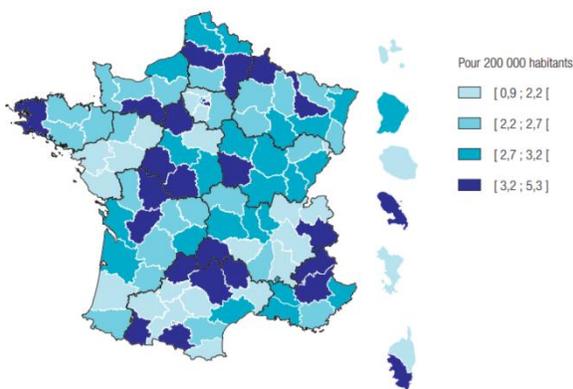
Le premier constat ici est donc un manque certain de machines, ne permettant pas de réaliser une véritable prise en charge en urgence.

Malgré un nombre insuffisant de machines, dans le cadre de la prise en charge de l'AVC, les UNV, dans le cas d'AVC constitué (en opposition à l'AVC aigu), bénéficient dans la majorité des situations d'un acte d'imagerie dans les délais recommandés. C'est dans le cas d'un AVC aigu que la situation ne devient plus acceptable. A cause du manque de

machines, et notamment d'IRM, un diagnostic précis ne peut être posé dans les délais impartis [26].

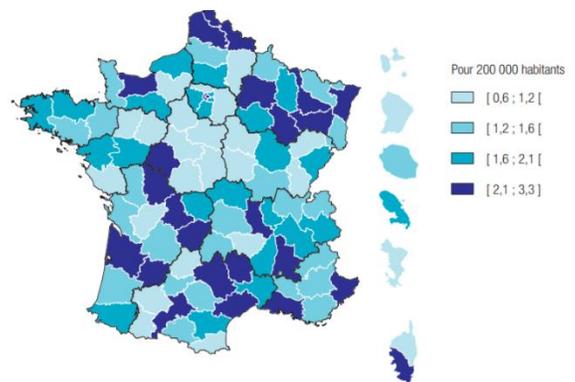
C. Les déserts médicaux en radiologie

En France il existe de nombreux déserts médicaux, qui traduisent des inégalités dans la prise en charge des patients. Selon les figures ci-dessous (Figure - Figure), nous pouvons voir qu'il existe de très nombreux départements où le nombre d'IRM pour 200 000 personnes est inférieur à 1,2 ; alors que le nombre de scanner semble mieux réparti sur le territoire.



Note > Les bornes correspondent à une répartition en quartiles.
Champ > France métropolitaine et DROM (y compris Mayotte), y compris SSA.
Sources > DREES, SAE 2014, traitements DREES ; INSEE, estimations de la population au 1^{er} janvier 2014.

Figure 4: Nombre de scanners par département en 2014



Note > Les bornes correspondent à une répartition en quartiles.
Champ > France métropolitaine et DROM (y compris Mayotte), y compris SSA.
Sources > DREES, SAE 2014, traitements DREES ; INSEE, estimations de la population au 1^{er} janvier 2014.

Figure 5: Nombre d'IRM par département en 2014

Afin de pallier au manque d'équipements dans certaines régions, le transport des patients se fait par hélicoptère. En effet, l'hélicoptère permet d'admettre rapidement sur un plateau technique adapté [27] les patients devant bénéficier d'une revascularisation précoce, permettant ainsi de diminuer les risques d'aggravation [28]. Dans le contexte actuel, le principal problème de l'hélicoptère est son coût financier, en dehors de problématiques liées à la météo qui peut être défavorable à son vol, ou l'absence de piste d'atterrissage à certains hôpitaux pouvant potentiellement accueillir un patient en urgence.

Malgré la création des UNV, il reste des zones de « désert radiologique », où certains patients se retrouvent défavorisés face à d'autres dans la prise en charge de l'AVC.

D. Radiologie : une profession en sous-effectifs

- Une étude anglaise, menée par TMC et publiée le 9 Novembre 2016 [29] dresse un rapport alarmant à propos de la radiologie Française. Cette étude montre que le nombre de radiologue en France est plutôt correct, avec 12,5 radiologues pour 100 000 habitants en 2011. Le premier problème est que le nombre d'examens radiologiques ne cesse de croître d'années en années, avec une augmentation de 6 à 16% par an, avec un nombre de radiologues qui lui, n'augmente pas au cours des années (

- Figure 4).

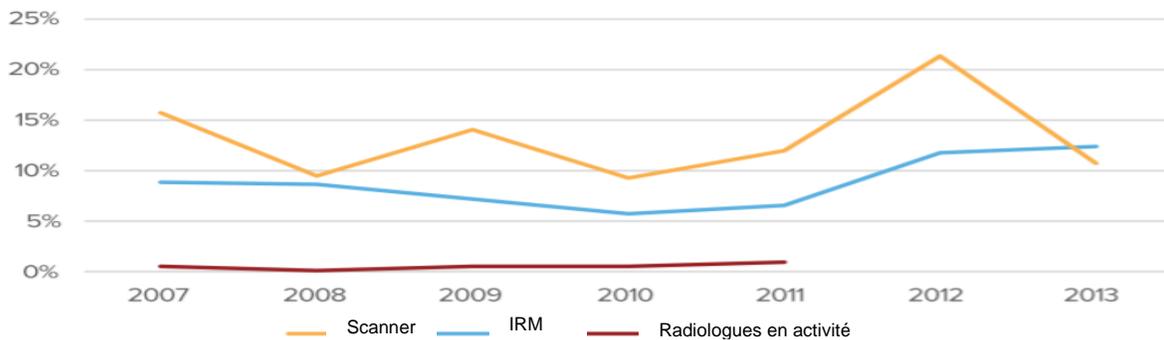


Figure 4 : Pourcentage de radiologues en activité comparé au nombre d'examens à réaliser.

De plus, l'un des problèmes majeurs de la radiologie Française est l'âge des radiologues. En effet, en 2010, l'âge moyen des radiologues en activité était de 51,3 ans, et 65% des radiologues étaient âgés de 50 ans et plus. Cela signifie donc que les radiologues actuellement en activité ne le seront plus aux alentours de 2025. Une pénurie grandissante de radiologue s'annonce alors en France.

Par ailleurs, la distribution géographique des radiologues est grandement inégale sur le territoire. Nous pouvons constater, ici en 2010, un très fort regroupement de radiologues en région parisienne ainsi que dans le bassin méditerranéen (Figure 5).

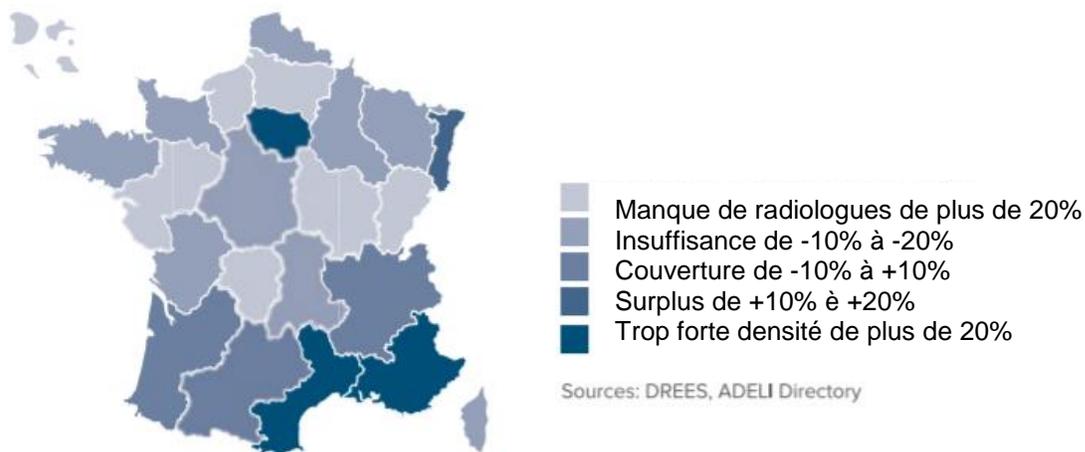


Figure 5 : Carte des densités de présence de radiologues en fonction des régions en 2010 par rapport à la moyenne de densité.

Cette mauvaise répartition des radiologues couplée au manque d'équipements n'est pas bénéfique pour le patient. Afin de permettre une prise en charge rapide des patients, de nombreuses structures se sont équipées afin de réaliser de la télémedecine. Le radiologue peut alors, à distance, donner un diagnostic rapide et fiable. Néanmoins, la télémedecine a aussi pour effet d'augmenter la vacation d'un même radiologue, et donc de diminuer le temps que ce radiologue peut consacrer à l'interprétation d'un examen.

Nous avons vu que les deux outils clef dans la prise en charge de l'AVC sont le scanner et l'IRM. Ces deux outils à la pointe de la technologie comportent tout de même des contre-indications, telles qu'une mauvaise détection de l'AVC ischémique aigu pour le scanner, un manque de disponibilité pour l'IRM ainsi qu'un manque de radiologues. Afin de trouver une façon d'améliorer la prise en charge de l'AVC, j'ai mené une enquête sur le terrain.

II. Méthodologie de l'enquête

1. Choix de l'approche méthodologique

Afin d'appréhender la problématique, j'ai mis en place une enquête. J'ai pris connaissance d'un problème en lien avec la pratique, et des moyens dont disposent les professionnels pour réaliser une prise en charge de l'AVC.

Je me suis donc orientée vers un raisonnement scientifique de type hypothético-déductif, qui prend naissance avec une question ou un problème, se traduisant ensuite par une hypothèse soutenant provisoirement une théorie qu'il s'agira de tester en confrontant cette dernière aux « faits ». Le terme hypothético-déductif qualifie également une démarche qui s'appuie « sur des propositions hypothétiques pour en déduire des conséquences logiques » [30]. En d'autres termes, je me suis appuyée sur le terrain pour trouver ma problématique, puis sur la théorie pour mettre en place mes axes de recherche.

Dans un premier temps, une observation du terrain a été menée. Cette période a permis d'analyser le contexte dans lequel se déroulerait l'enquête, et a permis de concevoir le questionnaire, mais aussi d'anticiper les difficultés qui pouvaient être rencontrées et adapter la méthode ainsi que le protocole de collecte. Dans le cadre de mon enquête, la principale difficulté qui a été rencontrée est la faible disponibilité de la population à interroger. En effet, les manipulateurs en électroradiologie ainsi que les radiologues disposent d'un planning de vacation très chargé et ne disposent que d'un temps très réduit pour réaliser un entretien.

Dans un second temps, une sélection du type d'étude a été menée. Alors que la recherche quantitative a toujours bénéficié d'une reconnaissance académique, les études qualitatives ne sont pas assez valorisées auprès des chercheurs. Les études qualitatives permettent de mettre en avant des faits, des signaux ou encore des mécanismes sociaux que les approches quantitatives n'arrivent pas à apprécier. Contrairement ou en complément aux méthodes quantitatives qui vont analyser les corrélations statistiques, les études qualitatives permettent d'interpréter et de comprendre les mécanismes des individus par l'analyse de leurs propres comportements [31].

Le mode de prise en charge d'un patient est une pratique qui n'a pas d'intérêt à être quantifiée pour être étudiée. L'analyse de la pratique et de ses contraintes doit être comprise pour être analysée et non chiffrée. Selon mon thème, la méthode quantitative ne semble donc pas la plus adaptée.

Il existe deux grands types de méthodes qualitatives par entretiens :

- La méthode qualitative basée sur des entretiens semi-directifs
- La méthode qualitative basée sur des entretiens non directifs

L'entretien semi-directif permet de vérifier des hypothèses, d'illustrer des théories en apportant des opinions ainsi que des anecdotes, il permet de recueillir des témoignages détaillés et individualisés dans le but de comprendre les logiques qui sous-tendent les pratiques. L'entretien non directif est la méthode privilégiée pour l'étude de variables complexes qu'on ne peut saisir qu'à travers l'élaboration d'un discours. C'est le cas des valeurs, des croyances ou des représentations sociales [32]. C'est donc l'entretien semi-directif qui est ici le plus adapté à l'enquête.

Le guide d'entretien est défini comme « la liste des thèmes auxquels l'interviewer s'intéresse, thèmes sur lesquels il est susceptible d'effectuer ses relances » [33]. Un guide d'entretien (Annexe 1) a été réalisé en fonction des hypothèses à tester.

Dans le cadre d'un entretien semi-directif, cinq types d'analyse sont possibles :

- L'analyse thématique ou transversale
- L'analyse structurale
- L'analyse par entretien
- L'analyse propositionnelle du discours
- L'analyse des relations par opposition

Une analyse thématique a ici été réalisée. L'intérêt de cette analyse est de confirmer ou d'infirmier des hypothèses.

3. Les entretiens

L'échantillon est défini comme « un sous-ensemble d'éléments d'une population donnée, et la technique d'échantillonnage comme « un sous-ensemble d'une population en vue de constituer un échantillon » [34].

L'échantillon a ici été constitué de manière non probabiliste. Cette méthode aussi appelée échantillonnage raisonné est une méthode de sélection d'un échantillon par laquelle la représentativité de l'échantillon est assurée par une démarche raisonnée [35]. Les personnes interrogées n'ont pas été choisies au hasard, mais sont directement en lien avec le sujet à traiter.

Au total, 14 professionnels ont été interrogés. Parmi eux, cinq radiologues et neuf manipulateurs en électroradiologie. Ils appartiennent soit à des établissements publics de type CHRU ou privés, et sont répartis dans différentes régions de France, dont certaines sont qualifiées de « désert radiologique ». La majorité des participants ont souhaité contribuer de façon anonyme à l'enquête, leurs noms ainsi que les établissements auxquels ils appartiennent seront alors modifiés. Les entretiens ont une durée moyenne de 15 minutes, cette durée limitée pour un entretien semi-directif s'explique par le peu de temps que le participant avait à consacrer à l'enquête.

Présentation des participants à l'enquête :

Identité	Poste	Ancienneté	Région	Nom de l'établissement	Durée de l'entretien
Grégory Kuchcinski	Neuroradiologue (Chef de clinique)	3 ans	Haut-de-France	CHRU de Lille	20 minutes
Joseph Gaire	Manipulateur en électroradiologie	7 ans	Auvergne-Rhône-Alpes	GIE Imagerie Sud	15 minutes
Hervé*	Radiologue	25 ans	Nouvelle-Aquitaine		17 minutes
Albert*	Manipulateur en électroradiologie	8 ans	Nouvelle-Aquitaine		10 minutes
Chloé*	Manipulateur en électroradiologie	2 ans	Bourgogne Franche-Comté		12 minutes

Adam*	Neuroradiologue	8 ans	Somme		13 minutes
George*	Manipulateur en électroradiologie	2 ans	Ile-de-France		8 minutes
Edouard*	Manipulateur en électroradiologie	23 ans	Ile-de-France		11 minutes
Sophie*	Manipulateur en électroradiologie	15 ans	Somme		15 minutes
Zoé*	Manipulateur en électroradiologie	18 ans	Bourgogne Franche-Comté		13 minutes
Marine*	Radiologue	28 ans	Occitanie		21 minutes
Clément*	Manipulateur en électroradiologie	11 ans	Occitanie		12 minutes
Alexis*	Manipulateur en électroradiologie	2 ans	Auvergne-Rhône-Alpes		16 minutes
Anne*	Manipulateur en électroradiologie	1 an	Somme		11 minutes

* Dans un souci de confidentialité, certains noms ont été modifiés.

Ci-dessous, une enquête réalisée auprès du Docteur Kuchcinski, chef de clinique du service de neuroradiologie du CHRU de Lille.

Brève présentation :

Nom : Kuchcinski

Prénom : Grégory

Fonction : Neuroradiologue (Chef de Clinique)

Structure : Service de Neuroradiologie, CHRU de Lille

Ancienneté dans la structure : 3 ans

1. Le matériel utilisé

Quel est le type de matériel dont vous disposez au sein de votre structure pour effectuer une prise en charge radiologique lors d'une suspicion d'AVC ? (Type de matériel, marque)

Nous disposons d'une IRM 1.5T Achieva Philips dédiée aux urgences 24h/24 et 7j/7. En cas de contre-indication à l'IRM, nous utilisons un scanner SIEMENS Somatom.

Quelle place accordez-vous au post-traitement en imagerie lors de la réalisation d'un examen (post-traitement simple, perfusion cérébrale) ?

Dans 95% cas, un post-traitement simple des 4 séquences indispensables (FLAIR, Diffusion, T2*, 3D TOF) est suffisant : calcul de la carte d'ADC effectué de manière automatique, reconstruction MIP du polygone de Willis en 3D TOF.

Dans certains cas difficiles (AVC très précoce <1h avec diffusion douteuse ou négative / AVC de plus de 4h30 afin d'évaluer la pénombre ischémique pour discuter une revascularisation) , une séquence de perfusion T2* est réalisée et nécessite un post-traitement (réalisé sur Intellispace Portal) pour obtenir les cartes paramétriques de MTT et CBV.

En cas d'AVC volumineux, il est nécessaire de réaliser une volumétrie de la lésion ischémique pour discuter la revascularisation et/ou une craniectomie décompressive.

2. Dans le cadre d'un AVC

Quelle est la fréquence de détection d'AVC au sein de votre structure ?

La détection est pluri-quotidienne.

Quel examen privilégiez-vous lors d'une suspicion d'AVC ?

Dans le cadre d'une suspicion d'AVC, une IRM cérébrale en accord avec les recommandations de la HAS est réalisée.

Pensez-vous que d'autres techniques seraient à privilégier pour la détection d'AVC ?

Non.

Selon vous, existe-t-il des limites aux outils utilisés de nos jours dans le cadre de l'AVC ?

- Acquisition

Les temps d'acquisition en IRM peuvent être trop longs.

Il existe des contre-indications à l'IRM.

La difficulté de surveillance des patients instables dans le tunnel de l'IRM.

- Post-traitement

Il serait intéressant d'avoir un outil automatisé de quantification du volume d'infarctus en diffusion. Ainsi qu'un outil automatisé de détection et quantification de la pénombre ischémique en perfusion.

3. Les innovations

Avez-vous entendu parler d'innovations dans le cadre de la détection et de la prise en charge de l'AVC ?

Des séquences d'acquisition ultra-rapides (grâce au compressed sensing, aux techniques d'acquisition multiband, aux séquences IRM synthétiques).

L'évolution de la prise en charge avec la thrombectomie mécanique chez les patients présentant une occlusion artérielle proximale (25% des AVC ischémiques environ).

Je vous remercie pour votre participation. Vos réponses sont très intéressantes, car celles-ci varient énormément en fonction des différents sites. Il reste encore de nombreux sites qui, faute de matériel, privilégient l'utilisation du scanner à l'IRM.

Pensez-vous que cela soit un problème en France, ou le nombre d'IRM par habitant reste très bas ? Ou est-ce que selon vous le premier diagnostic donné grâce à l'utilisation du scanner est suffisant à la détection et la bonne prise en charge de l'AVC ?

La France est l'un des rares pays où l'IRM est recommandée en première intention. Même si le taux d'IRM est bas, dans la région Hauts de France en tout cas, l'IRM est souvent disponible en première intention (CHU Lille, Hôpitaux Catholiques de Lille, CH Roubaix, CH Lens, CH Boulogne, CH Tourcoing).

Dans les autres pays (Etats-Unis, Allemagne), le scanner sans injection associé à un angioscanner est le plus souvent réalisé en première intention. L'argument avancé est sa rapidité et sa disponibilité en urgence. Il permet d'apporter les 2 informations essentielles au traitement et est donc une alternative acceptable en pratique clinique:

- Absence d'hémorragie (donc absence de contre-indication à la thrombolyse)
- Présence d'une occlusion artérielle proximale (donc indication d'une thrombectomie mécanique)

Par contre, sa sensibilité est faible dans les premières heures où il ne permet pas de visualiser directement l'infarctus. Ceci conduit à thrombolyser des patients qui n'ont pas d'infarctus.

Le scanner est donc un outil efficace en pratique clinique mais assez limité. L'IRM permet une meilleure analyse de l'infarctus (volume, anomalie de perfusion (cœur de l'infarctus, pénombre ischémique, oligémie)). A mon avis, c'est le seul examen qui permettra à l'avenir de mieux comprendre et sélectionner quels sont les patients qui pourront bénéficier d'une revascularisation et d'évoluer vers un traitement individualisé.

3. Analyse des résultats

A. Scanner ou IRM ?

La majorité des répondants (11) possèdent, au sein de leur structure, une IRM dédiée aux urgences, ou disponible 24h/24 et 7j/7, permettant de réaliser des examens en urgence.

Trois d'entre eux, ne disposent pas d'IRM au sein de leur structure.

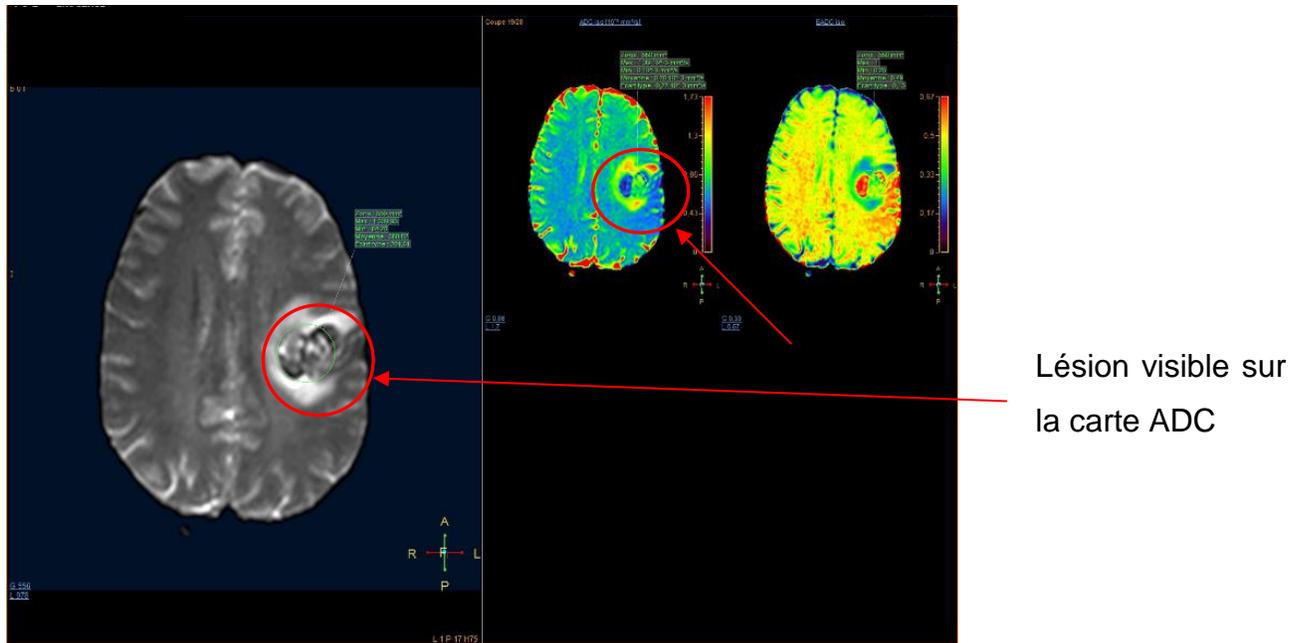
« Nous n'avons malheureusement pas d'IRM. Lors d'urgences nous utilisons le scanner afin de réaliser un premier bilan de la situation. C'est en général suffisant pour un premier diagnostic » (Clément, manipulateur en électroradiologie)

Des scanners sont alors réalisés, avec un post-traitement de perfusion cérébrale.

« Afin de pallier aux limites du scan en matière d'AVC aigu, nous réalisons systématiquement un post-traitement de perfusion cérébrale qui permet alors d'étudier les zones hypoperfusées du parenchyme cérébral. Cela est possible lorsque le patient peut être injecté. » (Marine, radiologue).

Afin de réaliser le post-traitement des images, tous possèdent une console de post-traitement IntelliSpace Portal de Philips. Pour les répondants réalisant une IRM, une analyse « simple » des images est effectuée, puis une analyse de la carte et des valeurs ADC.

Les valeurs de l'ADC (coefficient apparent de diffusion) sont calculées puis affichées sous la forme d'une carte paramétrique montrant, grâce à différentes couleurs, la diffusion des molécules d'eau à travers différents tissus. Le but de cette carte, appelée carte ADC, est de montrer de manière visuelle (mais aussi grâce à des valeurs exprimées en mm^2/sec), la zone du cerveau touchée par l'AVC. L'analyse de cette carte est nécessaire au diagnostic de l'AVC.



Les autres répondants sont unanimes quant à l'utilisation de l'IRM dans le cadre d'une suspicion d'AVC.

« Aucune autre technique de détection est à privilégier. Ce serait une erreur d'utiliser le scan, surtout si l'IRM est disponible » (Joseph, manipulateur en électroradiologie)

« IRM uniquement, sauf si le patient présente des contre-indications ou s'il est trop agité » (Chloé, manipulateur en électroradiologie)

Nous pouvons donc voir une différence entre les études et notre enquête ici réalisée. Dans la littérature, nous avons vu que selon une étude de l'IRDES datant de 2012, seuls 52% des patients auraient bénéficiés uniquement d'un scanner, 24% d'une IRM et d'un scanner, 9% d'une IRM et 15% n'auraient eu aucun acte d'imagerie [18]. Depuis 5 ans, suite à la création des UNV et du plan action AVC mené par le gouvernement, la patient bénéficierait systématiquement d'un examen d'IRM lorsque cela est possible, et à défaut il passerait un scanner.

B. Les bénéfices et contraintes de l'IRM

En accord avec la littérature, les personnes interrogées décrivent les inconvénients liés à l'IRM et au scanner :

- « *Les temps d'acquisition sont parfois trop longs, le patient doit rester immobile pour éviter les artéfacts ou le flou dans l'image... c'est mission impossible avec des patients claustrophobes, non coopératifs ou instables* » (Edouard, manipulateur en électroradiologie)
- « *Tous les pacemakers ne sont pas encore compatibles avec l'IRM.* » (Joseph, manipulateur en électroradiologie)
- Le scanner a une « *sensibilité faible dans les premières heures où il ne permet pas de visualiser directement l'infarctus. Ceci conduit à thrombolysé des patients qui n'ont pas d'infarctus* » (Grégory Kuchcinski, neuroradiologue)
- Le scanner est irradiant et certains patients sont allergiques au produit de contraste iodé. De plus son utilisation ne suit pas les préconisations de la HAS.

La contrainte de temps est très importante lors de la prise en charge de l'AVC.

Voici la question alors soulevée par Joseph : « *Est-il préférable de réaliser un diagnostic rapide et peu complet, ou moins rapide et complet ?* » La réponse des professionnels interrogés est similaire : il faut privilégier un diagnostic plus complet et plus long, ce qui aura une forte influence sur la prise en charge du patient. L'examen d'IRM permet d'obtenir des éléments prédictifs et effectuer une prise en charge « personnalisée » de chaque patient.

C. Les innovations dans la prise en charge de l'AVC

De nombreuses innovations existent et permettent de donner un diagnostic plus rapide, plus fiable et plus complet de l'AVC.

Les personnes interrogées ont évoqué :

- De nouvelles séquences de perfusion à l'IRM plus rapides, sans injection, et permettant d'obtenir des résultats similaires à la séquence injectée.
- De nouvelles séquences ultra-rapides permettant de réduire les temps d'acquisition.
- Une réduction de la dose d'irradiation en scanner.

Les innovations concernent donc majoritairement les machines d'acquisition elles-mêmes, alors que la console de post-traitement, principal outil d'interprétation d'images a elle aussi connu de nombreuses innovations.

Les radiologues interrogés, principaux utilisateurs de la console de post-traitement, ont évoqué ce sujet. Par exemple, Zoé, radiologue n'ayant pas en sa possession d'IRM avoue se servir du « *post-traitement de perfusion cérébral* ». La perfusion cérébrale (expliquée en partie III), est en effet un moyen de contrer le principal problème du scanner, sa mauvaise détection de l'AVC ischémique aigu.

Dr Kuchcinski évoque lui l'« *intérêt d'un outil automatisé de détection et quantification de la pénombre ischémique en perfusion* ». Il est important de savoir qu'une application de post-traitement permet déjà de faire cela, de façon très rapide et automatique.

Nous pouvons alors constater un certain manque d'informations de la part des professionnels de l'imagerie interrogés, à mettre en relation avec le manque de mise à jour des préconisations de la HAS par exemple.

Conclusion

Grâce à l'analyse de l'enquête, nous pouvons voir qu'il y a une légère différence entre la littérature, et les pratiques réelles sur le terrain. Les recommandations de la HAS, datant de 2009, sont respectées autant que possible, et ce malgré un manque d'équipement et un manque de personnel. Il semblerait que l'IRM soit, en réalité, beaucoup plus utilisé sur le terrain lors d'une suspicion d'AVC.

Un point important à aborder suite à cette enquête est le fait que les recommandations faites par la HAS ont maintenant 8 ans. Le monde de la radiologie a fait d'énormes progrès, surtout en matière de post-traitement. Même si les machines de radiologie sont devenues moins irradiantes (pour le scanner) et beaucoup plus rapides, le post-traitement en imagerie a lui vu apparaître de nouvelles applications permettant de contre-balancer les principaux problèmes des machines elles-mêmes.

III. Le secteur de l'imagerie médicale en renouvellement

Chaque année, de nombreux constructeurs en imagerie médicale présentent leurs nouveautés lors de congrès comme aux JFR (Journées Françaises de Radiologies) à Paris, ou au RSNA (Radiological Society of North America) à Chicago. L'AFIB, dans son rapport dédié au RSNA 2016, déclare que « de nouveaux outils et de nouvelles applications permettent d'étendre les indications du scanner, le nombre de machines installées et le temps médical » [36]. Il est donc important de s'intéresser aux outils de post-traitement.

1. Les innovations récentes palliant aux limites du scanner et de l'IRM : applications avancées.

La console de post-traitement en imagerie est un élément indispensable dans l'interprétation d'un examen. Elle permet d'interpréter un examen, mais aussi de réaliser des analyses complémentaires aux examens, grâce à des applications avancées.

Toutes les sociétés de radiologie proposent une console de post-traitement dédiée à la lecture et à l'analyse des examens. Ces consoles sont multi-constructeurs, elles sont donc capables de lire et analyser des images acquises par la machine d'un autre constructeur. Par exemple, l'IntelliSpace Portal (ISP) de Philips peut lire et analyser des images venant d'un scanner General Electric, ou d'une IRM Siemens.

Les consoles les plus présentes sur le marché :

- Philips : IntelliSpace Portal
- Siemens : Syngo.via
- General Electric : GE Advantage Windows
- Olea : Olea Sphere

Dans le cadre de la prise en charge de l'AVC, les applications avancées de ces consoles de post-traitement peuvent avoir pour intérêt de palier aux limites du scanner et de l'IRM.

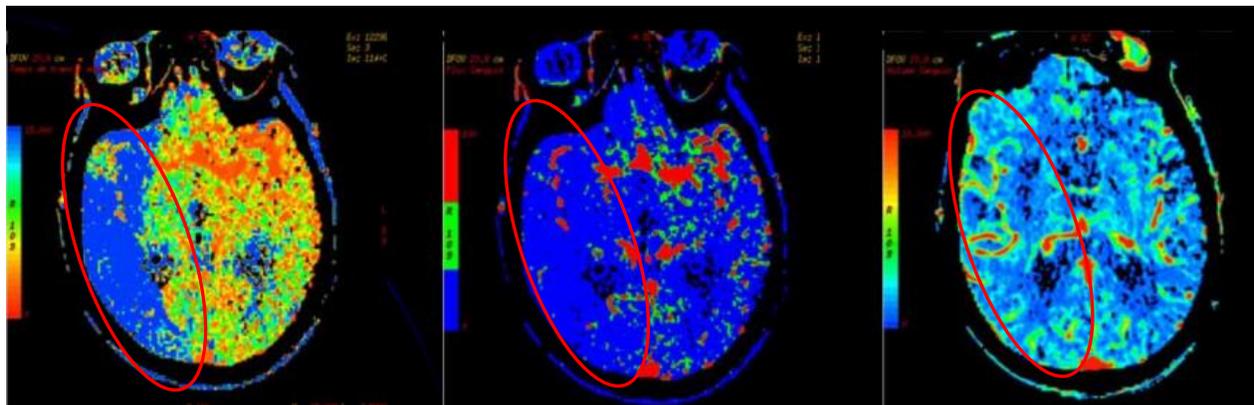
A. La perfusion cérébrale au scanner

Un examen de perfusion cérébrale au scanner va permettre de palier au principal défaut du scanner : la mauvaise détection de l'AVC ischémique en phase aiguë. Cette

application avancée va générer automatiquement, grâce à une acquisition réalisée avec injection de produit de contraste, des cartographies (Figure 7) basées sur différents critères :

- Les temps de transit moyen (MTT)
- Le flux sanguin (CBF)
- Le volume sanguin (CBV)

Ces cartes pourront donner au radiologue des indications concernant la mauvaise irrigation du cerveau du patient.



Temps de transit moyen

Flux sanguin

Volume sanguin

Figure 7: Cartographies de perfusion cérébrale

Sur les cartes ci-dessus, nous pouvons voir que le patient souffre d'un AVC ischémique. Une grande partie de l'hémisphère droit de son cerveau n'est plus irriguée de façon correcte.

Cette application permet aussi d'effectuer un mismatch (Figure 8). Le mismatch est la comparaison des cartes de volume et de flux, ce qui donnera deux informations capitales : l'existence ou non de zones de pénombre et d'ombre, ainsi que leur localisation et leur volume.

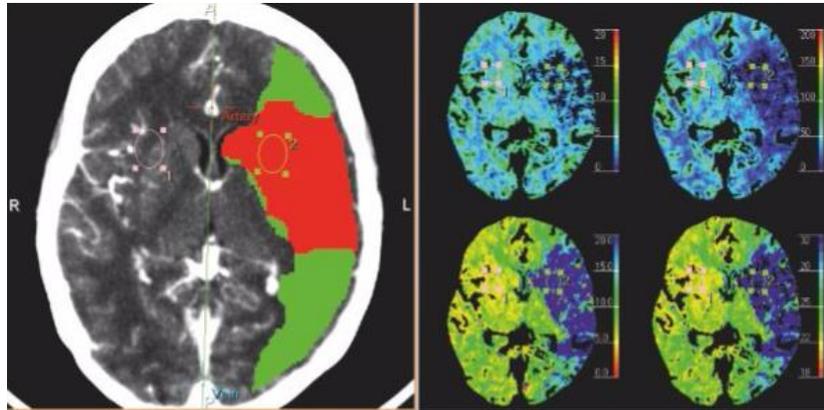


Figure 8: Mismatch CT – IntelliSpace Portal Philips

La zone de pénombre ischémique, ici visible en vert, correspond à une région à risque d'infarctus cérébral. Cette zone a donc un devenir imprévisible et dépend de la restauration de la circulation sanguine. Cette zone peut donc être totalement sauvée si la prise en charge thérapeutique du patient est rapide. En revanche, la zone d'ombre ici visible en rouge a un devenir plus incertain. Cette zone aurait, à priori, été privée d'irrigation pendant une trop longue durée, entraînant des séquelles irréversibles.

Nous pouvons donc voir que grâce à l'application avancée de la perfusion cérébrale, nécessitant uniquement une acquisition injectée au scanner, nous pouvons palier au principal défaut du scanner, c'est-à-dire le manque de fiabilité pour le diagnostic de l'AVC ischémique aigu. Cette application, proposée en option par les fabricants de console de post-traitement, peut être une bonne alternative pour les sites ne possédant pas d'IRM.

B. La perfusion cérébrale à l'IRM

Une perfusion cérébrale peut aussi être réalisée avec des séquences d'IRM. Tout comme la perfusion cérébrale réalisée avec des examens de scanner, des cartographies (Figure 9) seront obtenues automatiquement. Elles permettent au radiologue d'évaluer la zone touchée par l'ischémie.

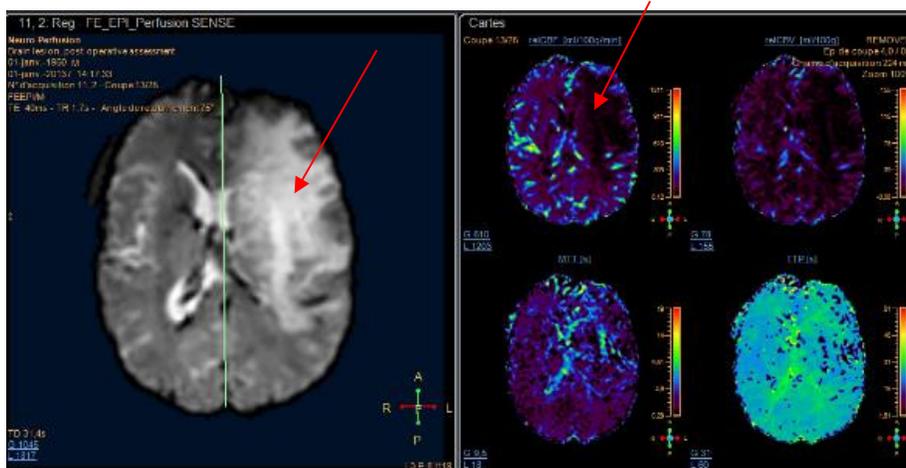


Figure 9: NeuroPerfusion IRM - IntelliSpace Portal Philips

Ces cartographies, réalisées grâce à des séquences IRM, ne sont pas nécessaire à l'établissement d'un diagnostic d'un AVC ischémique aigu. Leur intérêt sera de localiser très nettement l'ischémie. Tout comme au scanner, un mismatch est réalisable, afin de connaître et quantifier les zones d'ombre et de pénombre de façon très précise.

2. Atouts et limites

Les applications de perfusion cérébrale au scanner et à l'IRM ne sont pas obligatoires dans l'établissement d'un diagnostic. Néanmoins, elles peuvent aider le radiologue, surtout dans le cas d'un examen réalisé avec un scanner.

Ces applications ne sont généralement pas proposées par défaut lors de l'achat d'une console de post-traitement. Ce sont des options ayant un certain coût. De plus, elles nécessitent une formation du radiologue à son utilisation.

L'intérêt de ces applications reste néanmoins important. Elles permettent de connaître exactement la localisation ainsi que le volume d'ombre et de pénombre. Le radiologue

connaîtra alors les séquelles dont souffrira ou non le patient, même après le traitement qui lui sera donné. Cela a pour but de créer des traitements qui correspondent exactement au patient, et entrer directement dans l'ère de la « médecine personnalisée ».

De plus, ces applications ne nécessitent pas un temps de traitement important. Les cartographies sont générées automatiquement. Le radiologue ne perd donc pas de temps à traiter l'examen.

IV. Conclusion

Cette année d'alternance chez Philips Healthcare m'a permis de devenir un acteur direct dans la formation de radiologues et de manipulateurs en électroradiologie, ainsi que d'acquérir un portefeuille de connaissances très large concernant le scanner, l'IRM et le post-traitement. Les nombreux déplacements effectués dans le cadre de mon métier d'Ingénieur d'Application, m'ont permis d'avoir un œil critique sur certaines pratiques et m'ont amené à me poser une question : « Pourquoi, en fonction des différents sites, les patients ne sont-ils pas pris en charge de la même façon ? »

Je me suis plus particulièrement intéressée à l'AVC, qui est la première cause de mortalité chez les femmes, et la troisième chez les hommes. Dans un contexte de restructuration budgétaire, les dépenses engendrées par l'AVC sont très élevées ; 3,5 milliards d'euros en 2013.

La problématique de ce mémoire était alors, dans ce contexte, de trouver des axes d'amélioration de la détection et de la prise en charge des patients victimes d'accidents vasculaires cérébraux en France.

Nous avons vu que les deux équipements radiologiques utilisés pour la détection des Accidents Vasculaires Cérébraux sont le scanner et l'IRM. Ces deux équipements, coûteux sont soumis à de nombreuses réglementations et conditions d'utilisations. Dans le cadre de la détection de l'AVC, ils sont tous les deux sujets à des limites.

Le scanner, présent en grand nombre sur le territoire, ne permet pas de réaliser un diagnostic fiable de l'AVC ischémique aigu. Cela revient à thrombolysier des patients qui ne devraient pas l'être. De plus, le scanner reste une machine irradiante, et certains patients sont allergiques au produit de contraste iodé. Le scanner a tout de même pour grand intérêt d'être extrêmement rapide, et souvent disponible en cas d'urgence.

L'IRM est un équipement plus rare en France, qui possède l'un des parcs IRM les plus faibles d'Europe. De plus, les machines sont inégalement réparties, ce qui crée des problèmes de disponibilité en urgence. Or, les recommandations de la Haute Autorité de Santé sont claires : l'examen de référence lors d'une suspicion d'AVC est l'IRM car cette modalité permet une détection nette de l'AVC aigu. Les contre-indications à l'IRM restent

assez nombreuses : la claustrophobie, les pacemakers non compatibles, les éclats de métal dans le corps.... De plus une acquisition à l'IRM peut être assez longue, ce qui est un obstacle lorsque le patient est agité.

En plus des contraintes techniques imposées par les machines elles-mêmes, la France possède l'un des parcs radiologiques le plus pauvre d'Europe. Le nombre de machines par habitant est insuffisant et le nombre de radiologues ne croît pas alors que le nombre d'examens prescrit est en nette augmentation.

Selon une enquête qualitative réalisée auprès de 14 professionnels de la radiologie (5 radiologues et 9 manipulateurs en électroradiologie), malgré toutes les contraintes citées précédemment, les recommandations de la Haute Autorité de Santé sont respectées lorsque cela est possible. Selon les répondants, l'IRM est dans tous les cas à privilégier, et aucune autre technologie n'est à privilégier.

Malgré cela, le post-traitement en radiologie devrait avoir une place plus importante dans la détection de l'AVC car il permet, à l'aide d'une analyse de la perfusion cérébrale, d'obtenir un volume ainsi qu'une localisation exacte de l'ischémie cérébrale. Ces données permettraient de réaliser un traitement parfaitement adapté à chaque patient. Dans un contexte de réduction des dépenses, ce type de traitement serait parfaitement adapté, et serait bénéfique au patient. De plus, mis à part une réduction des temps d'acquisition en IRM et une réduction de l'irradiation au scanner, les principales innovations technologiques se trouvent du côté du post-traitement.

En conclusion, la place du post-traitement dans la prise en charge et la détection de l'AVC devrait être bien plus importante et pourrait être une solution valable au manque de machines, ainsi qu'à l'amélioration des traitements pour le patient. Les autorités responsables des recommandations devraient prendre en compte les innovations faites dans ce sens ces dernières années, afin de mettre en avant la place du post-traitement en radiologie, et ce notamment pour la neuroradiologie et l'oncologie.

V. Bibliographie

- [1] LECOFFRE C., de PERRETI C., GABET A., GRIMAUD O., WOIMANT F., GIROUD M., BEJOT Y. & OLIE V., 2017. Mortalité par accident vasculaire cérébral en France en 2013 et évolutions 2008-2013, *Bulletin Epidémiologique Hebdomadaire*, vol. 5, p.95-100, [Disponible en ligne]
http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2017/5/2017_5_2.html
- [2] MINISTERE DE LA SANTE ET DES SPORTS, MINISTERE DU TRAVAIL, DE LA SOLIDARITE ET DE LA FONCTION PUBLIQUE, MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE, Avril 2010, Plan d'actions national "accidents vasculaires cérébraux 2010-2014", p.7, [Disponible en ligne] http://invs.santepubliquefrance.fr/beh/2017/5/2017_5_2.html
- [3] HAUTE AUTORITE DE SANTE, Accident Vasculaire Cérébral (AVC), Février 2013 Parcours de soins, [En ligne]
https://www.has-sante.fr/portail/jcms/r_1505260/fr/accident-vasculaire-cerebral-avc-parcours-de-soins
- [4] ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE, 2017, Accident vasculaire cérébral (AVC), [En ligne] http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/fr/.
- [5] AGENCE NATIONALE DE SECURITE DU MEDICAMENT ET DES PRODUITS DE SANTE, 2017, Contrôle qualité des dispositifs médicaux, [En ligne]
[http://ansm.sante.fr/Activites/Maintenance-et-controle-qualite-des-DM/Controle-qualite-des-DM/\(offset\)/0](http://ansm.sante.fr/Activites/Maintenance-et-controle-qualite-des-DM/Controle-qualite-des-DM/(offset)/0).
- [6] AMELI.FR, Avril 2017, Comprendre l'accident vasculaire cérébral (AVC), [En ligne]
<https://www.ameli.fr/assure/sante/themes/avc-comprendre/avc-comprendre>.
- [7] SOCIETE DE CHIRURGIE VASCULAIRE ET ENDOVASCULAIRE DE LANGUE FRANCAISE, 2017, Qu'est-ce qu'un accident vasculaire cérébral ischémique ?, [En ligne] <http://www.vasculaire.com/fr/Maladies/Stenose-Carotidienne/Qu-est-ce-qu-un-accident-vasculaire-cerebral-ischemique>.
- [8] MEDISITE, Décembre 2016, AVC hémorragique : quels sont les traitements ?, [En ligne] <http://www.medisite.fr/problemes-cardiovasculaires-les-traitements-avc-hemorragique-quels-sont-les-traitements.1231989.524157.html>.
- [9] CLINIQUE UNIVERSITAIRE SAINT-LUC UCL BRUXELLES, 2017, Thrombolyse cérébrale, [En ligne]
<http://www.saintluc.be/services/medicaux/neurologie/thrombolyse.php>.
- [10] BENOIT T. & CORABIANU O., Avril 2015, Évaluation des délais de prise en charge des AVC en UNV-SI : étude rétrospective sur 50 patients, *Revue Neurologique - Journées de Neurologie de langue française 2015*, vol. 171, p. A31-A32, [Disponible en ligne] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0035378715000910>.
- [11] DO-QUANG L., Novembre 2015, AVC: Les actions pour réduire les délais de prise en charge doivent être répétées pour être efficaces, *Société Française de Médecine d'Urgence*, [En ligne] <http://www.sfm.org/fr/actualites/actualites-de-l-urgences/id-57692-avc-les-actions-pour-reduire-les-delais-de-prise-en-charge-doivent-etre-repetees-pour-etre-efficaces>.

- [12] CALVET D., OPPENHEIM C. & MAS J.L., Décembre 2010, Infarctus cérébral et AIT: scanner ou IRM en première intention?, *Réalités cardiologiques*, p.2 [Disponible en ligne] <https://www.realites-cardiologiques.com/wp-content/uploads/sites/2/2010/12/07.pdf>
- [13] BELAHSEN F., MOULIN T. & CATTIN F., Avril 2002, Prise en charge de l'AVC ischémique: scanner: signes précoces, vol. II, n° 2, p.74-77.
- [14] LECLERC X. & TURJMAN F., Mars 2012, L'imagerie médicale, au coeur de la prise en charge de l'AVC, *Société Française de Radiologie*, [Disponible en ligne] http://www.sfrnet.org/rc/org/sfrnet/htm/Article/2012/20120330-074547-031/src/htm_fullText/fr/R%C3%B4le%20de%20l'imagerie%20dans%20la%20prise%20en%20charge%20de%20l'AVC.pdf.
- [15] AGENCE NATIONALE D'ACCREDITATION ET D'EVALUATION EN SANTE / Service évaluation des technologies, Juin 2002, Imagerie de l'Accident-Vasculaire Cérébral aigu, p.9, [Disponible en ligne] <https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/AVC.rap.pdf>.
- [16] HAUTE AUTORITE DE SANTE, Mai 2009, Accident vasculaire cérébral : prise en charge précoce, *Synthèse des recommandations de bonne pratique*, p.4, [Disponible en ligne] https://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-07/avc_prise_en_charge_precoce_-_synthese_des_recommandations.pdf.
- [17] MEURIN A., BINTNER M., GAUTHIER P., VILETTE A., KOHLMANN R., BLANC S., ARCHAMBAULT E. & VALADIER P., 2006, Apport de la perfusion cérébrale dans le diagnostic précoce des accidents vasculaires cérébraux, *Groupe Hospitalier Sud réunion Saint Pierre*, [En ligne] <http://pe.sfrnet.org/Data/ModuleConsultationPoster/pdf/2006/1/e63b2d7f-a3b0-421f-897c-798844a6d653.pdf>
- [18] BRICARD D., COM-RUELLE L., DEBALS-GONTHIER M., LE GUEN N. & NESTRIGUE C., Mars 2017, Le parcours de soins des victimes d'accident vasculaire cérébral : les facteurs déterminants de la durée de la prise en charge aiguë, *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique*, Science Direct, vol. 65, p.30. [Disponible en ligne] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0398762017300743>
- [19] DAVIET J.C., 2012, Structuration d'une filière AVC dans son chaînon d'aval, *Département de MPR, CHU Limoges*, [En ligne] <http://www.cofemer.fr/UserFiles/File/4aFilAVCr.pdf>
- [20] HORDE P., Octobre 2017, AVC - Transfert dans une UNV, *Journal des Femmes Santé Médecine*. [En ligne]. Disponible sur: <http://sante-medecine.journaldesfemmes.com/faq/6388-avc-transfert-dans-une-unv>.
- [21] MINISTERE DES SOLIDARITES ET DE LA SANTE, Octobre 2016, Les unités neuro vasculaire (UNV), [En ligne], <http://solidarites-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/maladies/maladies-cardiovasculaires/accident-vasculaire-cerebral-avc/article/les-unites-neuro-vasculaire-unv>.
- [22] MINISTERE DES SOLIDARITES ET DE LA SANTE, 2016, L'équipement en imagerie des établissements de santé publics et privés à but non lucratif, *Les établissements de santé - Drees*, p.98-101, [Disponible en ligne] <http://drees.solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/fiche18-4.pdf>

- [23] ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES, 2017, Équipements de santé - Tomodensitomètres (scanners), [En ligne] <http://data.oecd.org/fr/healthqt/tomodensitometres-scanners.htm>.
- [24] MORNEX R., Avril 2013, Améliorer la pertinence des Stratégies Médicales », *Académie Nationale de Médecine*, [Disponible en ligne] <http://www.academie-medecine.fr/wp-content/uploads/2013/07/2-Rapport-Pertinence-des-strat%C3%A9gies-m%C3%A9dicales-27-mars1.pdf>
- [25] SOCIETE FRANCAISE DE RADIOLOGIE, Janvier 2015, Pénurie d'IRM - Limitation des indications de l'IRM au profit des seules urgences, un renoncement inacceptable et dangereux : la SFR répond au JIM.fr, [En ligne] <http://www.sfrnet.org/sfr/professionnels/2-infos-professionnelles/penurie-dirm/index.phtml>.
- [26] PATERON & GAUVRIT, 2014, L'accès à l'imagerie au cours des urgences : analyse de l'enquête nationale, *Dossier de presse JFR*, [En ligne] <http://kdc.pm/2v6>.
- [27] BALERDI M., ELLIS D.Y., GRIEVE P., MURRAY P. & DALBY M., 2011, Aeromedical transfer to reduce delay in primary angioplasty, *Resuscitation*, vol. 82, p.947-950.
- [28] BERTHIER F., GONDRET C., De La COUSSAYE J.E., GOLDSTEIN P., BERTRAND C., LETELLIER N., GIROUD M. & CARLI P., 2012, Spécificité des interventions hélicoptérées, *Urgences 2012*, Chapitre 60, [Disponible en ligne] http://sofia.medicalistes.org/spip/IMG/pdf/Specificite_des_interventions_heliportees.pdf
- [29] SILVESTRIN C., Novembre 2016, Europe's looming radiology capacity challenge - A comparative study, *TMC*, p.7-8, [Disponible en ligne] https://www.telemedicineclinic.com/wp-content/uploads/2016/11/Europes_looming_radiology_capacity_challenge-A_comparitive_study.pdf.
- [30] QUINTIN J-J., Septembre, 2012, Approches et démarches de la recherche en sciences de l'éducation, [Disponible en ligne] file:///C:/Users/310262798/Downloads/Approches_et_d%C3%A9marches_de_la_recherche_en_sciences_de_l'%C3%A9ducation-version_0,81.pdf.
- [31] ALAMI S., DESJEUX D. & GARBUAU-MOUSSAOUI I., 2013, Les méthodes qualitatives, collec Que sais-je?, *Paris*, puf.
- [32] COUVREUR A. & LEHUEDE F., 2002, Essai de comparaison de méthodes quantitatives et qualitatives à partir d'un exemple: le passage à l'euro vécu par les consommateurs, Cahier de recherche n°176, *Centre de Recherche pour l'Etude et l'Observation des Conditions de Vie*, [Disponible en ligne] http://www.dphu.org/uploads/attachements/books/books_512_0.pdf.
- [33] ROMELEAR P., ROUSSEL P. & WACHEUX F., 2005, L'entretien de recherche, *Management des ressources humaines: Méthodes de recherche en sciences humaines et sociales*, De Boeck., p. 112.
- [34] DEPELTEAU F., 2010, La démarche d'une recherche en sciences humaines, *De Boeck*, p. 11.

[35] BATHELOT B., Avril 2017, Méthode d'échantillonnage raisonnée, *Définitions marketing*, [En ligne] <https://www.definitions-marketing.com/definition/methode-d-echantillonnage-raisonnee/>.

[36] MARQUET L. & FOURCADE, 2016, Etat de l'art en Imagerie médicale, *Association Française des Ingénieurs Biomédicaux*, p.36, [Disponible en ligne] http://www.sfrnet.org/rc/org/sfrnet/htm/Article/2005/mie-20050128-000000-08227/src/htm_fullText/fr/Articles%20AFIB%20RSNA%202016.pdf

VI. Annexes

Annexe 1 : Guide d'entretien de l'enquête qualitative réalisée

Guide d'entretien

La prise en charge de l'AVC

Brève présentation :

- Nom :
- Prénom :
- Fonction :
- Structure :
- Ancienneté dans la structure :

Le matériel utilisé

- Quel est le type de matériel dont vous disposez au sein de votre structure pour effectuer une prise en charge radiologique lors d'une suspicion d'AVC (type de matériel, marque)
- Quelle place accordez-vous au post-traitement en imagerie lors de la réalisation d'un examen (post-traitement simple, perfusion cérébrale) ?

Dans le cadre d'un AVC

- Quelle est la fréquence de détection d'AVC au sein de votre structure ?
- Quel examen privilégiez-vous lors d'une suspicion d'AVC ?
- Pensez-vous que d'autres techniques seraient à privilégier pour la détection d'AVC ?
- Selon vous, existe-t-il des limites aux outils utilisés de nos jours dans le cadre de l'AVC ?

Avez-vous entendu parler d'innovations dans le cadre de la détection et de la prise en charge de l'AVC ?

L'évolution de l'imagerie dans le cadre des Accidents Vasculaires Cérébraux en France

Les Accidents Vasculaires Cérébraux (**AVC**) provoquent chaque année en France la mort de 40 000 personnes. Ils représentent la première cause de mortalité chez les femmes et la troisième chez les hommes.

Selon le Ministère de la Santé et des sports, son **coût financier** global est de 8,4 milliards d'euros par an. Dans un contexte de restriction économique, comment est-il possible de procéder à une meilleure détection et **prise en charge** de l'AVC ?

Le **scanner** et l'**IRM** sont deux équipements **radiologiques** incomplets mais complémentaires. La HAS recommande l'utilisation de l'IRM lors d'une suspicion d'AVC. Malgré de nombreuses innovations technologiques, l'IRM est trop peu présente sur le territoire et inégalement répartie. D'autre part le scanner ne permet pas de réaliser une détection de l'AVC ischémique aigu. Une **enquête qualitative** basée sur des entretiens semi-directifs a été menée auprès de radiologues et de manipulateurs en électroradiologie. Cette enquête a montré que l'IRM était l'outil le plus fréquemment utilisé lors d'une suspicion d'AVC, mais aussi que la **console de post-traitement** pouvait être un outil indispensable lors de la détection de l'AVC. La console de post-traitement, permettant au radiologue d'interpréter des examens radiologiques, a connu de nombreuses innovations permettant de réaliser un **diagnostic** de plus en plus précis. Cela a aussi pour but d'effectuer une prise en charge personnalisée du patient et mène à une **réduction des coûts**.

Mots-clefs: AVC, console de post-traitement, coût financier, diagnostic, enquête qualitative, IRM, prise en charge, radiologique, réduction des coûts, scanner.

Evolution of radiology in the context of strokes in France

Strokes cause each year the death of 40 000 person in France.

According to the Health and Sports Ministry, its costs can reach 8.4 billion euros per year. In this economic restraint context, how is it possible to make a better detection and care of strokes?

Computerized tomography (CT) and **MRI** and both incomplete but complementary. The French National Authority for Health (FNAH) recommend using the MRI in the case of a stroke suspicion. Despite numerous technological advances, MRI are underrepresented and unevenly spread over the country. Furthermore, CT scan are unable to detect acute ischemic strokes.

A **qualitative survey**, based on semi-structured interviews, was carried out of **radiologists** and technicians specialized in electro-radiology. This survey shown that MRI were more frequently used than CT scan. It is also important to highlight the fact that **post-processing systems** are becoming an essential tool in stroke detection. These systems enable radiologists to generate the best interpretation of radiological examination. Numerous technological advances in post processing lead in a personalized medicine and in **expenditure reduction**.

Key-words: computerized tomography, expenditure reduction, MRI, post-processing systems, qualitative survey, radiologists, strokes.