



HAL
open science

Intérêt de la séquence Artériel Spin Labeling (ASL) en IRM dans les épilepsies réfractaires de l'enfant

Jean-Bruno Banos

► **To cite this version:**

Jean-Bruno Banos. Intérêt de la séquence Artériel Spin Labeling (ASL) en IRM dans les épilepsies réfractaires de l'enfant. Sciences du Vivant [q-bio]. 2017. dumas-01895812

HAL Id: dumas-01895812

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01895812>

Submitted on 15 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Faculté
de Médecine**
Aix*Marseille Université

**Intérêt de la séquence Artériel Spin Labeling (ASL) en IRM
dans les épilepsies réfractaires de l'enfant.**

T H È S E A R T I C L E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 23 Octobre 2017

Par Monsieur Jean-Bruno BANOS

Né le 5 octobre 1987 à Aix-En-Provence (13)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de RADIODIAGNOSTIC ET IMAGERIE MÉDICALE

Membres du Jury de la Thèse :

Madame le Professeur GIRARD Nadine

Président

Monsieur le Docteur REYRE Anthony

Directeur

Monsieur le Professeur BARTOLI Jean-Michel

Assesseur

Monsieur le Professeur MILH Mathieu

Assesseur

Monsieur le Professeur SCAVARDA Didier

Assesseur



**Faculté
de Médecine**
Aix*Marseille Université

**Intérêt de la séquence Artériel Spin Labeling (ASL) en IRM
dans les épilepsies réfractaires de l'enfant.**

T H È S E A R T I C L E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 23 Octobre 2017

Par Monsieur Jean-Bruno BANOS

Né le 5 octobre 1987 à Aix-En-Provence (13)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de RADIODIAGNOSTIC ET IMAGERIE MÉDICALE

Membres du Jury de la Thèse :

Madame le Professeur GIRARD Nadine	Président
Monsieur le Docteur REYRE Anthony	Directeur
Monsieur le Professeur BARTOLI Jean-Michel	Assesseur
Monsieur le Professeur MILH Mathieu	Assesseur
Monsieur le Professeur SCAVARDA Didier	Assesseur

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DE MEDECINE

Doyen : Georges LEONETTI

Vice-Doyen aux Affaires Générales : Patrick DESSI

Vice-Doyen aux Professions Paramédicales : Philippe BERBIS

Assesseurs :

- * aux Etudes : Jean-Michel VITON
- * à la Recherche : Jean-Louis MEGE
- * aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
- * aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
- * à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
- * pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
- * aux centres hospitaliers non universitaire : Jean-Noël ARGENSON

Chargés de mission :

- * 1^{er} cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
- * 2^{ème} cycle : Marie-Aleth RICHARD
- * 3^{ème} cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
- * Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
- * DU-DIU : Véronique VITTON
- * Stages Hospitaliers : Franck THUNY
- * Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
- * Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
- * Démographie Médicale et Filiation : Roland SAMBUC
- * Relations Internationales : Philippe PAROLA
- * Etudiants : Arthur ESQUER

Responsable administratif :

- * Déborah ROCCHICCIOLI

Chefs de service :

- * Communication : Laetitia DELOUIS
- * Examens : Marie-Thérèse ZAMMIT
- * Intérieur : Joëlle FAVREGA
- * Maintenance : Philippe KOCK
- * Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND
M. André ALI CHERIF
M. Jean-François PELLISSIER

PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	GALLAIS Hervé
	ALDIGHERI René		GAMERRE Marc
	ALLIEZ Bernard		GARCIN Michel
	AQUARON Robert		GARNIER Jean-Marc
	ARGEME Maxime		GAUTHIER André
	ASSADOURIAN Robert		GERARD Raymond
	AUTILLO-TOUATI Amapola		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BAILLE Yves		GIUDICELLI Roger
	BARDOT Jacques		GIUDICELLI Sébastien
	BARDOT André		GOUDARD Alain
	BERARD Pierre		GOUIN François
	BERGOIN Maurice		GRISOLI François
	BERNARD Dominique		GROULIER Pierre
	BERNARD Jean-Louis		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BERNARD Pierre-Marie		HASSOUN Jacques
	BERTRAND Edmond		HEIM Marc
	BISSET Jean-Pierre		HOUEL Jean
	BLANC Bernard		HUGUET Jean-François
	BLANC Jean-Louis		JAQUET Philippe
	BOLLINI Gérard		JAMMES Yves
	BONGRAND Pierre		JOUVE Paulette
	BONNEAU Henri		JUHAN Claude
	BONNOIT Jean		JUIN Pierre
	BORY Michel		KAPHAN Gérard
	BOURGEADE Augustin		KASBARIAN Michel
	BOUVENOT Gilles		KLEISBAUER Jean-Pierre
	BOUYALA Jean-Marie		LACHARD Jean
	BREMOND Georges		LAFFARGUE Pierre
	BRICOT René		LEVY Samuel
	BRUNET Christian		LOUCHET Edmond
	BUREAU Henri		LOUIS René
	CAMBOULIVES Jean		LUCIANI Jean-Marie
	CANNONI Maurice		MAGALON Guy
	CARTOUZOU Guy		MAGNAN Jacques
	CAU Pierre		MALLAN- MANCINI Josette
	CHAMLIAN Albert		MALMEJAC Claude
	CHARREL Michel		MATTEI Jean François
	CHOUX Maurice		MERCIER Claude
	CIANFARANI François		METGE Paul
	CLEMENT Robert		MICHOTÉY Georges
	COMBALBERT André		MILLET Yves
	CONTE-DEVOLX Bernard		MIRANDA François
	CORRIOL Jacques		MONFORT Gérard
	COULANGE Christian		MONGES André
	DALMAS Henri		MONGIN Maurice
	DE MICO Philippe		MONTIES Jean-Raoul
	DEVIN Robert		NAZARIAN Serge
	DEVRED Philippe		NICOLI René
	DJIANE Pierre		NOIRCLERC Michel
	DONNET Vincent		OLMER Michel
	DUCASSOU Jacques		OREHEK Jean
	DUFOUR Michel		PAPY Jean-Jacques
	DUMON Henri		PAULIN Raymond
	FARNARIER Georges		PELOUX Yves
	FAVRE Roger		PENAUD Antony

FIECHI Marius
FIGARELLA Jacques
FONTES Michel
FRANCOIS Georges
FUENTES Pierre
GABRIEL Bernard
GALINIER Louis
MM POYEN Danièle
PRIVAT Yvan
QUILICHINI Francis
RANQUE Jacques
RANQUE Philippe
RICHAUD Christian
ROCHAT Hervé
ROHNER Jean-Jacques
ROUX Hubert
ROUX Michel
RUFO Marcel
SAHEL José
SALAMON Georges
SALDUCCI Jacques
SAN MARCO Jean-Louis
SANKALE Marc
SARACCO Jacques
SARLES Jean-Claude
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
SOULAYROL René
STAHL André
TAMALET Jacques
TARANGER-CHARPIN Colette
THOMASSIN Jean-Marc
UNAL Daniel
VAGUE Philippe
VAGUE/JUHAN Irène
VANUXEM Paul
VERVLOET Daniel
VIALETES Bernard
VIGOUROUX Robert
WEILLER Pierre-Jean
PENE Pierre
PIANA Lucien
PICAUD Robert
PIGNOL Fernand
POGGI Louis
POITOUT Dominique
PONCET Michel

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967

MM. les
Professeurs DADI (Italie)
CID DOS SANTOS (Portugal)

1974

MM. les
Professeurs MAC ILWAIN (Grande-Bretagne)
T.A. LAMBO (Suisse)

1975

MM. les
Professeurs O. SWENSON (U.S.A.)
Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-
Bretagne)

1976

MM. les
Professeurs P. FRANCHIMONT (Belgique)
Z.J. BOWERS (U.S.A.)

1977

MM. les
Professeurs C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.)
C.GIBBS (U.S.A.)
J. DACIE (Grande-Bretagne)

1978

M. le Président F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)

1980

MM. les
Professeurs A. MARGULIS (U.S.A.)
R.D. ADAMS (U.S.A.)

1981

MM. les
Professeurs H. RAPPAPORT (U.S.A.)
M. SCHOU (Danemark)
M. AMENT (U.S.A.)
Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne)
S. REFSUM (Norvège)

1982

M. le Professeur W.H. HENDREN (U.S.A.)

1985

MM. les
Professeurs S. MASSRY (U.S.A.)
KLINSMANN (R.D.A.)

1986

MM. les
Professeurs E. MIHICH (U.S.A.)

T. MUNSAT (U.S.A.)
LIANA BOLIS (Suisse)
L.P. ROWLAND (U.S.A.)

1987

M. le Professeur P.J. DYCK (U.S.A.)

1988

MM. les
Professeurs R. BERGUER (U.S.A.)
W.K. ENGEL (U.S.A.)
V. ASKANAS (U.S.A.)
J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.)
A. DAVIGNON (Canada)
A. BETTARELLO (Brésil)

1989

M. le Professeur P. MUSTACCHI (U.S.A.)

1990

MM. les
Professeurs J.G. MC LEOD (Australie)
J. PORTER (U.S.A.)

1991

MM. les
Professeurs J. Edward MC DADE (U.S.A.)
W. BURGDORFER (U.S.A.)

1992

MM. les
Professeurs H.G. SCHWARZACHER (Autriche)
D. CARSON (U.S.A.)
T. YAMAMURO (Japon)

1994

MM. les
Professeurs G. KARPATI (Canada)
W.J. KOLFF (U.S.A.)

1995

MM. les
Professeurs D. WALKER (U.S.A.)
M. MULLER (Suisse)
V. BONOMINI (Italie)

1997

MM. les
Professeurs C. DINARELLO (U.S.A.)
D. STULBERG (U.S.A.)
A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne)
P.I. BRANEMARK (Suède)

1998

MM. les
Professeurs O. JARDETSKY (U.S.A.)

1999

MM. les
Professeurs

J. BOTELLA LLUSIA (Espagne)
D. COLLEN (Belgique)
S. DIMAURO (U. S. A.)

2000

MM. les
Professeurs

D. SPIEGEL (U. S. A.)
C. R. CONTI (U.S.A.)

2001

MM. les
Professeurs

P-B. BENNET (U. S. A.)
G. HUGUES (Grande Bretagne)
J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)

2002

MM. les
Professeurs

M. ABEDI (Canada)
K. DAI (Chine)

2003

M. le Professeur
Sir

T. MARRIE (Canada)
G.K. RADDI (Grande Bretagne)

2004

M. le Professeur

M. DAKE (U.S.A.)

2005

M. le Professeur

L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)

2006

M. le Professeur

A. R. CASTANEDA (U.S.A.)

2007

M. le Professeur

S. KAUFMANN (Allemagne)

EMERITAT

2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETTES Bernard	31/08/2019

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHARPIN Denis Surnombre	GORINCOUR Guillaume
ALBANESE Jacques	CHAUMOITRE Kathia	GRANEL/REY Brigitte
ALESSANDRINI Pierre Surnombre	CHAUVEL Patrick Surnombre	GRILLO Jean-Marie Surnombre
ALIMI Yves	CHINOT Olivier	GRIMAUD Jean-Charles
AMABILE Philippe	CHOSSEGROS Cyrille	GROB Jean-Jacques
AMBROSI Pierre	CLAVERIE Jean-Michel Surnombre	GUEDJ Eric
ARGENSON Jean-Noël	COLLART Frédéric	GUIEU Régis
ASTOUL Philippe	COSTELLO Régis	GUIS Sandrine
ATTARIAN Shahram	COURBIERE Blandine	GUYE Maxime
AUDOUIN Bertrand	COWEN Didier	GUYOT Laurent
AUFFRAY Jean-Pierre Surnombre	CRAVELLO Ludovic	GUYS Jean-Michel
AUQUIER Pascal	CUISSET Thomas	HABIB Gilbert
AVIERINOS Jean-François	CURVALE Georges	HARDWIGSEN Jean
AZORIN Jean-Michel	DA FONSECA David	HARLE Jean-Robert
AZULAY Jean-Philippe	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	HOFFART Louis
BAILLY Daniel	DANIEL Laurent	HOUVENAEGHEL Gilles
BARLESI Fabrice	DARMON Patrice	JACQUIER Alexis
BARLIER-SETTI Anne	D'ERCOLE Claude	JOLIVET/BADIER Monique
BARTHET Marc	D'JOURNO Xavier	JOUVE Jean-Luc
BARTOLI Jean-Michel	DEHARO Jean-Claude	KAPLANSKI Gilles
BARTOLI Michel	DELARQUE Alain	KARSENTY Gilles
BARTOLIN Robert Surnombre	DELPERO Jean-Robert	KERBAUL François
BARTOLOMEI Fabrice	DENIS Danièle	LAFFORGUE Pierre
BASTIDE Cyrille	DESSEIN Alain Surnombre	LANCON Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DESSI Patrick	LA SCOLA Bernard
BERBIS Philippe	DISDIER Patrick	LAUGIER René
BERDAH Stéphane	DODDOLI Christophe	LAUNAY Franck
BERLAND Yvon	DRANCOURT Michel	LAVIEILLE Jean-Pierre
BERNARD Jean-Paul	DUBUS Jean-Christophe	LE CORROLLER Thomas
BEROUD Christophe	DUFFAUD Florence	LE TREUT Yves-Patrice Surnombre
BERTUCCI François	DUFOUR Henry	LECHEVALLIER Eric
BLAISE Didier	DURAND Jean-Marc	LEGRE Régis
BLIN Olivier	DUSSOL Bertrand	LEHUCHER-MICHEL Marie- Pascale
BLONDEL Benjamin	ENJALBERT Alain	LEONE Marc
BONIN/GUILLAUME Sylvie	EUSEBIO Alexandre	LEONETTI Georges
BONELLO Laurent	FAKHRY Nicolas	LEPIDI Hubert
BONNET Jean-Louis	FAUGERE Gérard	LEVY Nicolas
BOTTA Alain Surnombre	FELICIAN Olivier	MACE Loïc
BOTTA/FRIDLUND Danielle	FENOLLAR Florence	MAGNAN Pierre-Edouard
BOUBLI Léon	FIGARELLA/BRANGER Dominique	MARANINCHI Dominique Surnombre
BOYER Laurent	FLECHER Xavier	MARTIN Claude Surnombre
BREGEON Fabienne	FOURNIER Pierre-Edouard	MATONTI Frédéric
BRETELLE Florence	FRAISSE Alain Disponibilité	MEGE Jean-Louis
BROUQUI Philippe	FRANCES Yves Surnombre	MERROT Thierry
BRUDER Nicolas	FRANCESCHI Frédéric	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BRUE Thierry	FUENTES Stéphane	MEYER/DUTOUR Anne
BRUNET Philippe	GABERT Jean	MICCALEF/ROLL Joëlle
BURTEY Stéphane	GAINNIER Marc	MICHEL Fabrice

CARCOPINO-TUSOLI Xavier
CASANOVA Dominique
CASTINETTI Frédéric
CECCALDI Mathieu
CHABOT Jean-Michel
CHAGNAUD Christophe
CHAMBOST Hervé
CHAMPSAUR Pierre
CHANEZ Pascal
CHARAFFE-JAUFFRET
Emmanuelle
CHARREL Rémi

CHIARONI Jacques
NICOLLAS Richard
OLIVE Daniel
OUAFIK L'Houcine
PAGANELLI Franck
PANUEL Michel
PAPAZIAN Laurent
PAROLA Philippe
PARRATTE Sébastien
PAUT Olivier
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure
PELLETIER Jean
PETIT Philippe
PHAM Thao
PIARROUX Renaud
PIERCECCHI/MARTI Marie-
Dominique
PIQUET Philippe
PIRRO Nicolas
POINSO François
POUGET Jean Surnombre
RACCAH Denis
RAOULT Didier
REGIS Jean
REYNAUD/GAUBERT Martine

GARCIA Stéphane
GARIBOLDI Vlad
GAUDART Jean
GENTILE Stéphanie
GERBEAUX Patrick
GEROLAMI/SANTANDREA René
GILBERT/ALESSI Marie-Christine
GIORGI Roch
GIOVANNI Antoine

GIRARD Nadine
GIRAUD/CHABROL Brigitte

GONCALVES Anthony
REYNAUD Rachel
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth
RIDINGS Bernard Surnombre
ROCHE Pierre-Hugues
ROCH Antoine
ROCHWERGER Richard
ROLL Patrice
ROSSI Dominique
ROSSI Pascal
ROUDIER Jean
SALAS Sébastien
SAMBUC Roland
SARLES Jacques
SARLES/PHILIP Nicole

SASTRE Bernard Surnombre
SCAVARDA Didier
SCHLEINITZ Nicolas
SEBAG Frédéric
SEITZ Jean-François
SERRATRICE Jacques
SIELEZNEFF Igor
SIMON Nicolas
STEIN Andréas

MICHEL Gérard
MICHELET Pierre
MILH Mathieu
MOAL Valérie
MONCLA Anne
MORANGE Pierre-Emmanuel
MOULIN Guy
MOUTARDIER Vincent
MUNDLER Olivier

NAUDIN Jean
NICCOLI/SIRE Patricia
NICOLAS DE LAMBALLERIE
Xavier
TAIEB David
THIRION Xavier
THOMAS Pascal
THUNY Franck
TRIGLIA Jean-Michel
TROPANO Patrick
TSIMARATOS Michel
TURRINI Olivier
VALERO René
VEY Norbert
VIDAL Vincent
VIENS Patrice
VILLANI Patrick
VITON Jean-Michel

VITTON Véronique
VIEHWEGER Heide Elke
VIVIER Eric
XERRI Luc

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ADALIAN Pascal
AGHABABIAN Valérie
BELIN Pascal
CHABANNON Christian
CHABRIERE Eric
FERON François
LE COZ Pierre
LEVASSEUR Anthony
RANJEVA Jean-Philippe
SOBOL Hagay

PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE A MI-TEMPS

FILIPPI Simon

**PROFESSEUR ASSOCIE A TEMPS
PARTIEL**

ALTAVILLA Annagrazia
BURKHART Gary

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITE - PRATICIEN HOSPITALIER

ACHARD Vincent	FABRE Alexandre	MOTTOLA GHIGO Giovanna
ANDRE Nicolas	FOUILLOUX Virginie	NGUYEN PHONG Karine
ANGELAKIS Emmanouil	FRERE Corinne	NINOVE Laetitia
ATLAN Catherine	GABORIT Bénédicte	NOUGAIREDE Antoine
BACCINI Véronique	GASTALDI Marguerite	OUDIN Claire
BARTHELEMY Pierre	GAUDY/MARQUESTE Caroline	OVAERT Caroline
BARTOLI Christophe	GELSI/BOYER Véronique	PAULMYER/LACROIX Odile
BEGE Thierry	GIUSIANO Bernard	PERRIN Jeanne
BELIARD Sophie	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	RANQUE Stéphane
BERBIS Julie	GOURIET Frédérique	REY Marc
BERGE-LEFRANC Jean-Louis	GRAILLON Thomas	ROBAGLIA/SCHLUPP Andrée
BEYER-BERJOT Laura	GREILLIER Laurent	ROBERT Philippe
BOUCRAUT Joseph	GRISOLI Dominique	SABATIER Renaud
BOULAMERY Audrey	GUIDON Catherine	SARI-MINODIER Irène
BOULLU/CIOCCA Sandrine	HAUTIER/KRAHN Aurélie	SARLON-BARTOLI Gabrielle
BUFFAT Christophe	HRAIECH Sami	SAVEANU Alexandru
CALAS/AILLAUD Marie-Françoise	JOURDE CHICHE Noémie	SECQ Véronique
CAMILLERI Serge	KASPI-PEZZOLI Elise	SOULA Gérard
CARRON Romain	KRAHN Martin	TOGA Caroline
CASSAGNE Carole	L'OLLIVIER Coralie	TOGA Isabelle
		TREBUCHON/DA FONSECA Agnès
CHAUDET Hervé	LABIT-BOUVIER Corinne	TROUSSE Delphine
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	VALLI Marc
DADOUN Frédéric (disponibilité)	LAGIER Aude	VELLY Lionel
DALES Jean-Philippe	LAGIER Jean-Christophe	VELY Frédéric
DAUMAS Aurélie	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	VION-DURY Jean
DEGEORGES/VITTE Joëlle	LEVY/MOZZICONACCI Annie	ZATTARA/CANNONI Hélène
DEL VOLGO/GORI Marie-José	LOOSVELD Marie	
DELLIAUX Stéphane	MANCINI Julien	
DESPLAT/JEGO Sophie	MARY Charles	
DEVEZE Arnaud Disponibilité	MASCAUX Céline	
DUFOUR Jean-Charles	MAUES DE PAULA André	
EBBO Mikaël	MILLION Matthieu	

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad	DESNUES Benoît	STEINBERG Jean-Guillaume
BARBACARU/PERLES T. A.	LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise	THOLLON Lionel
BERLAND/BENHAIM Caroline	MARANINCHI Marie	THIRION Sylvie
BERAUD/JUVEN Evelyne (retraite octobre 2016)	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	
BOUCAULT/GARROUSTE Françoise	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	
BOYER Sylvie	POGGI Marjorie	
DEGIOANNI/SALLE Anna	RUEL Jérôme	

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

ADNOT Sébastien
BARGIER Jacques
BONNET Pierre-André
CALVET-MONTREDON Céline
GUIDA Pierre
JANCZEWSKI Aurélie

**MAITRE DE CONFERENCES
ASSOCIE à MI-TEMPS**

REVIS Joana

PROFESSEURS ET MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS**PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES (mono-appartenants)****ANATOMIE 4201**

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)
LE CORROLLER Thomas (PU-PH)
PIRRO Nicolas (PU-PH)

LAGIER Aude (MCU-PH)

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)
DANIEL Laurent (PU-PH)
FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)
GARCIA Stéphane (PU-PH)
XERRI Luc (PU-PH)

DALES Jean-Philippe (MCU-PH)
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)
LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
SECQ Véronique (MCU-PH)

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;
MEDECINE URGENCE 4801**

ALBANESE Jacques (PU-PH)
AUFFRAY Jean-Pierre (PU-PH) Surnombre
BRUDER Nicolas (PU-PH)
KERBAUL François (PU-PH)
LEONE Marc (PU-PH)
MARTIN Claude (PU-PH) Surnombre
MICHEL Fabrice (PU-PH)
MICHELET Pierre (PU-PH)
PAUT Olivier (PU-PH)

GUIDON Catherine (MCU-PH)
VELLY Lionel (MCU-PH)

ANTHROPOLOGIE 20

ADALIAN Pascal (PR)
DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)

BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501

CHARREL Rémi (PU PH)
DRANCOURT Michel (PU-PH)
FENOLLAR Florence (PU-PH)
FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)
LA SCOLA Bernard (PU-PH)
RAOULT Didier (PU-PH)
ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH)
GOURIET Frédérique (MCU-PH)
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)
NINOVE Laetitia (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)
LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)
DESNUES Benoit (MCF) (65ème section)
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)
ENJALBERT Alain (PU-PH)
GABERT Jean (PU-PH)
GUIEU Régis (PU-PH)
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

ANGLAIS 11**BIOLOGIE CELLULAIRE 4403**

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

ROLL Patrice (PU-PH)

BURKHART Gary (PAST)

GASTALDI Marguerite (MCU-PH)

KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)

LEVY/MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405**

ROBAGLIA/SCHLUPP Andrée (MCU-PH)

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)

PERRIN Jeanne (MCU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301**CARDIOLOGIE 5102**

GUEDJ Eric (PU-PH)

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)

GUYE Maxime (PU-PH)

BONELLO Laurent (PU PH)

MUNDLER Olivier (PU-PH)

BONNET Jean-Louis (PU-PH)

TAIEB David (PU-PH)

CUISSET Thomas (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)

DEHARO Jean-Claude (PU-PH)

RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

FRAISSE Alain (PU-PH) Disponibilité

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)

FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)

VION-DURY Jean (MCU-PH)

HABIB Gilbert (PU-PH)

PAGANELLI Franck (PU-PH)

THUNY Franck (PU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

CHIRURGIE DIGESTIVE 5202**BIostatistiques, Informatique Médicale
ET Technologies de Communication 4604**

BERDAH Stéphane (PU-PH)

HARDWIGSEN Jean (PU-PH)

LE TREUT Yves-Patrice (PU-PH) Surnombre

SASTRE Bernard (PU-PH) Surnombre

SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre

BEYER BERJOT Laura (MCU-PH)

GAUDART Jean (PU-PH)

GIORGI Roch (PU-PH)

CHIRURGIE GENERALE 5302

CHAUDET Hervé (MCU-PH)

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)

DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)

MOUTARDIER Vincent (PU-PH)

GIUSIANO Bernard (MCU-PH)

SEBAG Frédéric (PU-PH)

MANCINI Julien (MCU-PH)

TURRINI Olivier (PU-PH)

SOULA Gérard (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)

BEGE Thierry (MCU-PH)

BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)
BLONDEL Benjamin (PU-PH)
CURVALE Georges (PU-PH)
FLECHER Xavier (PU PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH)
ROCHWERGER Richard (PU-PH)
TROPANO Patrick (PU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702

BERTUCCI François (PU-PH)
CHINOT Olivier (PU-PH)
COWEN Didier (PU-PH)
DUFFAUD Florence (PU-PH)
GONCALVES Anthony PU-PH)
HOUVENAEHEL Gilles (PU-PH)
MARANINCHI Dominique (PU-PH) Surnombre
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)
SABATIER Renaud (MCU-PH)

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103

COLLART Frédéric (PU-PH)
D'JOURNO Xavier (PU-PH)
DODDOLI Christophe (PU-PH)
GARIBOLDI Vlad (PU-PH)
MACE Loïc (PU-PH)
THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104

ALIMI Yves (PU-PH)
AMABILE Philippe (PU-PH)
BARTOLI Michel (PU-PH)
MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
PIQUET Philippe (PU-PH)

SARLON BARTOLI Gabrielle (MCU PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202

GRILLO Jean-Marie (PU-PH) Surnombre
LEPIDI Hubert (PU-PH)
ACHARD Vincent (MCU-PH)
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

CHIRURGIE INFANTILE 5402

ALESSANDRINI Pierre (PU-PH) Surnombre
GUYS Jean-Michel (PU-PH)
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

**CHIRURGIE PLASTIQUE,
RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOLOGIE 5004**

CASANOVA Dominique (PU-PH)
LEGRE Régis (PU-PH)

HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH)
DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)
GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)
GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)
LAUGIER René (PU-PH)
SEITZ Jean-François (PU-PH)
VITTON Véronique (PU-PH)

GENETIQUE 4704**DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003**

BERBIS Philippe (PU-PH)
 GROB Jean-Jacques (PU-PH)
 RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

GAUDY/MARQUESTE Caroline (MCU-PH)

BEROUD Christophe (PU-PH)

LEVY Nicolas (PU-PH)
 MONCLA Anne (PU-PH)
 SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

KRAHN Martin (MCU-PH)
 NGYUEN Karine (MCU-PH)
 TOGA Caroline (MCU-PH)

**ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ;
GYNECOLOGIE MEDICALE 5404**

BRUE Thierry (PU-PH)
 CASTINETTI Frédéric (PU-PH)
 NICCOLI/SIRE Patricia (PU-PH)

ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403**EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION 4601**

AUQUIER Pascal (PU-PH)
 BOYER Laurent (PU-PH)
 CHABOT Jean-Michel (PU-PH)
 GENTILE Stéphanie (PU-PH)
 SAMBUC Roland (PU-PH)
 THIRION Xavier (PU-PH)

AGOSTINI Aubert (PU-PH)
 BOUBLI Léon (PU-PH)
 BRETELLE Florence (PU-PH)
 CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)
 COURBIERE Blandine (PU-PH)
 CRAVELLO Ludovic (PU-PH)
 D'ERCOLE Claude (PU-PH)

BERBIS Julie (MCU-PH)
 LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)
 TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

IMMUNOLOGIE 4703

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)
 MEGE Jean-Louis (PU-PH)
 OLIVE Daniel (PU-PH)
 VIVIER Eric (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)
 DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)
 DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)
 ROBERT Philippe (MCU-PH)
 VELY Frédéric (MCU-PH)

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION 4701

BLAISE Didier (PU-PH)
 COSTELLO Régis (PU-PH)
 CHIARONI Jacques (PU-PH)
 GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)
 MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)
 VEY Norbert (PU-PH)

BACCINI Véronique (MCU-PH)
 CALAS/AILLAUD Marie-Françoise (MCU-PH)
 FRERE Corinne (MCU-PH)
 GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
 LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
 POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

BERAUD/JUVEN Evelyne (MCF) 65ème section) (retraite octobre 2016)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

LEONETTI Georges (PU-PH)
PELISSIER/ALICOT Anne-Laure (PU-PH)
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BROUQUI Philippe (PU-PH)
PAROLA Philippe (PU-PH)
STEIN Andréas (PU-PH)

BARTOLI Christophe (MCU-PH)

BERLAND/BENHAIM Caroline (MCF) (1ère section)

LAGIER Jean-Christophe (MCU-PH)

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905**MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU
VIEILLISSEMENT ; MEDECINE GENERALE ; ADDICTOLOGIE 5301**

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)

DELARQUE Alain (PU-PH)

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
DISDIER Patrick (PU-PH)
DURAND Jean-Marc (PU-PH)
FRANCES Yves (PU-PH) Surnombre
GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
HARLE Jean-Robert (PU-PH)
ROSSI Pascal (PU-PH)
SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)
SERRATRICE Jacques (PU-PH) disponibilité

VITON Jean-Michel (PU-PH)

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

EBBO Mikael (MCU-PH)

BOTTA Alain (PU-PH) Surnombre
LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)

SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

NEPHROLOGIE 5203

FILIPPI Simon (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BERLAND Yvon (PU-PH)

BRUNET Philippe (PU-PH)

ADNOT Sébastien (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)

BURTEY Stéphanne (PU-PH)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)

DUSSOL Bertrand (PU-PH)

BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)

MOAL Valérie (PU-PH)

CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)

JOURDE CHICHE Noémie (MCU PH)

GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)

NUTRITION 4404**NEUROCHIRURGIE 4902**

DARMON Patrice (PU-PH)

DUFOUR Henry (PU-PH)

RACCAH Denis (PU-PH)

FUENTES Stéphane (PU-PH)

VALERO René (PU-PH)

REGIS Jean (PU-PH)

ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)

SCAVARDA Didier (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)

BELIARD Sophie (MCU-PH)

GRAILLON Thomas (MCU PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)	NEUROLOGIE 4901
CHABANNON Christian (PR) (66ème section) SOBOL Hagay (PR) (65ème section)	ATTARIAN Sharham (PU PH) AUDOIN Bertrand (PU-PH) AZULAY Jean-Philippe (PU-PH) CECCALDI Mathieu (PU-PH) EUSEBIO Alexandre (PU-PH)
OPHTALMOLOGIE 5502	FELICIAN Olivier (PU-PH) PELLETIER Jean (PU-PH) POUGET Jean (PU-PH) Surnombre
DENIS Danièle (PU-PH) HOFFART Louis (PU-PH) MATONTI Frédéric (PU-PH) RIDINGS Bernard (PU-PH) Surnombre	PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904
OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501	DA FONSECA David (PU-PH) POINSO François (PU-PH)
DESSI Patrick (PU-PH) FAKHRY Nicolas (PU-PH) GIOVANNI Antoine (PU-PH) LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH) NICOLLAS Richard (PU-PH) TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH) DEVEZE Arnaud (MCU-PH) Disponibilité REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section) ROMAN Stéphane (Professeur associé des universités mi-temps)	PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE - PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803
PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502	BLIN Olivier (PU-PH) FAUGERE Gérard (PU-PH) MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH) SIMON Nicolas (PU-PH) BOULAMERY Audrey (MCU-PH) VALLI Marc (MCU-PH)
DESSEIN Alain (PU-PH) PIARROUX Renaud (PU-PH) CASSAGNE Carole (MCU-PH) L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH) MARY Charles (MCU-PH) RANQUE Stéphane (MCU-PH) TOGA Isabelle (MCU-PH)	PHILOSOPHIE 17
PEDIATRIE 5401	LE COZ Pierre (PR) (17ème section) ALTAVILLA Annagrazia (PR Associé à mi-temps)
CHAMBOST Hervé (PU-PH) DUBUS Jean-Christophe (PU-PH) GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH) MICHEL Gérard (PU-PH) MILH Mathieu (PU-PH) REYNAUD Rachel (PU-PH) SARLES Jacques (PU-PH) TSIMARATOS Michel (PU-PH) ANDRE Nicolas (MCU-PH)	PHYSIOLOGIE 4402
	BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH) BREGEON Fabienne (PU-PH) CHAUVEL Patrick (PU-PH) Surnombre JOLIVET/BADIER Monique (PU-PH) MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH) BARTHELEMY Pierre (MCU-PH) BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH) DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité) DEL VOLGO/GORI Marie-José (MCU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)
FABRE Alexandre (MCU-PH)
OUDIN Claire (MCU-PH)
OVAERT Caroline (MCU-PH)

DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
GABORIT Bénédicte (MCU-PH)
REY Marc (MCU-PH)
TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

AZORIN Jean-Michel (PU-PH)
BAILLY Daniel (PU-PH)
LANCON Christophe (PU-PH)
NAUDIN Jean (PU-PH)

LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise (MCF) (40ème section)
RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
STEINBERG Jean-Guillaume (MCF) (66ème section)
THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)
GIRARD Nadine (PU-PH)
GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
JACQUIER Alexis (PU-PH)
MOULIN Guy (PU-PH)
PANUEL Michel (PU-PH)
PETIT Philippe (PU-PH)
VIDAL Vincent (PU-PH)

ASTOUL Philippe (PU-PH)
BARLESI Fabrice (PU-PH)
CHANEZ Pascal (PU-PH)
CHARPIN Denis (PU-PH) Surnombre
REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

GREILLIER Laurent (MCU PH)
MASCAUX Céline (MCU-PH)

TOMASINI Pascale (Maitre de conférences associé des universités)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802

GAINNIER Marc (PU-PH)
GERBEAUX Patrick (PU-PH)
PAPAZIAN Laurent (PU-PH)
ROCH Antoine (PU-PH)

AMBROSI Pierre (PU-PH)
BARTOLIN Robert (PU-PH) Surnombre
VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

UROLOGIE 5204

RHUMATOLOGIE 5001

GUIS Sandrine (PU-PH)
LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
PHAM Thao (PU-PH)
ROUDIER Jean (PU-PH)

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
KARSENTY Gilles (PU-PH)
LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
ROSSI Dominique (PU-PH)

**Intérêt de la séquence Artériel Spin Labeling (ASL) en
IRM dans les épilepsies réfractaires de l'enfant**

Remerciements

A la présidente de mon jury de thèse,

Madame le Professeur Nadine GIRARD

Vous n'avez pas hésité à être présente, comme de nombreuses fois, pour faire partie de ce projet et juger mon travail. Pour cela permettez-moi de vous exprimer toute mon estime, mon admiration et mes plus sincères remerciements. Le semestre passé dans votre service, en tant qu'interne m'a permis d'apprendre énormément et d'évoluer.

Vous me faites l'honneur de présider cette soutenance de thèse, veuillez trouver ici le témoignage de ma reconnaissance et de mon profond respect.

A mon directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Anthony REYRE

Je te remercie du fond du cœur d'avoir accepté de diriger mon travail de thèse, ton investissement, ta présence et ta disponibilité, m'ont été précieux tout au long de cette expérience. Merci évidemment pour tes nombreuses relectures !

A mon jury de thèse,

Monsieur le Professeur Jean Michel BARTOLI, merci de m'avoir fait l'honneur de juger mon travail. Que vous soyez membre de mon jury de thèse me tenait à cœur. Merci pour votre disponibilité et pour l'ensemble des connaissances que vous m'avez apporté tout au long de mon internat. J'ai découvert et adoré la radiologie dans la bonne humeur, la joie et l'entraide auprès des médecins extrêmement compétents de votre service.

Recevez l'expression de mes remerciements et de ma sincère reconnaissance.

Monsieur le Professeur Didier SCAVARDA, vous m'avez fait découvrir la neuro chirurgie pédiatrique de la plus belle des manières. Votre enthousiasme et votre passion pour l'exercice de la médecine sont admirables. Je vous remercie me faire l'honneur de siéger dans ce jury. Veuillez trouver ici le témoignage de ma profonde gratitude.

Madame le Professeur Mathieu MILH, vous avez accepté de juger ce travail. Recevez l'expression de mes remerciements et de ma sincère reconnaissance.

A mes parents,

C'est par vous que tout a commencé. Vous avez toujours su veiller sur moi, vous m'avez permis de grandir sans jamais manquer de rien, afin que je devienne celui que je suis aujourd'hui. La vie n'a peut-être pas toujours été parfaite, mais à chaque étape, vous étiez là pour moi. Vous avez su me protéger, me guider à tout instant et avoir confiance en mes choix quand il le fallait. Je vous aime.

A ma Famille

Merci pour tout.

A mon grand père Bruno

Je dédie ce travail à ma femme Marine et ma fille Chloé, les amours de ma vie.

Marine & Chloé,

J'ai la chance d'avoir croisé ta route il y a maintenant 11 ans. Tu es mon amour et j'ai une chance inouïe d'être ton époux. Tu es et tu resteras le pilier de ma vie et aujourd'hui nous avons la chance d'avoir une magnifique fille que j'aime chaque jour plus que la veille et moins que le lendemain.

Je vous aime.

Gilles & Fanny,

Nous nous connaissons maintenant depuis plus de 15 ans, et depuis tout ce temps nous sommes restés proches, comme deux frères, nous avons fait tant de chose ensemble : le collège, le lycée, le BAC, la P1, l'AEM2 et l'internat de radiologie, à croire que tu copies tout ce que je fais ! Merci pour ton aide lors des dictées de 3^e sans quoi, j'y serais peut être toujours.

Fanny, tu es une personne que j'admire et que j'aime vraiment beaucoup, reste comme tu es, ne change rien. Merci pour les milliards de délires, ta disponibilité, l'œil de Moscou et surtout merci de nous avoir supporté toutes ses années avec nos soirées à ne parler que de médecine.

Anais & Julien,

Vous êtes tout simplement géniaux tous les deux, des personnes avec qui j'adore passer du temps et qui ont illuminés mon existence. Anais tu as un cœur immense, un rire communicatif, tu es vraiment une personne extra! Julien, nous partagerons ensemble de très bons moments et je l'espère de très bons crus ! Ne changez rien.

Jonathan

Sacré John, ta ponctualité est de renommée internationale, tes appendicites sur le pouce à 18h30 « t'inquiètes j'en ai pour 1h » vont me manquer. Nous nous sommes rencontrés à l'asso il y a maintenant 10 ans et depuis nous passons d'excellents moments ensemble, que cela continue, PS : la nouvelle Z4 est vraiment magnifique.

Eva, Elsa et Melinda

Nos nombreuses soirées LDP resteront un excellent souvenir de mon internat. J'espère qu'il y en aura de nombreuses autres.

A ma belle famille :

Camille, James, Margaux, Frédéric, Nathalie, Arthur, Nathalie, Papou, Mamou, Mamie et Papi Ju, Stéphane, Aurélie, Sébastien et tout ceux que je n'ai pas cités...

Vous faites tous partie de ma famille. Merci pour tout.

Laurence

Je regrette votre absence ce soir, puissiez vous veiller sur vos filles.

Merci aux amis :

William et Anne So

Merci William pour ta gentillesse et ta disponibilité. Anne So je m'incline devant ton talent au bière pong.

Elodie et Johan

Merci à tous les deux pour votre bonne humeur et votre amitié, de nombreuses soirées pétanque nous attendent !

Lucie et Jens

Merci pour votre simplicité et pour le bonheur que vous nous procurez.

Cécile et Germain

Aux nombreux cigares que nous auront l'occasion de fumer ensemble. Merci à tous les 2, ne changez rien.

Merci aussi à Jacquo et Camille, Johan et Cécile, Kevin, Clément, Mary.

A tous les enfants : Camille, Mathis, Léon, Marylou, Tom, Thomas, Clémence et à tous ceux à venir.

Aux personnes que j'ai rencontrées à l'hôpital et en dehors, et grâce à qui j'ai pu apprendre et évoluer : Pr Chaumoître, Pr Panuel, Pr Petit, Pr Devred, Pr Gorincour, Pr Jacquier, Pr Vidal, Pr Champsaur, Pr Gaubert, Pr Chagnaud, Stéphanie C, PDL, Pierre L, Philippe B, Phillippe S, Cédric, Dov, André, Herve, Frédérique, Romain, Marie Hélène, Jean Marie, Antonin, Stéphanie, Edwige, Jean, Laurent, François, Frédéric, Christine, Donatella et tant d'autres.

Merci au service de radiologie de l'hôpital d'Aubagne, service du Dr RONDON, aux médecins (Caroline, Tibor, Karen, Naila) et aux personnels de ce service, avec lequel j'ai passé probablement la meilleure année de mon internat.

A mes co-internes et assistant : Pierre (et Célia), Robin, Alex, Axel, Alexia, Paul, Basile, Estelle, Clem, Remy, Camille, Sarah, Elodie, Farouk, Benjamin, PAB, Claire, Anais, et tous les autres

Un GRAND MERCI pour tout, pour nos collaborations, nos délires, les pauses café sans café, les soirées AMIR et les potins, sans vous tous, l'internat aurait été nettement moins drôle.

A mes co-internes du Doppler : Mélanie, Laura, Anais, Sophie, Floriane, Christophe, Céline et Elodie

Sans qui ce travail n'aurait probablement jamais abouti ! Merci

Pour tout ceux que je n'ai pas cités : **MERCI**

INTRODUCTION

L'étude de la perfusion tissulaire cérébrale apporte des informations fonctionnelles sur la caractérisation de plusieurs pathologies, en particulier dans les pathologies épileptiques. A l'heure actuelle, plusieurs méthodes d'étude de la perfusion cérébrales sont disponibles en pratique clinique courante. Il en existe deux groupes :

- Les méthodes utilisant des agents de contraste par injection intraveineuse (produits de contraste exogènes) : Scanner de perfusion, IRM avec séquence de Perfusion T2*, techniques de médecine nucléaire (tomographie par émission monophonique (TEMP) et tomographie par émission de positrons (TEP))
- Les méthodes n'utilisant pas d'agent de contraste intraveineux (agent de contraste endogène) : le marquage de spins artériels ou « Arterial Spin Labeling » ou ASL en fait partie.

Principes techniques de la perfusion par ASL

Il s'agit d'une technique différentielle (ça veut dire quoi ?), non invasive, au cours de laquelle deux acquisitions sont réalisées :

- Une acquisition « marquage » marque les noyaux d'hydrogène de l'eau intravasculaire artérielle par une impulsion de radiofréquence d'inversion magnétique juste en amont de la région d'intérêt, au niveau des vaisseaux du cou. Les protons marqués migrent ensuite via le réseau artériel vers le tissu cérébral où ils passent du compartiment capillaire au compartiment extravasculaire. A un temps d'inversion donné (TI) après l'impulsion de marquage, correspondant au temps nécessaire pour que les protons marqués perfusent les tissus, l'acquisition des images est réalisée avec une technique rapide. (*Fig. 1*)
- Une acquisition « contrôle » est réalisée sans marquage artériel : les protons artériels du volume d'intérêt sont alors à l'équilibre, relaxés.

La soustraction de l'acquisition de marquage et de l'acquisition contrôle annule le signal des tissu statiques et permet d'obtenir une image pondérée en perfusion. La différence de signal est de l'ordre de quelques %, d'où un rapport signal/bruit faible. Il est donc nécessaire

d'acquérir plusieurs dizaines de couples images marquées – images contrôles, puis de les moyenner pour obtenir un rapport signal /bruit satisfaisant (1).

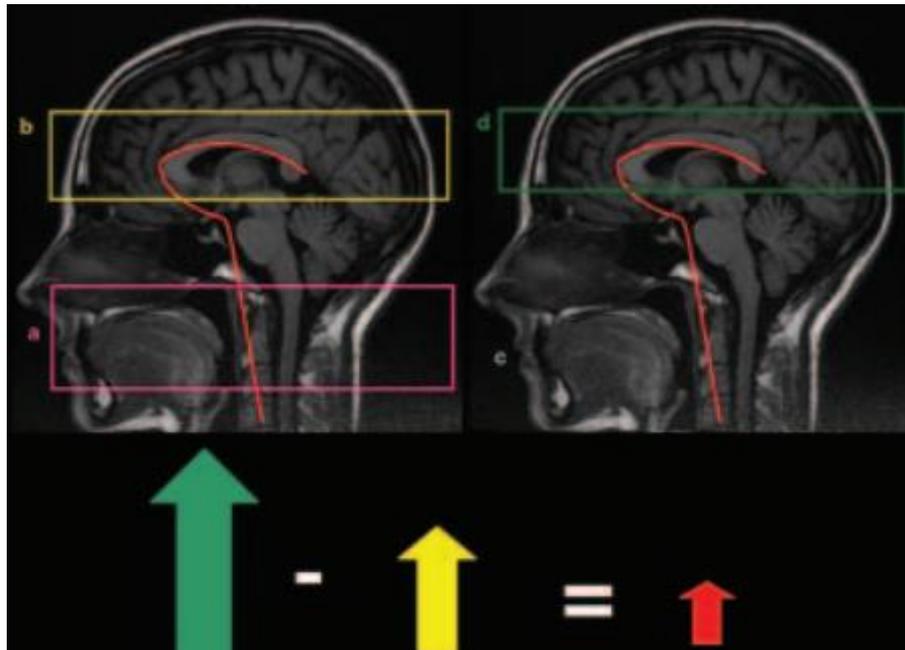


Figure 1 : Principe général de l'Arterial Spin Labeling. La différence de magnétisation des 2 acquisitions (obtenu par soustraction) est proportionnelle au débit sanguin cérébral (DSC).

a : Marquage du sang artériel par une inversion magnétique.

b : Acquisition de l'image marquée.

c : Répétition de l'acquisition sans marquage.

d : Acquisition de l'image de contrôle.

A certaines conditions, il est possible d'appliquer un modèle de quantification de la perfusion pour obtenir une cartographie quantitative du débit sanguin cérébral ou Cerebral Blood Flow en ml/100g/min (CBF). Selon la méthode de marquage de spins, on différencie trois techniques : le marquage continu (CASL : continuous arterial spin labeling), pseudo-continu (pCASL) et le marquage pulsé (PASL : pulsed arterial spin labeling). (Fig. 2)

Le marquage continu (CASL)

Le marquage est réalisé de façon continue et sélective au niveau des vaisseaux du cou. L'inversion de l'aimantation est réalisée par l'application conjointe d'une impulsion de radiofréquence continue pendant deux à quatre secondes et d'un gradient de champ magnétique dans la direction du flux. Le CASL permet un contraste perfusionnel plus

important que les autres types de marquage, néanmoins il présente deux inconvénients : des effets de transfert d'aimantation et un dépôt d'énergie dans les tissus important.

Le marquage pulsé (PASL)

Le PASL utilise des impulsions de radiofréquence très courtes sur de larges zones de marquage avec acquisition du signal réalisée après un délai TI. Toujours selon le même principe, la différence de signal entre mesures sans et avec marquage des spins reflète la quantité de sang qui est arrivée dans le volume d'intérêt au cours du délai TI. Le TI est un paramètre d'acquisition important, pour obtenir un signal optimal, il doit être suffisamment long pour laisser le temps aux protons marqués d'arriver dans les capillaires mais suffisamment court pour éviter une relaxation trop importante des protons marqués. Le TI optimal est potentiellement variable d'un sujet à l'autre, car le temps de transit artériel est variable selon l'âge, le sexe, la région anatomique étudiée et les pathologies neurovasculaires.

Le marquage pseudo continu (pCASL)

Le pCASL est une méthode qui emploie un train d'ondes radiofréquences courtes et répétées. C'est une façon alternative d'implémenter les séquences continues décrites précédemment. Il combine ainsi les avantages de la méthode continue et de la méthode pulsée en minimisant les effets de transfert de magnétisation et de sensibilité aux délais de transit, tout en conservant un bon rapport signal sur bruit par l'application d'un marquage plus long.

Le marquage pulsé subit moins les effets de transfert de magnétisation que le continu. Par contre, il existe les mêmes inconvénients dus aux variations de temps de transit. Cette sensibilité aux délais de transit peut être diminuée par l'utilisation d'une impulsion de saturation sur les séquences de marquage et de contrôle. C'est la méthode QUIPSS version I et II. (Quantitative Imaging of Perfusion using a Single Subtraction).

La méthode pulsée présente plus d'avantages en pratique courante et s'avère être la plus répandue.

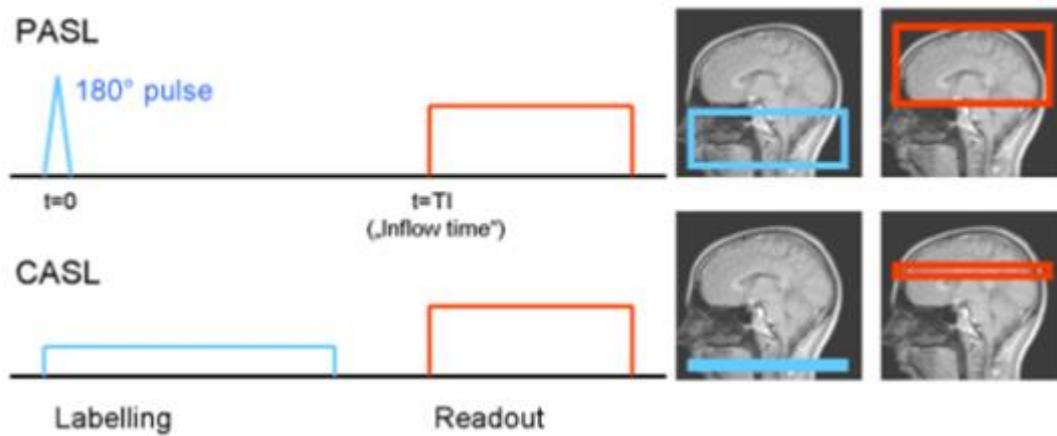


Figure 2 : Principes des 2 techniques de marquage des spins artériels ; en PASL une plus grande région est marquée pour un temps plus court. La zone d'acquisition peut, dans les deux cas, être choisie arbitrairement en 2 ou 3 dimensions.

La maladie épileptique

Dans l'évaluation de l'épilepsie, le TEP scanner est utilisé pour mesurer le métabolisme cérébral et donc indirectement le flux sanguin ictal et interictal pour la localisation du foyer épileptogène, illustrant un métabolisme accru pendant la période critique et une diminution du métabolisme après les crises convulsives (2). Cependant, les techniques de médecine nucléaire impliquent une irradiation du patient. L'ASL peut potentiellement aider le diagnostic clinique en identifiant rapidement les anomalies de perfusion potentielles. Des mesures non invasives du CBF en ASL pourraient être répétées pour évaluer les changements de la perfusion dans le temps (3–5), en particulier en réponse au traitement. Les crises répétées peuvent conduire à une affection chronique épileptique, et on pense que l'inflammation et les altérations vasculaires induites par la convulsion contribuent à l'épileptogénèse, ce qui justifie l'étude de ces changements avec l'imagerie par perfusion.

L'épilepsie est l'affection neurologique chronique grave la plus fréquente (6), et malgré les progrès du traitement médicamenteux antiépileptique, un tiers des patients restent mal contrôlés. Chez les patients souffrant de crises focales, l'opération chirurgicale visant à éliminer la zone épileptogène peut représenter la seule option thérapeutique curative. Si une anomalie peut être détectée sur l'imagerie par résonance magnétique et est concordante dans la localisation avec le diagnostic électro clinique, il existe habituellement 2/3 de chances d'obtenir la liberté de crise (7). Cependant, les chances de guérison des crises sont moins bonnes si l'IRM n'est pas concluante ou ne révèle pas de lésions structurales du cerveau (8). Chez ces patients, l'enregistrement électro-encéphalographie intracrânien (iSEEG) reste la procédure de diagnostic standard pour localiser le foyer épileptogène et planifier la résection chirurgicale. Les électrodes doivent être positionnées avec précision et limitées à une région spécifique du cerveau, afin de minimiser les risques de complications chirurgicales et d'obtenir le meilleur résultat. Ainsi, il est nécessaire pour le neurochirurgien d'avoir une hypothèse diagnostique fiable sur la localisation de la zone épileptogène (ZE) assistée par des informations complémentaires provenant de différents examens avant d'effectuer une procédure invasive ou même une résection du tissu cérébral apparaissant normal sur l'IRM (9).

Dans ce contexte, les techniques de neuroimageries fonctionnelles peuvent fournir des informations supplémentaires et favorables sur la localisation de la ZE et peuvent mener à des enquêtes iSEEG plus ciblées si nécessaire (10). En effet, les changements électriques qui se produisent dans la ZE sont souvent associés à des altérations de la perfusion et du métabolisme autour des zones d'apparition et de propagation des crises. La TEP a été utilisée avec succès depuis les années 1980 pour évaluer les changements de métabolisme, montrant un hyper métabolisme ictal ou un hypo métabolisme interictal (11,12). À la lumière des nombreuses limites des études de métabolisme en TEP, l'intérêt pour les techniques alternatives non-invasives de perfusion en IRM, telles que l'ASL, a augmenté au cours des dernières années. L'ASL fournit une mesure quantitative de la CBF (Cérébral Blood Flow – Débit Sanguin Cérébral) en ml/100g/min à l'aide des molécules d'eau du sang artériel magnétiquement marquée par des impulsions de radiofréquences, en tant que traceur diffusible endogène (1,13). Malgré les études limitées chez les patients atteints d'épilepsie, l'ASL a montré des résultats prometteurs (14–19).

Le principal défi dans l'évaluation pré-chirurgicale du patient épileptique est l'identification correcte de la zone épileptogène (ZE), en particulier chez les patients avec IRM normale, ceci dans le but de limiter le nombre d'électrode de iSEEG implantées et de guider la résection chirurgicale, diminuant ainsi les effets secondaires et complications. Dans notre étude, nous avons :

- évalué la possibilité de quantifier la perfusion cérébrale en mesurant le CBF en ml/100g/min en ASL 3D grâce au séquence 3D DP FLASH,
- quantifié le CBF en ZE, identifiées grâce aux résultats de la iSEEG et le comparer au CBF en zone saine,
- et ainsi montrer que l'ASL à une valeur localisatrice de la ZE.

MATERIEL ET METHODE

Population

Etude rétrospective, 78 patients pédiatriques âgés de 12 mois à 18 ans atteints d'épilepsie pharmaco résistante et ayant bénéficié d'une iSEEG entre 2015 et 2017 ont été inclus. Quarante deux ont été exclus car il n'est pas retrouvé dans leur dossier d'imagerie une séquence ASL exploitable (absence ou qualité insuffisante), 10 n'ont pas bénéficié de TEP Scanner, 7 présentaient une épilepsie bilatérale, et enfin pour 5 d'entre eux, une intervention neurochirurgicale a déjà eu lieu. Au final, 14 patients ont été inclus entre 2015 et 2017 sur notre structure (Figure 3). Les dossiers cliniques et d'imageries ont été analysés rétrospectivement par un médecin junior et un médecin sénior. Les critères d'inclusion sont de présenter une épilepsie réfractaire aux thérapies médicamenteuses, ayant bénéficié de l'expertise d'une réunion pluridisciplinaire spécialisée et dans les suites d'une iSEEG, par ailleurs, les dossiers d'imageries devaient contenir au moins une IRM avec séquences d'ASL et un TEP scanner.

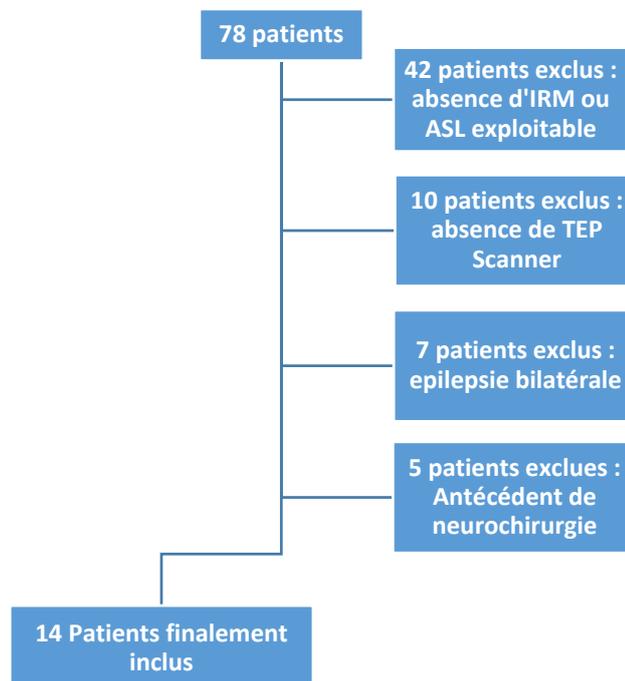


Figure 3 : Organigramme d'inclusion des patients.

Le comité d'éthique de l'établissement a validé le protocole d'étude.

Les patients sont âgés de 3 à 16 ans (moyenne : 10,4 ans) au moment de la décision de prise en charge diagnostique par iSEEG en réunion pluridisciplinaire spécialisée. On dénombre 7 filles (50%) et 7 garçons (50%). Parmi eux, 2 patients (14%) présentaient une IRM normale et 1 (7%) un TEP scanner normal. (Tableau 1 – Annexe 1).

ASL

La séquence ASL 3D réalisée est une séquence avec un marquage des spins de type pulsé (PASL) selon la méthode *flow alternating inversion recovery* (FAIR) avec méthode QUIPSS II. Cette séquence consiste à soustraire deux images d'inversion-récupération, l'une obtenue suite à une inversion (le marquage) et l'autre suite à une inversion non-sélective (le contrôle). (Fig. 4 et 5).

La séquence 3D est de type *Turbo Gradient Spin Echo* (TGSE), séquence hybride combinant l'écho de gradient et le spin-écho.

Nous avons réalisé notre étude sur une IRM 3T Ge Skyra, mise en service le 03/02/2014.

Les différents paramètres de la séquence ASL 3D sont les suivants :

TR : 5000 ms, TE : 18,28 ms, Angle de bascule : 180°, épaisseur de coupe : 3 mm, nombre de coupes : 40, temps d'inversion : 1900 ms, durée du bolus : 700 ms, FOV : 209 mm, durée de la séquence : 3min45



Figure 4 : principes de la séquence FAIR

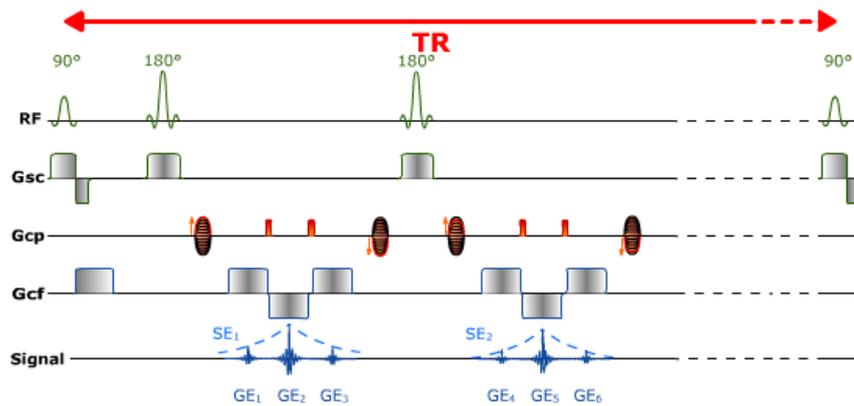


Figure 5 : séquence 3D hybride de typer Turbo Gradient Spin Echo (TGSE)

Il a été ajouté une séquence en densité de protons de type 3D, obtenue à partir d'une séquence 3D FLASH (Fast Low Angle Shot) et de la modification du TE et de l'angle de bascule, afin de pouvoir réaliser un modèle de quantification du débit sanguin cérébral. Les paramètres utilisés sont les suivants :

TR : 80 ms, TE : 30 ms, épaisseur de coupe : 3 mm, nombre de coupes : 40, angle de bascule : 15°, durée de la séquence : 3m02

Il faut que tu dises qu'ils ont également bénéficié de séquences morpho classiques sans forcément les citer

Traitement des données et quantification

Prétraitement des données

Le module ASL développé dans OLEA Sphere 3.0 (OLEA Medical, France) permet le chargement des nombreux couples images marquées / images contrôles et exécute les étapes de prétraitement ci-dessous :

- Correction de mouvement pour réaligement des différents couples images marquées-images contrôles
- Le débruitage des images pour augmenter le rapport signal/bruit

Les algorithmes de correction de mouvement et de débruitage sont les mêmes que ceux qui sont déjà disponibles dans les versions précédentes d'OLEA Sphere.

Quantification en ASL

Le module ASL effectue la soustraction entre les images marquées et les images contrôles, ce qui donne des images pondérées en perfusion. Une acquisition additionnelle en densité de protons (M_0) doit être rajoutée en combinaison avec les différentes images pour calculer le débit sanguin cérébral, ce qui a été fait dans cette étude. (Figure 6). La quantification du débit sanguin cérébral (*ASL blood flow*) est disponible dans le module pour les deux types de marquage :

- Le marquage pulsé (PASL)
- Le marquage continu (CASL) ou pseudo-continu (pCASL)

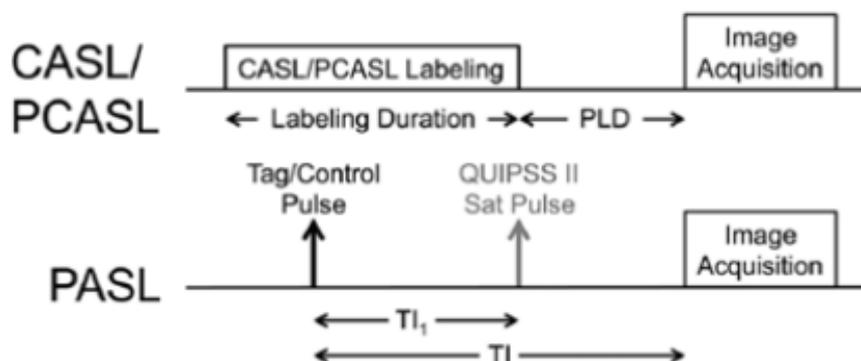


Figure 6 : Principes des 2 techniques de marquage de spins. Exemple d'une séquence PASL QUIPSS II.

Le modèle général de quantification en ASL a été développé par Buxton et al en 1998.(20) Ce modèle décrit la différence d'aimantation entre image de contrôle et image de marquage ($\Delta M(t)$) comme le produit de trois composantes prenant en compte les effets de temps de transit des spins marqués entre la région de marquage et la région d'intérêt, les échanges entre le sang et le tissu, ainsi que les temps de relaxation :

$$\Delta M(t) = 2M_{0bf} \int_0^t c(t') r(t-t') m(t-t') dt'$$

Où M_{0b} représente l'aimantation longitudinale des protons du sang à l'équilibre, $c(t)$ la fonction d'entrée artérielle fractionnée, $r(t-t')$ la sortie des protons marqués du voxel et $m(t-t')$ les effets de relaxation longitudinale.

Ce modèle est applicable au CASL et au PASL sous réserve d'adapter les paramètres. Il existe cependant de nombreuses sources d'erreur de quantification : le temps de transit, les artefacts vasculaires, la forme et l'efficacité de l'impulsion d'inversion, l'effet de dispersion du bolus, le coefficient de répartition sang-tissu des protons marqués et l'aimantation du sang à l'équilibre.

Pour la quantification du débit sanguin cérébral, un modèle basique relatif a été proposé. Le module ASL du logiciel Olea Sphere 3.0 calcule les cartes de débit sanguin cérébral (*ASL blood flow*) dans chaque voxel selon les modèles suivants :

- CASL/PCASL

$$ASL_{BLOODFLOW} = \frac{6000 \lambda (SI_{control} - SI_{label}) e^{\frac{PLD}{T1_{blood}}}}{2 \alpha T1_{blood} SI_{PD} (1 - e^{\frac{-\tau}{T1_{blood}}})}$$

- PASL

$$ASL_{BLOOD_{FLOW}} = \frac{6000 \lambda (SI_{control} - SI_{label}) e^{\frac{TI}{T1_{blood}}}}{2 \alpha T1_1 SI_{PD}}$$

Où λ est le coefficient de partage cerveau/sang en mL/g, $SI_{control}$ et SI_{label} sont les intensités de signal de moyenne temporelle pour les images contrôle et les images marquées, $T1_{blood}$ (ms) est le temps de relaxation longitudinal du sang, α est l'efficacité du marquage, SI_{PD} est l'intensité du signal des images en densité de protons (M0 images), et τ (ms) est la durée du marquage. PLD (ms) est le délai après marquage, TI (ms) est la durée du bolus en PASL qui est l'équivalent de la durée du marquage en CASL/pCASL, et $T1_1$ (ms) est le temps d'inversion en PASL. Le facteur 6000 convertit l'unité mL/g/s en mL/(100 g)/min, ce qui correspond à la littérature.

Pour convertir les intensités de signal des images soustraites ASL en unités absolues de débit sanguin cérébral, l'intensité de signal des spins du sang totalement relaxés est nécessaire. Il est recommandé d'utiliser une séquence séparément en densité de protons (PD) (images M0) (représentées par SI_{PD} dans les équations ci-dessus), afin d'obtenir ce facteur de conversion voxel par voxel.

Les images en densité de protons doivent avoir un module de lecture identique aux images contrôles et marquées ASL, avec un TR long pour avoir une pondération en densité de protons. Si le TR est inférieur à 5000 ms, la densité de protons est multipliée par le facteur :

$$\left(\frac{1}{1 - e^{\frac{-TR}{T1_{tissue}}}} \right)$$

Où $T1_{tissue}$ (ms) est le T1 estimé de la substance grise (T1 correction), afin de compenser la relaxation T1.

Analyse des données

Les cartographies CBF réalisées ci-dessus en ASL 3D ont été chargées, pour chaque patient, dans le module « Analyse » du logiciel Olea Sphere 3.0, afin de pouvoir les comparer. (Fig.6)

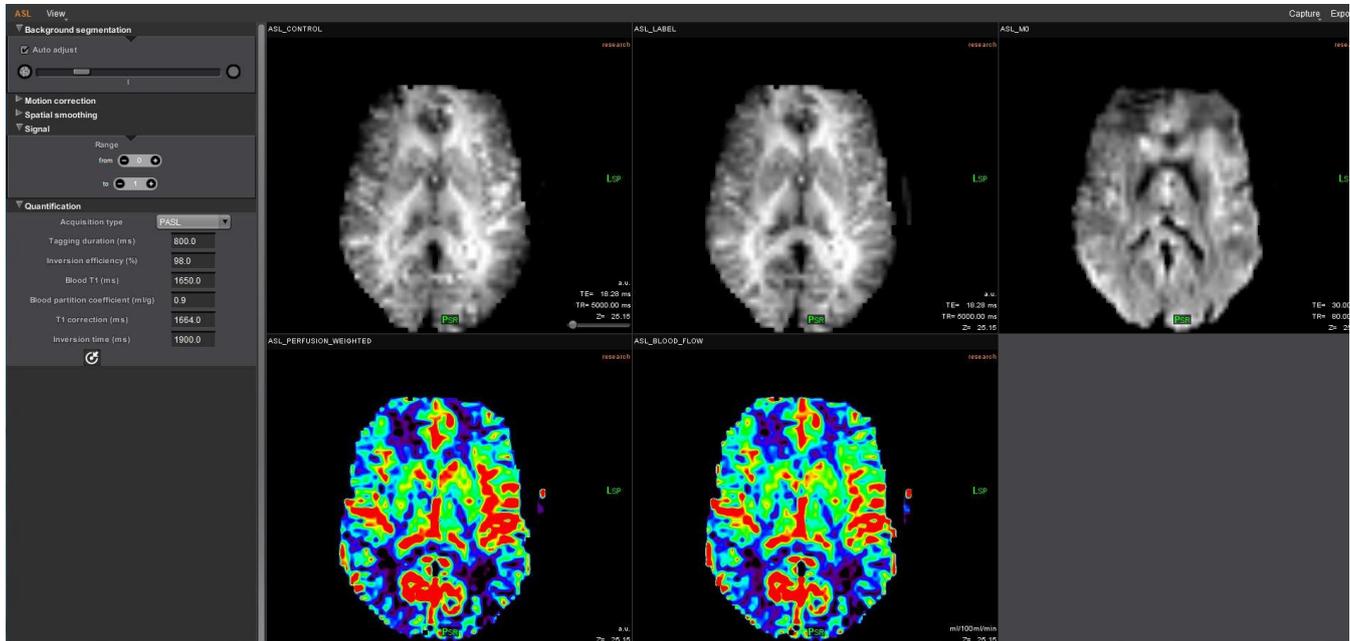


Figure 6: Module « ASL » du logiciel Olea Sphere 3.0. Sur le tableau de gauche, les différents facteurs de la séquence ASL, modifiables.

En haut, de gauche à droite, images contrôles, images marquées et images M0 en densité de protons. En bas, à gauche cartographie qualitative ASL ; à droite, cartographie quantitative du CBF (ASL blood flow), en mL/100 mL/min.

Pour chacun de nos patients, il a été placé 3 ROI de surface identique (2 voxels - 21.33 mm³) dans la substance grise de la ZE (nommées selon le nom de l'électrode de iSEEG correspondant), cette dernière est déterminée avec précision grâce aux résultats de la iSEEG et à l'imagerie de planification préopératoire par des reconstructions tridimensionnelles de fusion IRM – iSEEG pré implantatoire. (Figure 7-8-9)

Pour chaque ROI en zone pathologique, un ROI de surface identique est placé de manière symétrique dans la substance grise du lobe controlatéral. Parmi ces 3 ROI « contrôles », un est choisi comme référence pour chaque patient, noté <1> ou <2>, afin de pouvoir étudier le ratio CBF (rCBF), il s'agit du ratio entre la valeur de CBF d'un ROI et la valeur du ROI de référence.

$$rCBF = \frac{CBF_{ROI} \times}{CBF_{< ROI > \text{référence}}}$$

Il a été réalisé des tests statistiques appariés t-test de Student afin de déterminer si il existe une différence statistiquement significative de la valeur du CBF (exprimé en ml/100g/min) et le rCBF entre le parenchyme cérébral de la ZE et le parenchyme cérébral sain.



Figure 7 : Capture d'écran du module « Analyse » du logiciel OLEA SPHERE 3.0.

Même patient (#2) avec cartographie quantitative du CBF sur la séquence 3D ASL, fusion ASL-Flair 3D et mise en place des ROI dans la ZE et zone saine.

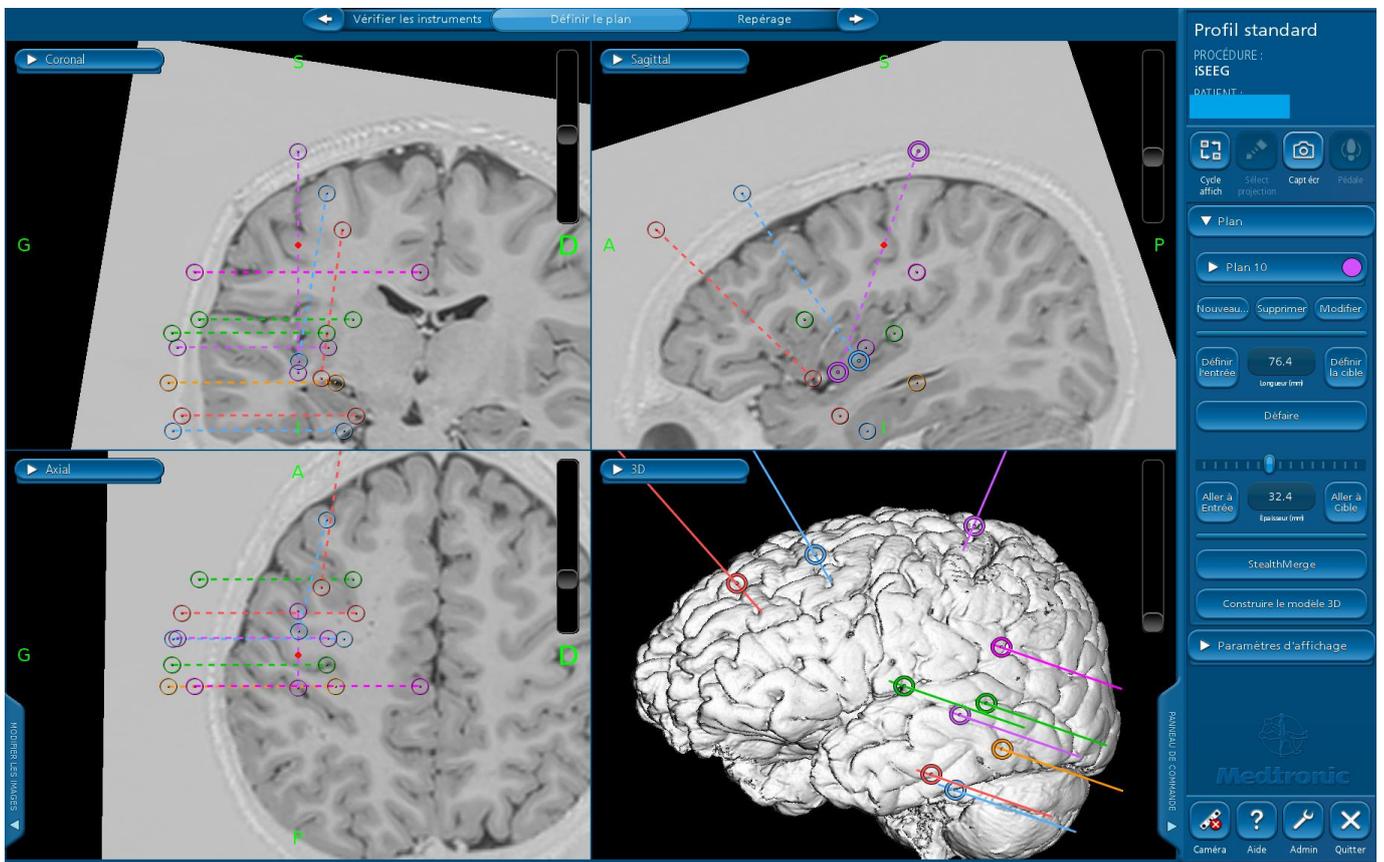


Figure 8 : Exemple d'imagerie de planification préopératoire d'une iSEEG (patient # 2). Sur cet exemple, l'ensemble des électrodes est représentées.

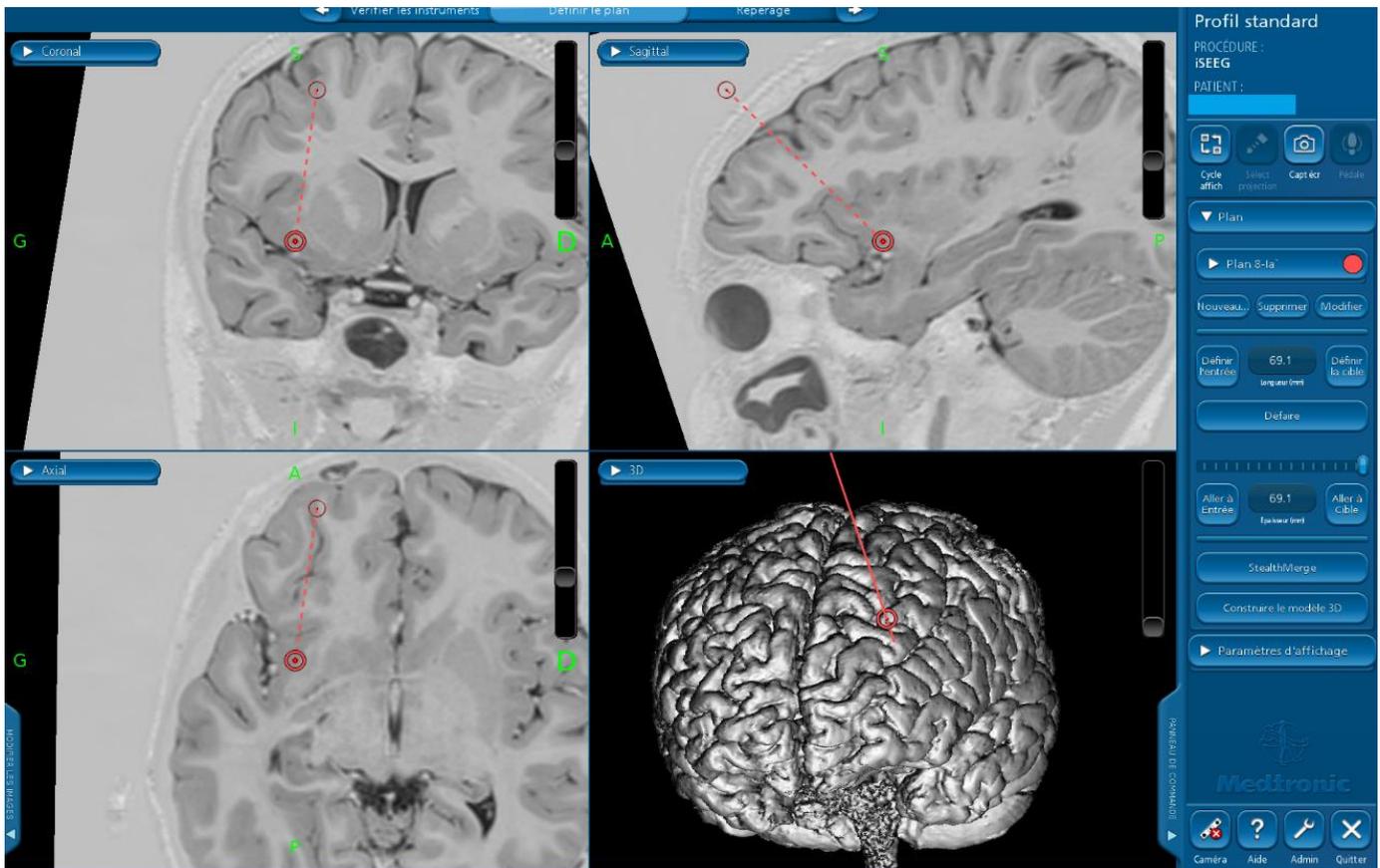


Figure 9 : Exemple d'imagerie de planification préopératoire d'une iSEEG (patient # 2).

Sur cet exemple, seule d'électrode LA' est représentée (électrode dans la ZE d'après le résultat de l'analyse des tracés iSEEG)

RESULTATS

Quatorze patients ont été inclus dans notre étude, 7 garçons (50%) et 7 filles (50%), âgés de 3 à 16 ans au moment de l'exploration, avec une moyenne de 10,35 ans et une médiane de 10,5 ans. Dix patients (71%) présentent une symptomatologie épileptique partielle et 4 patients (29%) une symptomatologie partielle secondairement généralisée ou généralisée d'emblée. Les mesures de CBF sur les séquences d'ASL 3D, orientées et la iSEEG sont exprimées dans le tableau 2, . Au total, 84 mesures sont réalisées sur 14 patients, 42 mesures dans la substance grise cérébrale de la ZE et 42 mesures « contrôles », symétrique dans la substance grise cérébrale controlatérale, l'ensemble des mesures sont disponibles dans le tableau 2 en annexe 2. On retrouve de manière statistiquement significative, une différence dans les mesures de la valeur du CBF entre la ZE et le parenchyme sain. Ainsi il apparaît que la valeur du CBF en ZE est significativement plus basse qu'en zone saine de **28.1795 mL/100g/min IC à 95% [23.2925 ; 33.0665], p <0,001**. La valeur moyenne du CBF en ZE est de 43,75 mL/100g/min sd=15,56 et elle est de 71,95 mL/100g/min, sd=17,72 en zone saine. (Figure 10)

Par ailleurs, il apparaît également que la valeur moyenne des rCBF présente une différence statistiquement significative, avec une valeur de rCBF significativement inférieure en ZE de **0.4152 IC à 95% [0.3501 ; 0.4804], p<0,001**, versus le rCBF en zone zaine. Ainsi la valeur moyenne du rCBF en ZE est 0,65 sd=0,26 est nettement inférieure à la valeur moyenne du rCBF en zone saine 1,07 sd=0,24. (Figure 11).

L'étude visuelle et comparative du TEP scanner et des cartographie CBF en ASL retrouve une bonne concordance entre les deux imageries, avec un hypo perfusion moins étendue et plus marquée en ASL versus TEP Scanner chez 13 patients (93%), 1 patient (7%) ne présente pas d'hypo métabolisme en TEP scanner, mais présente une hypo perfusion en ASL.

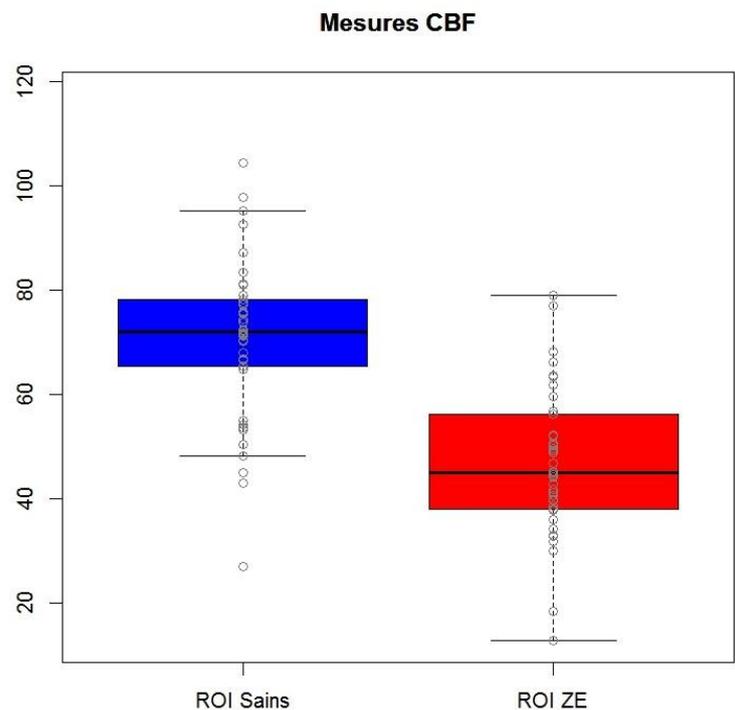


Figure 10 : Répartition des mesures CBF en zones saines et en ZE.

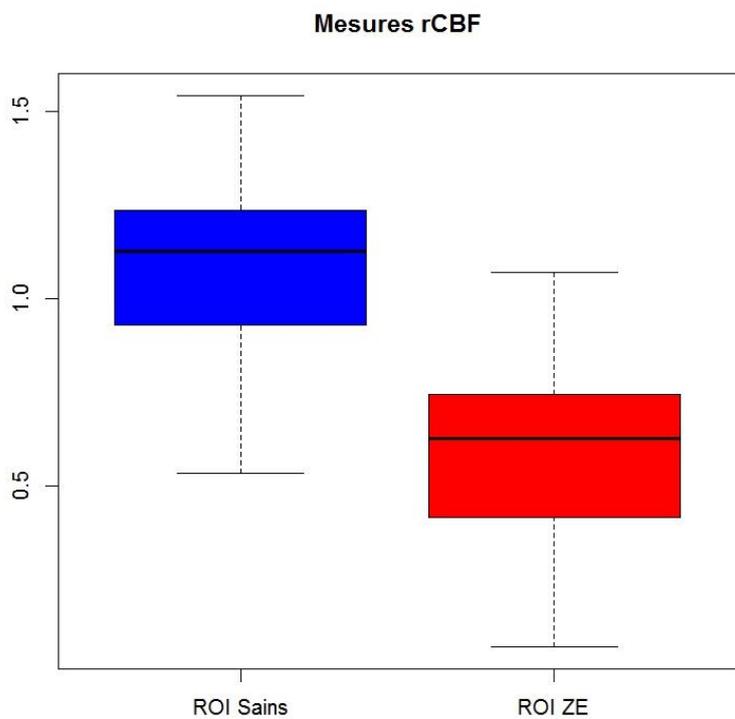


Figure 11 : Répartition des valeurs calculées du ratio CBF entre zones saines et références et entre ZE et références

Discussion

Le Marquage de Spin Artériel (Arterial Spin Labeling : ASL) est une technique d'imagerie non invasive capable de réaliser une étude de la perfusion tissulaire du cerveau sans produit de contraste exogène, ce qui est un avantage certain dans la population pédiatrique, permettant de passer outre les problèmes techniques et éthiques liés à l'injection de produit de contraste (21). L'autre avantage est de s'affranchir du risque de Fibrose Systémique Néphrogénique chez les patients avec une dysfonction rénale (22).

L'ASL présente aussi des inconvénients, en effet, le rapport signal sur bruit est faible car les molécules marquées entrantes ne représentent que 1% du signal tissulaire statique (23), augmentant le nombre d'acquisition et le temps d'acquisition et par la même le risque d'artéfact cinétique (24).

L'intérêt de l'ASL est de plus en plus reconnu dans la littérature, en particulier dans le domaine spécialisé de l'épilepsie pédiatrique. Notre étude montre une différence statistiquement significative de la valeur du CBF en ZE vs zone saine : 28.1795 mL/100g/min IC à 95% [23.2925 ; 33.0665], $p < 0,001$. La valeur du CBF en ZE est de 43,75 mL/100g/min $sd=15,56$ et elle est de 71,95 mL/100g/min, $sd=17,72$ en zone saine. Ceci est concordant avec les articles disponibles dans la littérature ayant utilisé des mesures interictales (14,15,25) et qui retrouvent une hypo perfusion interictales, notamment Wolf et al. (14) qui retrouve une hypo perfusion du lobe temporal pathologique : 50.16 mL/100 g/min (range, 26.79– 63.91) et 57.13 mL/100 g/min pour le lobe temporal sain (range, 34.71– 74.41), $p=0.005$ en ASL. Il s'avère que dans notre étude la différence de perfusion semble plus importante, ceci est probablement lié au progrès des séquences d'ASL, de l'imagerie par résonance magnétique, avec l'utilisation maintenant courante d'IRM 3T et aussi de l'utilisation d'une séquence d'ASL 3D avec séquence additionnelle 3D FLASH en densité de protons, permettant une analyse plus fine de la cartographie CBF et surtout la quantification..

De plus notre étude met en évidence une baisse significative du rCBF moyen en ZE vs zone saine de 0.4152 IC à 95% [0.3501 ; 0.4804], $p < 0,001$. Ainsi la valeur moyenne du rCBF en ZE est 0,65 $sd=0,26$ est inférieure à la valeur moyenne du rCBF en zone saine 1,07 $sd=0,24$. De la même manière des études ont utilisé une mesure immédiate post ictale (15,16,26) en PASL dans l'épilepsie partielle et elles retrouvent également une hypo

perfusion ipsilatérale à la ZE en post critique immédiat avec une valeur de rCBF abaissée : 0.89 ± 0.03 , $p < 0.0001$. (20). La différence peut s'expliquer par le fait que nos mesures sont réalisées en période inter critique, à distance des crises, et non en post ictal immédiat ; mais aussi et surtout par l'utilisation de séquence d'ASL 3D plus précise.

Notre étude montre également une concordance quant à la latéralisation de l'hypo métabolisme en TEP scanner et l'hypo perfusion en IRM, avec une similitude chez 13 patients (93%) (1 patient (7%) ne présente pas d'hypo métabolisme en TEP Scanner). De la même façon Storti et al. (17) mettent en évidence sur les 6 patients de leur étude une similitude entre le PASL et l'image TEP scanner pour identifier la zone épileptogène. Boscolo Galazzo et Al. (18) ont analysé vingt patients atteints d'épilepsie focale réfractaire, IRM négative et avec un diagnostic électro-clinique d'épilepsie, par TEP-IRM, suivis immédiatement d'un TEP Scanner. Les taux d'absorption normalisés (SUVr) et les cartes de flux sanguin cérébral (CBF) ont été calculés pour les deux modalités et pour l'ASL, respectivement. Un accord élevé entre 18 F-FDG TEP IRM et ASL a été trouvé, présentant une hypo métabolisme et une hypo perfusion dans le même hémisphère chez 18/20 patients, tandis que le reste était normal. Ils étaient complètement concordants chez 14/18, concordant dans au moins un lobe pour le reste. L'acquisition simultanée du métabolisme et de la perfusion offre une excellente concordance sur la latéralisation de la focalisation et une bonne concordance sur la localisation de la ZE. (18)

Gevers et al.(27) travaille sur le développement de l'ASL sélectif, qui peut analyser avec précision le territoire vasculaire et donc la perfusion d'un seul vaisseau, cette amélioration de la technique ASL est particulièrement intéressante et présente un potentiel important en neuro-imagerie. Ceci est d'autant plus intéressant que Gevers et Al. (4,27) ont montré dans 2 études successives, la reproductibilité temporelle et inter observateur des mesures de CBF en ASL, ce que rapportent aussi Wang et Al. (3) et Mutsaerts et Al. (5), confirmant l'utilisation potentielle de l'ASL pour le suivi longitudinal des patients.

Parmi les 78 patients initialement sélectionnés, un présentait des crises continues, ce qui a entraîné sa non inclusion dans notre étude, cependant les résultats de ses examens sont intéressants, car on retrouve une hyper perfusion en ASL et un hyper métabolisme au TEP scanner, globalement symétriques et ipsilatéraux à la ZE. Des résultats similaires sont retrouvés dans des études de cas dans la littérature, car les crises doivent se produire pendant

l'IRM. La crise partielle typique d'un patient au cours de l'acquisition de PASL a montré une hyper perfusion dans la ZE (28). Ceci correspond au mécanisme physio pathologique sous-jacent d'une crise; L'excès d'activation nécessite une augmentation du débit sanguin pour administrer du glucose et de l'oxygène. Oishi et al. (29) ont capturé des images PASL d'un patient pendant et après une crise d'épilepsie partielle. L'étude de ce cas a suivi les mêmes tendances, avec une hyper perfusion marquée dans la zone épileptogène pendant les crises et hypo perfusion par rapport à l'hémisphère controlatéral une fois que les crises se sont arrêtées.

Comme mentionné précédemment, l'ASL est particulièrement intéressante pour l'imagerie des populations pédiatriques, permettant de s'affranchir de l'irradiation d'un TEP scanner, de la pose de voie veineuse et l'injection de gadolinium d'une séquence de perfusion T2. Cependant il est évident que la technique présente des limites, limites liées à l'imagerie par résonance magnétique et limites liées à l'acquisition de la séquence d'ASL. Les séquences d'ASL sont souvent réalisées dans le cadre d'un bilan d'imagerie par résonance magnétique complexe et complet, protocole d'acquisition long, accentuant les risques d'artéfact, notamment cinétique. Ainsi pour être optimal il est nécessaire de réaliser l'IRM dans les meilleures conditions (anesthésie générale ou IRM en jeu en fonction de l'âge). Cependant ces limites sont contrebalancées par le bénéfice d'une imagerie non invasive et non irradiante (vs IRM avec perfusion T2 et TEP Scanner), évitant les controverses éthiques sur l'injection d'agents de contraste et l'irradiation. Par ailleurs les enfants ont un signal CBF basal plus élevé, ce qui entraîne un meilleur rapport signal sur bruit (21).

Dans cette optique, de nouvelles techniques d'imageries hybrides ont vu le jour, notamment par l'utilisation combinée de TEP IRM, associant l'acquisition de séquences morphologiques, de séquence ASL et de séquences fonctionnelles TEP. Cette technique présente l'avantage certain de diminuer l'irradiation du patient, mais aussi directement de réduire le nombre et la quantité d'examen d'imagerie afin de réduire au maximum la dose reçu par les patients. Guo et al. (30) par exemple, se servent de la TEP IRM 3T avec séquences d'ASL 3D pour calculer des index d'asymétrie chez 26 patients présentant une épilepsie temporale (14 avec sclérose mésiale (TLE-MTS) et 12 sans sclérose mésiale TLE-no) et 22 patients contrôles. Ils retrouvent une différence statistiquement significative de l'index d'asymétrie de l'hippocampe et des amygdales dans le groupe TLE-MTS et de l'index d'asymétrie de l'hippocampe dans le groupe TLE-no, par rapport au groupe control : $P=0.001$ et $P=0.013$, $p<0.001$). Ils concluent donc que la sensibilité de latéralisation a

augmenté à 96,154% en combinant l'IRM morphologique et la mesure de CBF en ASL. Cependant, il note également une différence gauche-droite de la perfusion de la tête hippocampique dans le groupe contrôle : le côté gauche est dominant : 2.62 ± 2.730 , IC 95%: 1.410-3.831, $p < 0,001$). (30)

Dans notre étude, nous avons pris le parti d'appliquer des ROI sélectifs, de petit volume sur les cartographies CBF en nous servant de la planification neurochirurgicale pré implantatoire des électrodes de iSEEG et des résultats de cette dernière, afin de déterminer avec précision la valeur de CBF de la ZE et des zones saines controlatérales. Guo et al. (30) par exemple ont choisi une méthode de mesure mixte, avec deux ROI de petit volume sur la tête hippocampique et l'amygdale et un ROI de grand volume sur la totalité du lobe temporal. La méthode de mesure doit être adaptée à la recherche clinique, en effet, quand l'objectif est de déterminer la latéralisation de la ZE, une étude globale de l'ASL est la plupart du temps suffisante, en revanche quand il s'agit de déterminer avec précision la ZE afin d'orienter le clinicien et le neurochirurgien dans la prise en charge diagnostique et thérapeutique, une étude plus précise et plus systématique de l'ASL est nécessaire, l'objectif étant de s'affranchir du TEP Scanner et de diminuer le nombre d'électrodes implantées en iSEEG, limitant par la même les effets secondaires et complications.

Conclusion

La séquence d'ASL 3D avec 3D DP FLASH en IRM 3T montre une hypo perfusion franche de la substance grise de la ZE versus la substance grise saine avec une baisse de la valeur moyenne du CBF de 28.1795 mL/100g/min IC à 95% [23.2925 ; 33.0665], $p < 0,001$, et par la même occasion une baisse de la valeur moyenne du rCBF de 0.4152 IC à 95% [0.3501 ; 0.4804], $p < 0,001$, permettant de déterminer la latéralité de l'affection épileptique et plus précisément la ZE.

BIBLIOGRAPHIE

1. Detre J a, Leigh JS, Williams DS, Koretsky a P, Wong EC, Buxton RB, et al. Perfusion imaging. *Magn Reson Med*. 1992;23(5):702-8.
2. Duncan JS. Imaging in the surgical treatment of epilepsy. *Nat Rev Neurol*. oct 2010;6(10):537-50.
3. Wang Y, Saykin AJ, Pfeuffer J, Lin C, Mosier KM, Shen L, et al. Regional reproducibility of pulsed arterial spin labeling perfusion imaging at 3T. *NeuroImage*. janv 2011;54(2):1188-95.
4. Gevers S, Majoie CBLM, van den Tweel XW, Lavini C, Nederveen AJ. Acquisition Time and Reproducibility of Continuous Arterial Spin-Labeling Perfusion Imaging at 3T. *Am J Neuroradiol*. 1 mai 2009;30(5):968-71.
5. Mutsaerts HJMM, Steketee RME, Heijtel DFR, Kuijter JPA, van Osch MJP, Majoie CBLM, et al. Inter-Vendor Reproducibility of Pseudo-Continuous Arterial Spin Labeling at 3 Tesla. *Rypma B, éditeur. PLoS ONE*. 4 août 2014;9(8):e104108.
6. Sander JW. The epidemiology of epilepsy revisited. *Curr Opin Neurol*. avr 2003;16(2):165-70.
7. Wiebe S, Blume WT, Girvin JP, Eliasziw M. A randomized, controlled trial of surgery for temporal-lobe epilepsy. *N Engl J Med*. 2001;345(5):311-318.
8. de Tisi J, Bell GS, Peacock JL, McEvoy AW, Harkness WF, Sander JW, et al. The long-term outcome of adult epilepsy surgery, patterns of seizure remission, and relapse: a cohort study. *The Lancet*. 2011;378(9800):1388-1395.
9. Rheims S, Ducray F, Ryvlin P. Choosing the tumoral epilepsy surgery candidate. *Epilepsia*. déc 2013;54:91-6.
10. Brodbeck V, Spinelli L, Lascano AM, Pollo C, Schaller K, Vargas MI, et al. Electrical source imaging for presurgical focus localization in epilepsy patients with normal MRI. *Epilepsia*. avr 2010;51(4):583-91.
11. Weil S, Noachtar S, Arnold S, Yousry TA, Winkler PA, Tatsch K. Ictal ECD-SPECT differentiates between temporal and extratemporal epilepsy: confirmation by excellent postoperative seizure control. *Nucl Med Commun*. 2001;22(2):233-237.
12. Calcagni M, Giordano A, Bruno I, Parbonetti G, Di Giuda D, De Rossi G, et al. Ictal brain SPET during seizures pharmacologically provoked with pentylentetrazol: a new diagnostic procedure in drug-resistant epileptic patients. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. oct 2002;29(10):1298-306.
13. Williams DS, Detre JA, Leigh JS, Koretsky AP. Magnetic resonance imaging of perfusion using spin inversion of arterial water. *Proc Natl Acad Sci*. 1992;89(1):212-216.
14. Wolf RL, Alsop DC, Levy-Reis I, Meyer PT, Maldjian JA, Gonzalez-Atavales J, et al. Detection of mesial temporal lobe hypoperfusion in patients with temporal lobe epilepsy by use of arterial spin labeled perfusion MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. août 2001;22(7):1334-41.
15. Lim Y-M, Cho Y-W, Shamim S, Solomon J, Birn R, Luh WM, et al. Usefulness of pulsed arterial spin labeling MR imaging in mesial temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Res*. déc 2008;82(2-3):183-9.
16. Pizzini F, Farace P, Zanoni T, Magon S, Beltramello A, Sbarbati A, et al. Pulsed-arterial-spin-labeling perfusion 3T MRI following single seizure: A first case report study. *Epilepsy Res*. oct 2008;81(2-3):225-7.

17. Storti SF, Boscolo Galazzo I, Del Felice A, Pizzini FB, Arcaro C, Formaggio E, et al. Combining ESI, ASL and PET for quantitative assessment of drug-resistant focal epilepsy. *NeuroImage*. 15 nov 2014;102 Pt 1:49-59.
18. Boscolo Galazzo I, Mattoli MV, Pizzini FB, De Vita E, Barnes A, Duncan JS, et al. Cerebral metabolism and perfusion in MR-negative individuals with refractory focal epilepsy assessed by simultaneous acquisition of 18F-FDG PET and arterial spin labeling. *NeuroImage Clin*. 12 avr 2016;11:648-57.
19. Sierra-Marcos A, Carreño M, Setoain X, López-Rueda A, Aparicio J, Donaire A, et al. Accuracy of arterial spin labeling magnetic resonance imaging (MRI) perfusion in detecting the epileptogenic zone in patients with drug-resistant neocortical epilepsy: comparison with electrophysiological data, structural MRI, SISCO and FDG-PET. *Eur J Neurol*. janv 2016;23(1):160-7.
20. Buxton RB, Frank LR, Wong EC, Siewert B, Warach S, Edelman RR. A general kinetic model for quantitative perfusion imaging with arterial spin labeling. *Magn Reson Med*. 1998;40(3):383-96.
21. Wang J, Licht DJ, Jahng G-H, Liu C-S, Rubin JT, Haselgrove J, et al. Pediatric perfusion imaging using pulsed arterial spin labeling. *J Magn Reson Imaging*. oct 2003;18(4):404-13.
22. Sadowski EA, Bennett LK, Chan MR, Wentland AL, Garrett AL, Garrett RW, et al. Nephrogenic systemic fibrosis: risk factors and incidence estimation. *Radiology*. 2007;243(1):148-157.
23. Golay X, Hendrikse J, Lim TCC. Perfusion imaging using arterial spin labeling. *Top Magn Reson Imaging TMRI*. févr 2004;15(1):10-27.
24. Petersen ET, Zimine I, Ho Y-CL, Golay X. Non-invasive measurement of perfusion: a critical review of arterial spin labelling techniques. *Br J Radiol*. août 2006;79(944):688-701.
25. Liu HL, Kochunov P, Hou J, Pu Y, Mahankali S, Feng CM, et al. Perfusion-weighted imaging of interictal hypoperfusion in temporal lobe epilepsy using FAIR-HASTE: comparison with H(2)(15)O PET measurements. *Magn Reson Med*. mars 2001;45(3):431-5.
26. Pollock JM, Deibler AR, West TG, Burdette JH, Kraft RA, Maldjian JA. Arterial spin-labeled magnetic resonance imaging in hyperperfused seizure focus: a case report. *J Comput Assist Tomogr*. 2008;32(2):291-292.
27. Gevers S, Bokkers RP, Hendrikse J, Majoie CB, Kies DA, Teeuwisse WM, et al. Robustness and reproducibility of flow territories defined by planning-free vessel-encoded pseudocontinuous arterial spin-labeling. *Am J Neuroradiol*. 2012;33(2):E21-E25.
28. Toledo M, Munuera J, Salas-Puig X, Santamarina E, Lacuey N, Rovira A. Localisation value of ictal arterial spin-labelled sequences in partial seizures. *Epileptic Disord*. 2011;13(3):336-339.
29. Oishi M, Ishida G, Morii K, Hasegawa K, Sato M, Fujii Y. Ictal focal hyperperfusion demonstrated by arterial spin-labeling perfusion MRI in partial epilepsy status. *Neuroradiology*. juin 2012;54(6):653-6.
30. Guo X, Xu S, Wang G, Zhang Y, Guo L, Zhao B. Asymmetry of cerebral blood flow measured with three-dimensional pseudocontinuous arterial spin-labeling mr imaging in temporal lobe epilepsy with and without mesial temporal sclerosis. *J Magn Reson Imaging JMRI*. nov 2015;42(5):1386-97.

ANNEXE 1

#	Sexe	DDN	Age	Type d'épilepsie	Foyer épileptogène	Résultats SEEG
1	M	26/06/2007	9	Crises partielles chaud/froid et absence 30s cryptogénique	Temporal interne / hippocampe gauche	Temporo-mésiale gauche au niveau des plots internes TB', TP', A', B'. La ZE est également temporo-mésiale gauche avec A', B', TB', TP'
2	M	10/04/2006	10	Début à 6 ans, mauvais gout dans la bouche, irritable, aphasie, crise nocturne	Insulaire gauche	insulaire postérieur gauche et pars reticularis, en cours de frappe.
3	F	10/04/2001	15	Début à 12 ans après une "grippe". crise partielles type clonies hémiface gauche, rotation de la tête à gauche, clonies palpébrales, dysesthésie MSG, pas tout le temps généralisée.	Temporo-pariétal droit	Pariétal interne PA, PI, CP et LP.
4	M	30/10/2001	14	Epilepsie depuis l'âge de 3 ans, crises partielles secondairement généralisée.	Régions gauches : pré motrice, pré centrale, post centrale et insula postérieure	LP', SA', OP', ZE : toutes les électrodes SA', LP' et OP'
5	M	31/03/2002	14	Crises partielles	Temporal gauche	TB' 1-4
6	F	01/02/2012	4	Crises partielles, début à 3 semaines de vie	Cortex pré central gauche F2-F3	ZE : pré frontal F2-F3 exploré par LA' et LB'
7	M	28/11/2004	11	Crises partielles puis généralisées	Pariétal droit rétro rolandique	PA, PI, PP
8	M	16/10/2011	5	Partielle : cris, déviation de la tête et des yeux à gauche, rupture de contact, hyper salivorrhée, secousse MI et MS	Frontal droit	Anomalies lentes inter critiques étendues, frontales et extra frontales bilatérales. Organisation des crises préfrontale droite (R OR CR) et promotrice (SA, IM frontal) +/- insula antérieur droite.
9	F	15/03/2000	16	Premières crises à 4 ans.	Temporale interne droit (amygdale et hippocampe), temporo-polaires et temporo basales.	réseau temporal centré sur les structures temporales internes droites TP TB (amygdale et hippocampe), temporo-polaires et temporo basales T2, A, TB, B.
10	M	13/03/2000	16	Crises partielles type clonies hémiface gauche, rotation de la tête à gauche, clonies palpébrales.	Temporal interne gauche	Zones épileptogènes : L' ++ A' B'
11	F	11/11/2012	3	Partielle puis généralisée	Temporal étendu droit	réseau irritatif étendu, surtout au niveau temporal méso latéral et du carrefour temporo-occipital droit : TP et B ++, H, GL, CU, PI)
12	F	13/03/1999	16	Début à 14 ans, partielles	Temporomésiale et amygdale droite	Région irritative : Amygdale et région temporo mésiale droite. TP 4-10, B4-10 et TB 2-10
13	F	17/10/2009	6	Crises partielles	Lésion lobule para centrale et AMS postérieure gauche.	zone irritative localisées au niveau des structures pré motrices (SA' interne et moyenne) et dans l'air motrice supplémentaire LPB', dans le lobule para central et le la région du pré cuneus antérieur. ZE : SA' et LPB'
14	F	27/04/2009	6	Crises partielles	Temporo-frontal droit	OR 1-4, CR 1-3, T3-4, OF 1-4, IA 4-5, IM 1-3

ANNEXE - Tableau 1. Données épidémiologiques et cliniques des patients inclus dans l'étude.

ANNEXE 1

#	Résultat IRM	Résultats TEP
1	Hyper signal flair et atrophie hippocampique gauche.	hypo métabolisme temporal interne et antérieur gauche.
2	hyper signal flaire insulaire gauche, hypertrophie hippocampe gauche.	Hypo métabolisme marqué du cortex temporal interne antérieur, prédominant à gauche, plus modéré de la région insulo-operculaire à prédominance gauche et cortex occipital associatif.
3	Atrophie temporale droite	Hypo métabolisme insulo-operculaire antérieur droit et cortex temporal latéral postérieur droit.
4	Normale	Hypo métabolisme modéré touchant le cortex associatif pariétal gauche supéro-interne.
5	DNET temporo mesiale gauche	hypo métabolisme temporal et insulaire gauche
6	Dysplasie pré centrale gauche et noyau caudé gauche	Pas d'hypo métabolisme
7	Micro polygirie pariétale droite rétro rolandique	Hypo métabolisme pariétale droite, temporal interne droit et orbito frontal gauche.
8	Kyste arachnoïdien temporo-sylvien gauche exerçant un effet de masse sur le cortex cérébral adjacent. Pas d'anomalie à droite.	Lacune métabolique temporelle antérieure et mésiale gauche, s'associant à un hypo métabolisme marqué touchant la région orbitaire droite.
9	Enroulement grossier pré central droit	Hypo métabolisme marqué des régions orbitaires, temporales droites notamment polaire et basale, avec projection sur le cortex occipital associatif.
10	Lésion corticale temporale interne postérieure gauche évocatrice de DNET.	hypo métabolisme temporal gauche, prédominant sur les régions antérieures et sur la face interne. Hypo métabolisme temporal antéro mérial droit modéré.
11	Hémisphère cérébral droit hypertrophique, pseudo pachygirie -temporo - occipital droite. Lésions de neurofibromatose.	Hypo métabolisme marqué, étendu, hémisphérique droit, en particulier, le pole temporal, le cortex temporal interne, ainsi que le cortex occipital supérieur droit.
12	Normale	Hypo métabolisme temporal antérieur droit marqué, incluant la face interne, se prolongeant de façon discrète en région fronto-operculaire droite.
13	Anomalie linéaire étalée du cortex au ventricule en frontal interne gauche évocatrice de dysplasie.	Hypo métabolisme modéré focal de la région para-centrale gauche.
14	Atrophie hémisphérique droit. Dysplasie insulaire moyenne droite	Hypo métabolisme operculo-insulaire antérieur para orbitaire temporal droit.

ANNEXE - Tableau 1. Suite. Données épidémiologiques et cliniques des patients inclus dans l'étude.

ANNEXE 2

# Patient	Sex	# ROI	Moyenne	SD	Min	Max	Nb de voxel	Surface (mm2)	Ratio	Zone ROI
1	M	<1>	78.34	1.75	76.59	80.09	2	21.33	1	REF
		2	34.92	1.21	34.65	36.92	2	21.33	0.45	TB'
		3	84.41	0.67	83.78	84.89	2	21.33	1.08	-
		4	38.18	2.56	36.18	40.18	2	21.33	0.49	TP'
		5	73.75	4.02	69.73	77.77	2	21.33	0.94	-
		6	39.32	1.01	38.32	40.32	2	21.33	0.5	A' et B'
2	M	<1>	69.18	0.99	68.19	70.17	2	21.33	1	REF
		2	37.12	3.22	33.9	40.33	2	21.33	0.54	LA'
		3	64.83	0.21	64.21	65.45	2	21.33	0.94	-
		4	39.15	2.28	36.88	41.43	2	21.33	0.57	H'
		5	76.25	0.42	75.83	76.66	2	21.33	1.1	-
		6	54.39	0.46	53.93	54.84	2	21.33	0.79	LB'
3	F	<1>	66.55	0.36	66.19	66.91	2	21.33	1	REF
		2	32.92	1.15	31.76	34.07	2	21.33	0.49	PA
		3	67.04	0.33	66.71	67.37	2	21.33	1.01	-
		4	54.12	3.44	50.68	57.56	2	21.33	0.81	CP
		5	63.89	5.48	58.41	69.37	2	21.33	0.96	-
		6	50.69	3.68	47.01	54.37	2	21.33	0.76	IP
4	M	<1>	50.83	7.45	43.38	58.28	2	21.33	1	REF
		2	33.42	1.62	31.8	35.04	2	21.33	0.66	LP'
		3	59.75	0.78	58.96	60.53	2	21.33	1.18	-
		4	34.86	3.21	26.55	37.21	2	21.33	0.69	SA'
		5	53.52	3.19	49.82	55.21	2	21.33	1.05	-
		6	42.25	2.9	39.35	45.15	2	21.33	0.83	CP'
5	M	<1>	90.52	2.84	87.68	93.35	2	21.33	1	REF
		2	74.05	0.46	73.59	74.51	2	21.33	0.82	TB'
		3	78.14	3.43	74.71	81.58	2	21.33	0.86	-
		4	60.54	1.89	58.65	62.43	2	21.33	0.67	TB'
		5	94.46	0.62	93.84	95.08	2	21.33	1.04	-
		6	52.39	0.75	51.64	53.15	2	21.33	0.58	TB'
6	F	<1>	83.52	7.84	75.68	91.36	2	21.33	1	REF
		2	52.7	1.11	51.59	53.81	2	21.33	0.63	LA'
		5	73.87	4.83	69.04	78.7	2	21.33	0.88	-
		6	31.68	0.97	30.71	32.66	2	21.33	0.38	LA'
		7	72.96	2.45	70.51	75.42	2	21.33	0.87	-
		8	56.61	3.63	52.98	60.24	2	21.33	0.68	LB'
7	M	<1>	54.9	0.4	54.5	55.3	2	21.33	1	REF
		2	42.72	3.05	39.66	45.77	2	21.33	0.78	PP
		3	67.03	4.88	62.15	71.91	2	21.33	1.22	-
		4	45.39	1.54	43.85	46.92	2	21.33	0.83	PA
		5	58.85	1.24	57.61	60.09	2	21.33	1.07	-
		6	26.7	1.12	25.57	27.82	2	21.33	0.49	PI

8	M	1	57.4	1.17	56.23	58.57	2	21.33	0.68	R
		<2>	84.57	1.34	83.22	85.91	2	21.33	1	REF
		3	39.73	2.01	37.72	41.73	2	21.33	0.47	CR
		4	83.11	0.91	82.2	84.03	2	21.33	0.98	-
		5	52.55	1.52	51.02	54.07	2	21.33	0.62	OR
		6	102.47	2.62	99.85	105.09	2	21.33	1.21	-
9	F	1	16.75	3.81	12.51	21.75	2	21.33	0.44	TP
		<2>	37.85	0.32	37.54	38.17	2	21.33	1	REF
		3	27.64	0.31	27.34	27.95	2	21.33	0.73	TB
		4	56.91	2.46	54.46	59.37	2	21.33	1.5	-
		5	70.9	5.83	65.08	76.73	2	21.33	1.87	A et B
		6	88	1.94	86.06	89.94	2	21.33	2.32	-
10	F	1	68.93	2.04	66.89	70.98	2	21.33	0.91	TP
		<2>	75.61	2.57	73.04	78.18	2	21.33	1	REF
		3	68.3	2.39	65.91	70.69	2	21.33	0.9	B
		4	73.52	0.09	73.43	73.62	2	21.33	0.97	-
		5	20.75	3.24	17.51	23.99	2	21.33	0.27	Pariétal droit
		6	80.47	0.55	79.92	81.02	2	21.33	1.06	-
11	F	1	65.09	1.73	63.36	66.82	2	21.33	0.69	TB
		<2>	94.82	3.95	89.97	99.64	2	21.33	1	REF
		3	45.8	1.65	44.15	47.45	2	21.33	0.48	TP
		4	103.97	2.72	101.25	106.69	2	21.33	1.1	-
		5	44.55	1.1	43.45	45.64	2	21.33	0.47	B
		6	77.61	0.57	77.04	78.17	2	21.33	0.82	-
12	F	<1>	41.44	2.06	39.38	43.5	2	21.33	1	REF
		2	20.07	0.34	19.73	20.41	2	21.33	0.48	LPB'
		3	49.95	2.46	47.49	52.41	2	21.33	1.21	-
		4	30.65	3.43	27.22	34.08	2	21.33	0.74	SA'
		5	46.28	0.4	45.87	46.68	2	21.33	1.12	-
		6	16.83	0.39	16.44	17.23	2	21.33	0.41	SA'
13	M	<1>	76.51	0.27	76.24	76.77	2	21.33	1	REF
		2	17.48	0.09	17.39	17.57	2	21.33	0.23	L'
		3	111.81	0.32	111.49	112.13	2	21.33	1.46	-
		4	55.01	0.18	54.82	55.19	2	21.33	0.72	A'
		5	96.14	2.22	93.91	98.36	2	21.33	1.26	-
		6	60.62	0.89	59.73	61.51	2	21.33	0.79	B'
14	F	1	31.82	2.99	28.83	34.8	2	21.33	0.55	CR
		<2>	58.08	4.83	53.24	62.91	2	21.33	1	REF
		3	35.11	2.79	32.32	37.9	2	21.33	0.6	T
		4	53.6	1.73	51.87	55.32	2	21.33	0.92	-
		5	57.51	1.17	56.34	58.67	2	21.33	0.99	OR
		6	45.84	0.92	44.92	46.76	2	21.33	0.79	-

ANNEXE - Tableau 2 : Mesure CBF des 14 patients

<1> et <2> sont les ROI de référence en zone saine.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans **aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions**. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas **usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité**.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai **jamais leur confiance** et **n'exploiterai pas le pouvoir hérité** des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. **Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers** et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

RÉSUMÉ:

Introduction

L'épilepsie est l'affection neurologique chronique grave la plus fréquente et malgré les progrès du traitement médicamenteux antiépileptique, un tiers des patients restent mal contrôlé. L'option thérapeutique est alors chirurgicale, le neurochirurgien nécessite une hypothèse diagnostique fiable sur la localisation de la zone épileptogène (ZE). Dans notre étude, nous avons évalué la perfusion sanguine cérébrale (Cérébral Blood Flow = CBF) en ml/100g/min en ASL 3D des foyers épileptogènes identifiés en iSEEG et les avons comparés au parenchyme cérébral sain, l'objectif étant d'étudier la possibilité de quantifier le CBF en ASL 3D grâce au séquence 3D DP FLASH, et ainsi montrer que l'ASL à une valeur localisatrice de la ZE.

Matériels et Méthodes

Quatorze patients pédiatriques atteints d'épilepsie pharmaco résistante ayant bénéficié d'une IRM avec séquence d'ASL 3D, d'une iSEEG et d'un TEP scanner ont été inclus entre 2015 et 2017 sur notre structure. Pour chacun de nos patients, il a été placé 3 ROI de surface identique dans la substance grise de la ZE, cette dernière est déterminée avec précision grâce aux résultats de la iSEEG et à l'imagerie de planification préopératoire par des reconstructions tridimensionnelles de fusion IRM – iSEEG pré implantatoire. Pour chaque ROI en zone pathologique, un ROI de surface identique est placé de manière symétrique dans la substance grise du lobe controlatéral, comme contrôle.

Résultats

On retrouve de manière statistiquement significative une différence de la valeur du CBF entre la ZE et le parenchyme sain. Ainsi il apparaît que le CBF en ZE est significativement plus bas qu'en zone saine de 28.1795 mL/100g/min IC à 95% [23.2925 ; 33.0665], $p < 0,001$, la valeur moyenne du CBF en ZE est de 43,75 mL/100g/min $sd=15,56$, et elle est de 71,95 mL/100g/min, $sd=17,72$ en zone saine.

Conclusion

La séquence d'ASL 3D avec séquence 3D DP FLASH en IRM 3T montre une hypo perfusion de la substance grise de la ZE versus la substance grise saine avec une baisse de la valeur moyenne du CBF de 28.1795 mL/100g/min IC à 95% [23.2925 ; 33.0665], $p < 0,001$, permettant de déterminer la latéralité de l'affection épileptique et plus précisément la ZE.

Mots clés : ASL, Artériel spin labelling, Epilepsie réfractaire, IRM, iSEEG, Pédiatrie, CBF.