

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG  
FACULTÉ DE MÉDECINE, MAÏEUTIQUE ET SCIENCES DE LA SANTÉ  
DE STRASBOURG

ANNÉE : 2023

N° 34

-----  
**THÈSE**

**PRÉSENTÉE POUR LE DIPLÔME DE  
DOCTEUR EN MÉDECINE**

Diplôme d'État

D.E.S de Radiologie et Imagerie médicale

PAR

**Henri Pierre Victor REMY**

Né le 16/06/1994 à Toulouse

-----  
**Valeurs normatives du T1 et du T2 cortical rénal en IRM 3 Teslas**

Présidente de thèse : Professeur Catherine ROY

Directeur de thèse : Professeur Mickael OHANA



UNIVERSITÉ DE STRASBOURG  
FACULTÉ DE MÉDECINE, MAÏEUTIQUE ET SCIENCES DE LA SANTÉ  
DE STRASBOURG

ANNÉE : 2023

N° 34

-----  
**THÈSE**

**PRÉSENTÉE POUR LE DIPLÔME DE  
DOCTEUR EN MÉDECINE**

Diplôme d'État

D.E.S de Radiologie et Imagerie médicale

PAR

**Henri Pierre Victor REMY**

Né le 16/06/1994 à Toulouse

-----  
**Valeurs normatives du T1 et du T2 cortical rénal en IRM 3 Teslas**

Présidente de thèse : Professeur Catherine ROY

Directeur de thèse : Professeur Mickael OHANA



MDM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
BOURGON Patrice	NRPS CS	+ Pôle Tête et Cou - CETO - Service de Neurologie - Unité du Sommeil / Hôpital Civil	49.01 Neurologie
Mme BRIGAND Cécile	NRPS NCS	+ Pôle des pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et digestive / HP	33.02 Chirurgie générale
BRIDANT-BODIER Catherine	NRPS CS	+ Pôle de l'appareil locomoteur - Service de chirurgie plastique et maxillo-faciale / HP	50.04 Opton : chirurgie plastique, reconstructrice et esthétique
Mme CHAILLARD-DULMANN Sophie	NRPS NCS	+ Pôle de spécialités médicales - ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie-dialyse et Transplantation / NHC	12.03 Néphrologie
CASTELAIN Vincent	NRPS NCS	+ Pôle Urgences - Réanimations médicales / Centre anti-poison - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Haute-pierre	48.02 Réanimation
CHARTE Nabil	NRPS CS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Serv. de chirurgie vasculaire et de transplantation rénale - NHC	11.04 <b>Chirurgie vasculaire</b> ; médecine vasculaire Option : chirurgie vasculaire
CHARLES Yann-Philippe	NRPS NCS	+ Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de Chirurgie du rachis / Chirurgie II / HC	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme CHARLUCARNE	NRPS NCS	+ Pôle de pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
Mme CHAMOT Annie	NRPS NCS	+ Pôle Tête et Cou - CETO - Serv. d'oto-rhino-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale / HP	35.01 Oto-rhino-laryngologie
Mme CHÉBARD-NEU Marie-Pierre	NRPS CS	+ Pôle de Biologie - Service de pathologie / Hôpital de Haute-pierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques (option biologique)
CLAVERT Philippe	NRPS CS	+ Pôle de l'Appareil locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du Membre supérieur / HP	42.01 Anatomie (option clinique, orthopédie traumatologique)
COLLANGE Olivier	NRPS NCS	+ Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation Chirurgicale / NHC	49.01 <b>Anesthésiologie-Réanimation</b> ; Médecine (urgence) (option Anesthésiologie-Réanimation - type clinique)
COLLODIER Nicolas	NRPS NCS	+ Pôle Tête et Cou - CETO - Centre d'Investigation Clinique / NHC et HP	49.01 Neurologie
CORBER Bernard	NRPS CS	+ Pôle d'Urologie, Néphrologie et dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-Vénérologie
de BLAY de GAIN Prémère	NRPS CS	+ Pôle de pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	11.01 Pneumologie
de SEZE Jérôme	NRPS CS	+ Pôle Tête et Cou - CETO - Centre d'Investigation Clinique (CIC) - AXS / Hôpital de Haute-pierre	49.01 Neurologie
DEBRY Christian	NRPS CS	+ Pôle Tête et Cou - CETO - Serv. d'oto-rhino-laryngologie et de chirurgie cervico-faciale / HP	35.01 Oto-rhino-laryngologie
DEBUELLE Philippe	NRPS NCS	+ Pôle de Gynécologie-Obstétrique - Service de gynécologie-Obstétrique / Hôpital de Haute-pierre	14.03 Gynécologie-Obstétrique; gynécologie médicale; option gynécologie-obstétrique
Mme DOLLFUS-WILTANK Hélène	NRPS CS	+ Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Haute-pierre	47.04 Génétique (type clinique)
EHLINGER Matthieu	NRPS NCS	+ Pôle de l'Appareil Locomoteur - Service d'Orthopédie-Traumatologie du membre inférieur / HP	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme ENTZ-WERLE Natacha	NRPS NCS	+ Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie II / Hôpital de Haute-pierre	54.01 Pédiatrie
Mme FACCA Sybille	NRPS CS	+ Pôle de l'Appareil locomoteur - Service de chirurgie de la Main - SCS Main / Hôpital de Haute-pierre	50.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mme FAR-KREMER Samira	NRPS CS	+ Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / ICM-HUJ et Faculté	45.01 Bactériologie-Virologie; hygiène hospitalière Option Bactériologie-Virologie biologique
FACOT Francis	NRPS NCS	+ Pôle de Pathologie digestives, hépatiques et de la transplantation - Serv. de chirurgie générale, hépatique et endocrinienne et Transplantation / HP	33.02 Chirurgie générale
FALCOZ Pierre-Emmanuel	NRPS NCS	+ Pôle de Pathologie thoracique - Service de Chirurgie Thoracique / Nouvel Hôpital Civil	31.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
FEDERICK Luc-Matthieu	NRPS NCS	+ Pôle d'Hémo-nématologie - Service d'Hématologie / ICAMS	47.01 <b>Hématologie</b> ; transfusion Option : hématologie
GALLIE Sarah	NCS	+ ICM - Institut Hospitalo-Universitaire - Hôpital Civil	43.02 Radiologie et Imagerie médicale
GANGU Afshin	NRPS CS	+ Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie à Interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
GARRON Julien	NRPS NCS	+ Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie à Interventionnelle / Nouvel Hôpital Civil	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
GAUCHER David	NRPS NCS	+ Pôle des spécialités Médicales - Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel Hôpital Civil	12.03 Ophtalmologie
GEY Bernard	NRPS CS	+ Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
GEYS Yannick	NRPS NCS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Serv. de chirurgie vasculaire et de transplantation rénale / NHC	11.04 <b>Chirurgie vasculaire</b> ; médecine vasculaire) Option : chirurgie vasculaire
GOEEL Philippe	NRPS CS	+ Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de chirurgie Pédiatrique / Hôpital de Haute-pierre	54.02 Chirurgie infantile
GOCHOT Bernard	NRPS CS	+ Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MAREC) - Service de Médecine Interne et de Nutrition / HP	54.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme GONZALEZ Maria	NRPS CS	+ Pôle de Santé publique et santé au travail - Service de Pathologie Professionnelle et Médecine du Travail/HC	46.02 Médecine et santé au travail

Nom et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
GOTTEBERG Jacques-Eric	NRPS CS	+ Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, (Diabétologie (MMMD)) - Service de Rhumatologie / Hôpital Hautepierre	10.01 Rhumatologie
HAMEDOUCHE Thierry	NRPS CS	+ Pôle de Spécialités Médicales – Ophtalmologie / OAO - Service de Néphrologie-Dialyse et Transplantation / NHC	12.03 Néphrologie
HANBAAR Yves	NRG NCS	+ Pôle de spécialités médicales – Ophtalmologie / OAO - Service des Maladies Infectieuses et Tropicales / NHC	43.03 Ophtal. Maladies Infectieuses
Mme HELMS Julie	NRPS NCS	+ Pôle Urgences + Réanimations Médicales / Centre antipolain - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	40.02 Médecine intensive-réanimation
HRISCH Edouard	NRPS NCS	+ Pôle Tête et Cou - CETO - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
IMBERALE Alessia	NRPS NCS	+ Pôle d'Imagerie - Service de Médecine Nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICAMS	43.05 Biophysique et médecine nucléaire
ISACI-HUBOED Marie-Eve	NRG CS	+ Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / Clémentzou	49.05 Médecine Physique et Réadaptation
JAUHAC Benoit	NRPS CS	+ Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / DSM HES et Faculté	45.01 Ophtal. / Bactériologie-virologie (biologique)
Mme JEANDIER Nathalie	NRPS CS	+ Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, (Diabétologie (MMMD)) - Service d'Endocrinologie, diabète et nutrition / HC	14.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
Mme JESSEL-MORILL Laurence	NRPS NCS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	11.03 Cardiologie
SALTERRACH Georges	NRG CS	+ Pôle de Gériatrie - Service de Médecine Interne – Gériatrie / Hôpital de la Robertsau - Secteur Evaluation – Gériatrie / Hôpital de la Robertsau	13.01 Ophtal. / gériatrie et biologie du vieillissement
Mme KESLES Laurence	NRPS NCS	+ Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, (Diabétologie (MMMD)) - Service d'Endocrinologie, Diabète, Nutrition et Diabétologie / Méd. X / HC	14.04 Endocrinologie, diabète et maladies métaboliques
KESLES Stéphan	NRPS NCS	+ Pôle de Pathologie Thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	11.01 Pneumologie
KINDO Michel	NRPS NCS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	11.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme KORGANOV Anne-Sophie	NRPS CS	+ Pôle de Spécialités Médicales – Ophtalmologie / OAO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (ophtal-clinique)
KREMER Stéphane	NRPS CS	+ Pôle d'Imagerie - Service Imagerie E – Neuroradiologie orthopédique – Médiastin / HF	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (ophtal-clinique)
KURR Harry	NRPS CS	+ Pôle médico-chirurgical de Néonatalie - Service de Néonatalogie et Réanimation Néonatale (Diabète d'âge)	14.01 Pédiatrie
KURTZ Man-Emmanuel	NRG NCS	+ Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'Hématologie / ICAMS	47.02 Ophtal. – cancérologie (clinique)
Mme LALANNE Laurence	NRPS CS	+ Pôle de Psychiatrie, Santé mentale et Addictologie - Service d'Addictologie / Hôpital Civil	40.03 psychiatrie d'adultes / Addictologie (ophtal. / Addictologie)
LANG Hervé	NRPS NCS	+ Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel Hôpital Civil	12.04 Urologie
LAUGE Vincent	NRG CS	+ Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Néonatalie 1 / Hôpital de Hautepierre	14.01 Pédiatrie
Mme LEJAY Anne	NRPS NCS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale cardiovasculaire - Service de Chirurgie vasculaire et de Transplantation rénale / NHC	11.04 Ophtal. / Chirurgie vasculaire
LE MINCH Jean-Marie	NRPS NCS	+ Pôle d'Imagerie - Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine - Service de Neurobiologie, d'Imagerie orthopédique et interdisciplinaire	42.01 Anatomie
LEISINGER Jean-Marc	NRG CS	+ Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie générale et spécialisée / LBGS / NHC - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / Hautepierre	82.00 Sciences biologiques de Pharmacie
LEPSARD Jean	NRPS NCS	+ Pôle de chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	50.03 Dermato-vénérologie
LINDMEYER Philippe	NRG NCS	+ Pôle de Réparation locomoteur - Service de Chirurgie de la Main - SOS Main / Hôpital de Hautepierre	10.02 Chirurgie orthopédique et traumatologique
MALOUF Galine	NRPS NCS	+ Pôle d'Onco-Hématologie - Service d'Oncologie médicale / ICAMS	47.02 Cancérologie ; radiothérapie Ophtal. / Cancérologie
MANK Hervé	NRPS NCS	+ Pôle de Biologie - Département Génétique fonctionnelle et cancer / HSGMC	14.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (ophtal biologique)
MARTIN Thierry	NRPS NCS	+ Pôle de Spécialités Médicales – Ophtalmologie / OAO - Service de Médecine Interne et d'Immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (ophtal-clinique)
Mme MASCAUX Céline	NRPS NCS	+ Pôle de Pathologie thoracique - Service de Pneumologie / Nouvel Hôpital Civil	11.01 Pneumologie ; Addictologie
Mme MATHIEU Carole	NRPS CS	+ Pôle de gynécologie-obstétrique - Unité de Sérologie / ICAMS	14.03 Gynécologie-obstétrique ; Gynécologie Médicale
MAUREL Laurent	NRPS CS	+ Pôle d'Onco-Hématologie - Laboratoire d'Hématologie Biologique – Hôpital de Hautepierre - Institut d'Hématologie / Faculté de Médecine	47.01 Hématologie ; transfusion Ophtal Hématologie Biologique

Nom et Prénoms	CS <sup>1</sup>	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Secr-section du Conseil National des Universités
MAZZUCOTELLI Jean-Philippe	NRPS CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Chirurgie Cardio-vasculaire / Nouvel Hôpital Civil	11.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
MENARDI Didier	NRPS ICS	• Pôle de Biologie • Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie (Hôpital) / HUS	49.02 Parasitologie et mycologie (option biologie)
MERTES Paul-Michel	NRPS CS	• Pôle d'Anesthésiologie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésiologie-Réanimation chirurgicale / HUS	49.01 Option : Anesthésiologie-Réanimation (type mixte)
MEYER Alain	NRPS ICS	• Institut de physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / HUS	44.02 Physiologie (option biologique)
MEYER Nicolas	NRPS ICS	• Pôle de santé publique et santé au travail - Laboratoire de Biostatistiques / Hôpital Civil	46.04 Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication (option biologie)
MERANI Farhat	NRPS CS	• Pôle urgences - Réanimations médicales / Centre antipaléon - Service de Réanimation Médicale / Nouvel Hôpital Civil	49.03 Réanimation
MIDASSER Laurent	NRPS CS	• Pôle de Pharmacie-pharmacologie - Labo. de neurobiologie et pharmacologie cardio-vasculaire- IAT2M / Fac.	48.03 Option : Pharmacologie fondamentale
MOREL Olivier	NRPS ICS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	11.02 Cardiologie
MOULIN Bruno	NRPS CS	• Pôle de spécialités médicales - néphrologie / SMU - Service de Néphrologie-Dialyse et Transplantation / HUS	12.03 Néphrologie
MUTYER Sébastien	NRPS ICS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie viscérale et digestive / HUS	12.02 Chirurgie digestive
NABED ISKAC JACQUES	NRPS CS	• Pôle d'imagerie - Service de médecine nucléaire et imagerie moléculaire / HUS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
NOEL Georges	NRPS ICS	• Pôle d'imagerie - Service de radiothérapie / HUS	47.02 Cancérologie / radiothérapie option radiothérapie biologique
NOEL Eric	NRPS ICS	• Pôle d'Anesthésie-Réanimation Chirurgicale SAMU-SMUR - Service Anesthésiologie et de Réanimation-Chirurgicale - HUS	49.01 Anesthésiologie-Réanimation
OHANA Mickaël	NRPS ICS	• Pôle d'imagerie - Service d'imagerie B - imagerie vasculaire et cardio-vasculaire / HUS	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
OLSHANNI RABICHO	NRPS CS	• Pôle d'activité médico-chirurgicale Cardio-vasculaire - Service de Cardiologie / Nouvel Hôpital Civil	11.02 Cardiologie
Mme OLLAND Anne	NRPS ICS	• Pôle de pathologie thoracique - Service de Chirurgie thoracique / Nouvel Hôpital Civil	11.03 Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire
Mme PALLARD Catherine	NRPS CS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie II / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
PELACCI Thierry	NRPS ICS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Centre de formation et de recherche en pédagogie des sciences de la santé / Faculté	49.05 Réanimation ; Médecine d'urgence option : Médecine d'urgence
Mme PEINETTA Stéphanie	NRPS ICS	• Pôle Hépato-digestif de l'Hôpital Civil - Service de Chirurgie viscérale et digestive / Nouvel Hôpital Civil	12.02 Chirurgie digestive
PESSIER Patrick	NRPS CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie viscérale et digestive / Nouvel Hôpital Civil	12.02 Chirurgie Digestive
PETIT Thierry	CS	• ICAMS - Département de médecine oncologique	47.02 Cancérologie / Radiothérapie Option : Cancérologie Clinique
PIVOT Xavier	NRPS ICS	• ICAMS - Département de médecine oncologique	47.03 Cancérologie / radiothérapie option : Cancérologie clinique
POTTEINER Julien	NRPS CS	• Pôle d'Anesthésie / Réanimations chirurgicales / SAMU-SMUR - Service d'Anesthésie et de Réanimation Chirurgicale / Hautepierre	49.01 Anesthésiologie-Réanimation ; Médecine d'urgence (option clinique)
PRADIGNAC Alain	NRPS ICS	• Pôle de Médecine Interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Néphrologie (Némo) - Service de Médecine Interne et nutrition / Hôpital de Hautepierre	44.04 Nutrition
PROUST François	NRPS CS	• Pôle tête et cou - Service de Neurochirurgie / Hôpital de Hautepierre	49.02 Neurochirurgie
Dr RAUL Jean-Sébastien	NRPS CS	• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté et HUS - Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03 Médecine Légale et droit de la santé
REMLING Jean-Michel	NRPS ICS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'hépatopancréatobiliaire et d'assistance nutritionnelle / HUS	12.01 Option : Gastro-entérologie
Dr RICO Benoît	NRPS ICS	• Pôle de Biologie - Département Biologie du développement et cellules souches / ISMCM	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
ROHR Serge	NRPS CS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et digestive / HUS	12.02 Chirurgie générale
ROHMANN Benoît	NRPS ICS	• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et digestive / HUS	12.02 Chirurgie générale
Mme ROYBAUD-BERNARD Sylvie	NRPS ICS	• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie I / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
Mme ROY Catherine	NRPS CS	• Pôle d'imagerie - Service d'imagerie B - imagerie vasculaire et cardio-vasculaire / HUS	43.02 Radiologie et imagerie médicale (opt. clinique)
SAMBER Nicolas	NRPS ICS	• Pôle de gynécologie-obstétrique - Service de gynécologie-obstétrique / HUS	54.03 Gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale option : gynécologie-obstétrique

NDM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
SAUER Amaël	NRN NCS	+ Pôle de Spécialités médicales – Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel hôpital Civil	13.02 Ophtalmologie
SAULEAU Erli-Audré	NRN NCS	+ Pôle de Santé publique et Santé au Travail - Service de Santé Publique / Hôpital Civil + Biostatistiques et Informatique / Faculté de médecine / HC	46.04 Biostatistiques, Informatique médicale et Technologies de Communication (option biologie)
SAUSSE Christian	NRN CS	+ Pôle d'Anatomie, Morphologie et Dermatologie - Service de Chirurgie Urologique / Nouvel hôpital Civil	12.04 Anatomie
Mme SCHATZ Claude	NRN CS	+ Pôle de spécialités médicales – Ophtalmologie / SMO - Service d'Ophtalmologie / Nouvel hôpital Civil	13.03 Ophtalmologie
Mme SCHLUTH-BOLAJO Carole	NRN NCS	+ Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologie)
SCHNEIDER Francis	NRN CS	+ Pôle Urgences – Rhumatismes médicaux / Centre arthroscopie - Service de Réanimation médicale / Hôpital de Hautepierre	48.02 Réanimation
Mme SCHÖBER Carmen	NRN CS	+ Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychothérapie pour Enfants et Adolescents / HC	49.04 Pédiopsychiatrie / Adolésitologie
SCHULTZ Philippe	NRN NCS	+ Pôle Tête et Cou - ENT - Service d'oto-rhino-laryngologie et de Chirurgie cervico-faciale / HP	15.01 Oto-rhino-laryngologie
SERFATY Lawrence	NRN CS	+ Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service d'Hépatogastro-entérologie et d'Assistance Nutritionnelle	12.01 Gastro-entérologie ; Hépatologie ; Addictologie (option hépatologie)
SERRA Jean	NRN NCS	+ Pôle de Médecine interne, rhumatologie, nutrition, endocrinologie, diabétologie (MIREM) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
STEPHAN Dominique	NRN CS	+ Pôle d'activité médico-chirurgicale cardiaque-vasculaire - Service des Maladies vasculaires HTA-Pharmacologie Clinique/MEC	11.04 Option ; Médecine vasculaire
Mme THACHANTY Christine	NRN CS	+ Pôle Tête et Cou - ENT - Service de Neurologie / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie
VELLON Francis	NRN CS	+ Pôle d'Imagerie - Service d'Imagerie 1 – Imagerie vasculaire, ORL et mammaire / HP	43.02 Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
VELTEN Michel	NRN NCS	+ Pôle de Santé publique et Santé au travail - Département de Santé Publique / Secteur 3 – Epidémiologie et Economie de la Santé / Hôpital Civil + Laboratoire d'Epidémiologie et de Santé publique / HC / Faculté	46.03 Epidémiologie, Economie de la santé et prévention (option biologie)
VETTER Denis	NRN NCS	+ Pôle de Médecine interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MIREM) - Service de Médecine interne, diabète et Maladies métaboliques/HC	12.01 Option ; Gastro-entérologie
VIALHET Pierre	NRN CS	+ Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie d'Urgences, de liaison et de psychotraumatologie / Hôpital Civil	49.03 Psychiatrie d'adultes
VIVILLE Stéphane	NRN NCS	+ Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Pathologies tropicales (ParuM)	14.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologie)
VOGL Thomas	NRN CS	+ Pôle de Gériatrie - Service de soins de suite et réadaptation gériatrique/hôpital de la Roberbau	11.01 Option ; Gériatrie et biologie du vieillissement
WEBER Jean-Christophe Pierre	NRN CS	+ Pôle de spécialités médicales – Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine interne / Nouvel hôpital Civil	13.01 Option ; Médecine interne
WOLF Philippe	NRN NCS	+ Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et de Transplantations multigames / HP - Coordinateur des activités de prélèvements et transplantations des HU	13.03 Chirurgie générale
Mme WOLFF Valérie	NRN CS	+ Pôle Tête et Cou - Unité Neurovasculaire / Hôpital de Hautepierre	49.01 Neurologie

HC : Hôpital Civil - HP : Hôpital de Hautepierre - NHC : Nouvel Hôpital Civil - PTM : Plateau technique de microbiologie

\* : CS (Chef de service) ou NCS (Non chef de service hospitalier) - Csp : chef de service par intérim - Csp : chef de service provisoire (sur ar)

CU : Chef d'unité fonctionnelle

PR : Pôle PR (Responsable de Pôle) ou NRN (Non responsable de Pôle)

Cons. : Consultant hospitalier (poursuite des fonctions hospitalières sans chef de service)

Dir. : Directeur

#### A4 – PROFESSEUR ASSOCIÉ DES UNIVERSITÉS

NDM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
CAVEL Laurent	NRN CS	+ Pôle Spécialités médicales – Ophtalmologie / SMO - Service de Soins palliatifs / NHC	46.05 Médecine palliative
HABERSETZER François	CS	+ Pôle Hépatogastro-entérologie - Service de Gastro-entérologie – NHC	12.02 Gastro-entérologie
SAMAT Eric	CS	+ Pôle Tête et Cou - Centre d'Évaluation et de Traitement de la Douleur / HP	49.04 Thérapeutique, Médecine de la douleur, Addictologie

**B1 - MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS – PRATICIENS HOSPITALIERS (MCU-PH)**

NOM et Prénoms	CS*	Services hospitaliers ou institut / Localisation	Sous-section du Conseil National des Universités
AGIN Arnaud		• Pôle d'imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICARS	43.01 Biophysique et Médecine nucléaire
Mme AUME-DRECH Estelle		• Pôle de Pharmacologie - Unité de Pharmacologie Clinique / Faculté de Médecine	49.03 Pharmacologie fondamentale ; pharmacologie clinique ; microbiologie Option : pharmacologie fondamentale
BEROTMARE Ilies		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Néphrologie-Transplantation / NHC	52.03 Néphrologie
Mme BARRALANA Valérie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic Génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
BLONDET Cyria		• Pôle d'imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICARS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire (option clinique)
BOUSSIES Olivier		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / IIR	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
BOWEN Pierre		• Pôle de Biologie - Institut de Bactériologie / Faculté de Médecine	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène Hospitalière Option bactériologie-Virologie biologique
Mme BRU Valérie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale/PTM HUS - Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme BUND Carolee		• Pôle d'imagerie - Service de médecine nucléaire et Imagerie moléculaire / ICARS	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
CARANTO Raphaël		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie
CAZZATO Roberto		• Pôle d'imagerie - Service d'Imagerie à Interventionnelle / NHC	43.03 Radiologie et Imagerie médicale (option clinique)
Mme CEBULA Hélène		• Pôle Tête-Cou - Service de Neurochirurgie / IIR	49.02 Neurochirurgie
CERAIURE Jocelyn		• Pôle de Biologie - Département de Biologie structurale, Intégrative / ISBMC	47.02 Cancérologie ; radiobiologie (option biologique)
CHEVIER Thomas		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'Immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
CHOUQUET Philippe		• Pôle d'imagerie - URGEST - Imagerie Endocrinique / IIR	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
CLÉRE-JOHL Raphaël		• Pôle Urgences - Hépatites médicales / Centre antipneum - Service de Reanimation médicale / Hôpital de Hesperienne	48.02 Réanimation
Mme COBOSARU Elena Mihaela		• Pôle d'activité médico-chirurgicale cardio-vasculaire - Service des Maladies vasculaires HTA-Pharmacologie Clinique / NHC	51.04 Option : Médecine vasculaire
DALI-YOUCER Ahmed NAJIB		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
DANON François		• Pôle de Spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service des Maladies Infectieuses et Tropicales / NHC	45.03 Option : Maladies Infectieuses
DELHOMME Jean-Baptiste		• Pôle des Pathologies digestives, hépatiques et de la transplantation - Service de Chirurgie générale et Digestive / HP	53.02 Chirurgie générale
DEVYS Olivier		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme DIBELACHER Véra		• Pôle Tête et Cou - CDT - Service de Neurologie / Hôpital de Hesperienne	49.01 Neurologie
COLLE Pascal		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / NHC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme EMACHE Inna		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / ISBMC	44.02 Physiologie
Mme FAHROUGA-JACMON Audrey		• Pôle de Biologie - Service de Médecine Légale, Consultation d'Urgences médico-judiciaires et Laboratoire de Toxicologie / Faculté de Médecine - Institut de Médecine Légale / Faculté de Médecine	46.03 Médecine Légale et droit de la santé
FELTEN Renaud		• Pôle Tête et Cou - CDT - Centre d'Investigation Clinique (CIC) - A05 / Hôpital de Hesperienne	48.04 Thérapeutique, Médecine de la douleur, Adjuvantologie
FELSETTI Denis	CS	• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS et Faculté	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
FOUCHER Jack		• Institut de Physiologie / Faculté de Médecine • Pôle de Psychiatrie et de santé mentale - Service de Psychiatrie / Hôpital Civil	44.02 Physiologie (option clinique)
GANTNER Pierre		• Pôle de Biologie - Laboratoire (Institut) de Virologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène Hospitalière Option Bactériologie-Virologie biologique
GARNIER Margherita		• Pôle de Pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations fonctionnelles / NHC	44.02 Physiologie (option biologique)
SIEG Vincent		• Pôle de spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO - Service de Médecine interne et d'immunologie Clinique / NHC	47.03 Immunologie (option clinique)
GRILLON Amélie		• Pôle de Biologie - Institut Laboratoire de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie-virologie (biologique)

NOM et Prénom	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / localisation	Jeux-section du Conseil National des Universités
GUERIN Eric		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire (option biologique)
GUYOTY Aurélien		• Pôle de spécialités médicales - Ophtalmologie / SNC - Service de Médecine interne et d'immunologie clinique / HNC	47.03 Immunologie (option clinique)
Mme HARSAN-KASTEL Laura		• Pôle d'imagerie - Service de Médecine nucléaire et Imagerie Moléculaire / ICARE	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
HUBBLE Fabrice		• Pôle d'imagerie - Service de médecine nucléaire et imagerie moléculaire / ICARE - Service de Biophysique et de Médecine nucléaire / HNC	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
KACTER Philippe		• Pôle de Biologie - Département génomique fonctionnelle et cancer / ISMNC	47.04 Génétique (option Biologique)
Mme KEMMEL Véronique		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
KOCH Guillaume		- Institut d'Anatomie Normale / Faculté de Médecine	42.01 Anatomie (Option Clinique)
Mme KRAOZY-RACH Agnès		• Pôle de Médecine Physique et de Réadaptation - Institut Universitaire de Réadaptation / CIRMENCOU	49.05 Médecine Physique et Réadaptation
Mme LAMOUR Valérie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
Mme LANNES Béatrice		• Institut d'Histologie / Faculté de Médecine • Pôle de Biologie - Service de Pathologie / hôpital de Hautepierre	42.02 Histologie, embryologie et cytogénétique (option biologique)
LAVALM Thomas		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et de Biologie moléculaire / HP	44.03 Biologie cellulaire
LECONTE Lisa		• Pôle de gynécologie-obstétrique - Service de gynécologie-obstétrique / Hôpital de Hautepierre	54.03 gynécologie-obstétrique ; gynécologie médicale option : gynécologie-obstétrique
LENGRAND Cécile		• Pôle de Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et Dermatologie - Service de Dermatologie / Hôpital Civil	10.03 Dermato-vénérologie
SHERMITTE Benoit		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et cytologie pathologiques
LUTZ Jean-Christophe		• Pôle de Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique, Chirurgie maxillo-faciale, Morphologie et dermatologie - Service de Chirurgie Plastique et Maxillo-faciale / Hôpital Civil	53.03 Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie
MIGUET Laurent		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'hématologie biologique / Hôpital de Hautepierre et HNC	44.02 Biologie cellulaire (type mixte : biologique)
Mme MOUTOU Céline Et. GUINHERS	CS	• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic préimplantatoire / CMCO SCHNIGBEIM	54.06 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
MULLER Jean		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique (option biologique)
Mme NICOLAE Irina		• Pôle de Biologie - Service de Pathologie / Hôpital de Hautepierre	42.03 Anatomie et Cytologie pathologiques (option Clinique)
Mme NOUBRY Nathalie		• Pôle de Santé publique et Santé au travail - Service de Pathologie professionnelle et de Médecine du Travail / HC	46.02 Médecine et Santé au Travail (option clinique)
POGOREACH Erwan		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et biologie moléculaire / HNC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire
PIAFF Alexander		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale / PTM HUS	45.02 Parasitologie et mycologie
Mme PITHON Amélie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / HNC	47.04 Génétique (option biologique)
POF René		• Pôle d'imagerie - Unité de neuroradiologie interventionnelle / Hôpital de Hautepierre	43.02 Radiologie et imagerie médicale (option clinique)
Mme PORTER Louise		• Pôle de Biologie - Service de Génétique Médicale / Hôpital de Hautepierre	47.04 Génétique (type clinique)
PREVOST Gilles		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM HUS et Faculté	45.01 Option : <b>Bactériologie-virologie</b> (biologique)
Mme RADOGAVLEVIC Mirjana		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'immunologie biologique / Nouvel Hôpital Civil	47.03 Immunologie (option biologique)
Mme REIX Nathalie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / HNC - Service de Chirurgie / ICARE	43.01 Biophysique et médecine nucléaire
Mme REU Marlène		• Pôle de pathologie thoracique - Service de Physiologie et explorations fonctionnelles / HNC	44.02 Physiologie (option clinique)
BOGUE Patrick (Et. AZ)		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Biochimie et Biologie moléculaire / HNC	44.01 Biochimie et biologie moléculaire (option biologique)
Mme ROLLAND Béatrice		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'hématologie biologique / Hôpital de Hautepierre	47.01 Hématologie ; transfusion (type mixte : hématologie)
Mme RUPPERT Elisabeth		• Pôle Tête et Cou - Service de Neurologie - Unité de pathologie du Sarniad / HC	49.01 Neurologie
Mme SAROU Aline		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Parasitologie et de Mycologie médicale/PTM HUS - Institut de Parasitologie / Faculté de Médecine	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme SCHEIDTNER Sophie		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Diagnostic génétique / Nouvel Hôpital Civil	47.04 Génétique

NOM et Prénoms	CS*	Services Hospitaliers ou Institut / Localisation	Jeux-section du Conseil National des Universités
SCHRAMM Frédéric		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM MUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie-virologie (biologique)
Mme SCLIS Margane		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital de Hautepierre	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière Option : Bactériologie-Virologie
Mme SORDET Christèle		• Pôle de Médecine interne, Rhumatologie, Nutrition, Endocrinologie, Diabétologie (MMEIM) - Service de Rhumatologie / Hôpital de Hautepierre	50.01 Rhumatologie
Mme TALADRAND-REBOULEVILLE		• Pôle de Biologie - Institut (Laboratoire) de Bactériologie / PTM MUS et Faculté	45.01 Option : Bactériologie-virologie (biologique)
TAAM Barry		• Pôle de pathologie thoracique - Service de Physiologie et Explorations Fonctionnelles / HEC	44.02 Physiologie (option clinique)
Mme TALON Isabelle		• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie - Service de Chirurgie Pédiatrique / Hôpital de Hautepierre	54.02 Chirurgie infantile
TELETIN Mortuc		• Pôle de Biologie - Service de Biologie de la Reproduction / DMCO Schirrigheim	54.05 Biologie et médecine du développement et de la reproduction (option biologique)
VALLAT Laurent		• Pôle de Biologie - Laboratoire d'immunologie Biologique - Hôpital de Hautepierre	47.01 Hématologie ; Transfusion Option hématologie Biologique
Mme VELAY-BUCH Aurore		• Pôle de Biologie - Laboratoire de Virologie / Hôpital Civil	45.01 Bactériologie-Virologie ; Hygiène hospitalière Option Bactériologie-Virologie (biologique)
Mme VESLARD DÈRE		• Pôle de Biologie - Labo. de Parasitologie et de Mycologie Médicale / PTM MUS et FAC	45.02 Parasitologie et mycologie (option biologique)
Mme ZALUSZYC Ariane Ep. MARCANTONI		• Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie - Service de Pédiatrie / Hôpital de Hautepierre	54.01 Pédiatrie
ZOLL Jeffrey		• Pôle de pathologie thoracique - Service de Physiologie et d'Explorations Fonctionnelles / HEC	44.02 Physiologie (option clinique)

## B2 – PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS (monoappartenant)

M. BONAI Christian PC144	Laboratoire d'Épidémiologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72	Épidémiologie - Histoire des sciences et des Techniques
--------------------------	---	----	---

## B3 - MAÎTRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS (monoappartenant)

Mme CHABRAH Elma	CUBE-UAR 7317 - Équipe INS / Faculté de Médecine	86	Neurosciences
M. GILLESSEUR Jean-Philippe	CUBE-UAR 7317 - Équipe INS / Faculté de Médecine	86	Neurosciences
M. KESSEL BR	Laboratoire d'Épidémiologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72	Épidémiologie - Histoire des sciences et des Techniques
M. LAMIRE Lioris	CUBE-UAR 7317 - Équipe INS / Faculté de Médecine	86	Neurosciences
Mme MIRALET Elia	Laboratoire d'Épidémiologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72	Épidémiologie - Histoire des sciences et des Techniques
Mme SCARFONE Marianne	Laboratoire d'Épidémiologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72	Épidémiologie - Histoire des sciences et des Techniques
Mme THOMAS Marion	Laboratoire d'Épidémiologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72	Épidémiologie - Histoire des sciences et des Techniques
M. VIGNERON Frédéric	Laboratoire d'Épidémiologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72	Épidémiologie - Histoire des sciences et des Techniques
M. ZIMMOI Alexis	Laboratoire d'Épidémiologie des Sciences de la Vie et de la Santé (LESVS) Institut d'Anatomie Pathologique	72	Épidémiologie - Histoire des sciences et des Techniques

## C - ENSEIGNANTS ASSOCIÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE

### C1 - PROFESSEURS ASSOCIÉS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE (mi-temps)

M<sup>me</sup> AGL. DU MAS CORIE  
 M<sup>me</sup> AGL. GIBES /Aly-Lou  
 M<sup>me</sup> AGL. GROS-BERTHOUD Anne  
 M<sup>me</sup> AGL. GUILLOU Philippe  
 M<sup>me</sup> AGL. HED Philippe  
 M<sup>me</sup> AGL. ROUGERE Fabien

### C2 - MAITRE DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE - TITULAIRE

M<sup>me</sup> CHAMBE Juliette  
 M<sup>me</sup> LORENZO Mathieu

### C3 - MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS DES UNIVERSITÉS DE MÉDECINE GÉNÉRALE (mi-temps)

M<sup>me</sup> GIACCOPPI Chloé  
 M<sup>me</sup> GIACCOPPI Antoine  
 M<sup>me</sup> HOLLANDES David  
 M<sup>me</sup> SARDELANE Anne-Elisabeth  
 M<sup>me</sup> SCHMITT Yannick

## E - PRATICIENS HOSPITALIERS - CHEFS DE SERVICE NON UNIVERSITAIRES

Dr ASTRUC Dominique	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle médico-chirurgical de Pédiatrie</li> <li>• service de Néonatalogie pédiatrique spécialisée et de surveillance continue / HP</li> </ul>
Dr DEHARDO Martin	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle oncologie médico-chirurgicale et d'hématologie</li> <li>• service d'oncologie Médicale / ccm</li> </ul>
M <sup>me</sup> Dr GOURIEUX Bénédicte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle de Pharmacie-pharmacologie</li> <li>• service de Pharmacie-Stérilisation / Nouvel hôpital Civil</li> </ul>
Dr KANCHOU Natilie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle de Gériatrie</li> <li>• service de Soins de suite de Longue Durée et d'hébergement gériatrique / CHAD / Roberteau</li> </ul>
Dr LEFERVRE Nicolas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle de Spécialités Médicales - Ophtalmologie - Hygiène (SMO)</li> <li>• service des Maladies Infectieuses et Tropicales / Nouvel Hôpital Civil</li> </ul>
Dr MORAUD Sabine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle de Santé Publique et Santé au Travail</li> <li>• service de Santé Publique - SMT / hôpital civil</li> </ul>
M <sup>me</sup> Dr PETIT Flore	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle de Spécialités Médicales - Ophtalmologie - Hygiène (SMO)</li> <li>• OCSA</li> </ul>
Dr RIBELLO Olivier	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle de Gynécologie et d'Obstétrique</li> <li>• service de Gynécologie-Obstétrique / CMCO</li> </ul>
Dr REY David	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle spécialités médicales - Ophtalmologie / SMO</li> <li>• «Le trait d'union» - Centre de soins de l'infection par le VIH / Nouvel Hôpital Civil</li> </ul>
M <sup>me</sup> Dr BONDE DUSTEAU Cécile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle Lactames</li> <li>• service de Chirurgie Séptique / Hôpital de Hautepierre</li> </ul>
M <sup>me</sup> Dr GONZALEZ Catherine	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle de Gynécologie et d'Obstétrique</li> <li>• Centre Clinico Biologique d'AMI / CMCO</li> </ul>
Dr SCHWABOV Sylvain	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle Médico-Chirurgical de Pédiatrie</li> <li>• service des Urgences Médico-chirurgicales pédiatriques / Hôpital de Hautepierre</li> </ul>
M <sup>me</sup> Dr MESSIAENCE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pôle Urgences - SAMU7 - Médecine Intensive et Réanimation</li> <li>• SAMU</li> </ul>

## F1 - PROFESSEURS ÉMÉRITES

- o **de droit et à vie** (membres de l'Institut)
  - QUAMBRON Pierre (Biochimie et biologie moléculaires)
  - MANDEL Jean-Louis (Génétique et biologie moléculaire et cellulaire)
- o **pour trois ans (1er septembre 2020 ou 31 août 2021)**
  - BELLECQ Jean-Étienne (Service de Pathologie)
  - CHRISTMANN David (Maladies infectieuses et tropicales)
  - DANON Jean-Marie (Psychiatrie)
  - SILUCKER Daniel (Physique biologique)
  - KEMDF Jean-François (Chirurgie orthopédique et de la main)
  - MORFESCHMITT Jacques (Urgences médicales-chirurgicales Adultes)
  - MULLER André (Centre d'Évaluation et de Traitement de la Bouche)
  - ROOL Gérard (Cardiologie)
- o **pour trois ans (1er septembre 2022 ou 31 août 2024)**
  - BAHEW Anne (Pédiatrie, néonatalogie)
  - DEMUNICH Pierre (Anesthésiologie et Réanimation chirurgicale)
  - HEBBERICHT Pascal (Hématologie)
  - STEB Jean-Paul (Chirurgie du rectum)
- o **pour trois ans (1er septembre 2022 ou 31 août 2025)**
  - MAHA QUON Elisabeth (Pneumologie)

## F2 - PROFESSEUR des UNIVERSITÉS ASSOCIÉ (mi-temps)

M. SOUER LUC / OMA-71 / RCAF

## F3 - PROFESSEURS CONVENTIONNÉS DE L'UNIVERSITÉ

Dr CHARRON Dominique	(2019-2020)
Dr KIMTE RAALI	(2019-2020)
Dr LAND Mûrli U.	(2019-2020)
Dr MAHE Antoine	(2019-2020)
Dr MASTELL Antonia	(2019-2020)
Dr RES Jacques	(2019-2020)
Drx BONDÈRES Catherine	(2019-2020)

## G1 - PROFESSEURS HONORAIRES

AULET Michel (Chirurgie digestive) / 01.08.94	KINTZMAN Nicole (Général) / 01.08.07
BARR Serge (Orthopédie et traumatologie) / 01.08.03	KITZ René (Neurologie) / 01.09.08
BALBAUT Jean-Charles (Gynécologie obstétricale) / 01.08.43	LABÉ Gabriel (Orthopédie et traumatologie) / 01.08.88
BANKIG Pierre (Cardiologie) / 01.08.12	LANGEOT Bruno (Gynécologie) / 01.11.18
BATTISTO-CALABI Assièk (Anatomie Pathologique) / 01.10.88	LEW Jean-Marie (Pédiatrie) / 01.10.88
BALMANN René (Gastro-gastro-entérologie) / 01.08.38	LHODOPOL Jean (Physiologie) / 03.09.00
BERGERAT Jean-Pierre (Cardiologie) / 01.01.58	LIETZ Patrick (Pédiatrie) / 01.08.18
BERTHEL Marc (Général) / 01.05.38	MALLOT Claude (Anatomie normale) / 01.08.04
BERTZ Michel (Gynécologie Obstétricale) / 01.05.84	MATTE Michel (Biochimie et Biol. moléculaire) / 01.09.11
BODLE Jean-Pierre (Médecine interne) / 01.08.17	MAYEL Jean-Louis (Général) / 01.08.18
BODIN Pierre (Radiologie) / 01.10.88	MAYOLY Yvonne (Médecine légale) / 01.11.18
BODIN-BOISSIÉ André (Général) / 01.08.33	MAYZARIE Christian (Neurologie) / 01.08.18
BODINAT Pierre (Radiologie) / 01.08.03	MAYZARIE Jacques (Chirurgie digestive) / 01.08.18
BODUOCT PAUL (Pharmacologie) / 01.09.18	MAYE Jean-Jacques (Biochimie et Biologie cellulaire) / 01.08.88
BOLCHENKACHEV Claude (Général) / 01.07.95	MCCOON Jean (Général) / 01.08.07
BOUTES Jean-Philippe (Gynécologie-Obstétricale) / 01.08.38	MEYER Christian (Chirurgie générale) / 01.08.11
BRECHARD Guy (Pharmacologie) / 01.10.84	MEYER Pierre (Biochimie, Biochimie moléculaire) / 01.09.10
BREITENBACH Claude (Pédiatrie) / 01.09.18	MONTES Hervé (Biochimie) / 01.09.11
CANTINAU Alain (Médecine et Santé au travail) / 01.08.18	MOSIARD Jean-Marie (Cardiologie) / 01.08.18
CAURWAË Jean-Pierre (Névrologie) / 01.08.13	MURIEL André (Gynécologie-Obstétricale) / 01.08.18
CASARIY Nazima (Dermatologie) / 01.10.88	OGDET Pierre (Biologie cellulaire) / 01.08.11
CHAVIGNY Michel (Cardiologie) / 01.08.38	PASSOU Jean-Louis (Gynécologie-Obstétricale) / 01.08.18
CHÉRY Jean-Marie (Général) / 01.08.18	PATRE Michel (Psychiatrie) / 01.08.11
CHOUAUME Jacques (Chirurgie générale) / 01.08.12	PERE DALLI Gabriel (Oncologie) / 01.08.11
CHAVET Jean-Marie (Chirurgie infantile) / 01.08.18	PIREY Michel (Biochimie) / 01.09.18
CHLIMM-BOUCHY (Neurologie) / 01.09.00	POITTEVIN Thierry (Anesthésie-Réanimation) / 01.08.18
CHRYSTALSKI André (Biochimie et Médecine nucléaire) / 01.08.11	REY Philippe (Chirurgie générale) / 01.08.88
CHYMANNE Jean-Louis (Général) / 01.08.17	RITTE Jean (Gynécologie-Obstétricale) / 01.09.07
COFFIN Michel (Gastro-entérologie) / 01.08.17	ROUSSEL Yves (Biol. Développement) / 01.08.18
COUDON Bernard (Hépatologie-Neurologie) / 01.08.18	SAMBER Guy (Physiologie) / 01.08.18
COUSIN Patrick (Dermatologie) / 01.08.18	SARLÉY Philippe (Recherche fondamentale) / 01.08.20
COUVYON Jean-Pierre (Anesthésie-Réanimation) / 01.08.11	SCHWAB Paul (Chirurgie infantile) / 01.08.18
COUMANN Bernard (Chirurgie cardio-vasculaire) / 01.08.18	SCHLAEGER Guy (Gynécologie-Obstétricale) / 01.09.01
CRABÉ Michel (Gynécologie et obstétricale) / 01.08.18	SCHWABER Jean-Louis (Médecine interne) / 01.08.11
CRIBIEN Michel (Pédiatrie) / 01.08.18	SCHWABER Simon (Pédiatrie) / 01.08.18
CRIVELLO Jacques (Pédiatrie) / 01.08.18	SOCK Jean (Anatomie normale) / 01.08.88
DAVIGNY Gérard (Gastro-gastro-entérologie) / 01.08.13	STAM Avishai (Anesthésie) / 01.08.18
DAU Jean-Pierre (Chirurgie) / 01.08.18	THOMAS Jean-Luc (Général) / 01.08.18
DAVID Jean-Michel (Recherche fondamentale) / 01.08.18	THUL Claude (Général) / 01.08.88
DAUMANN Georges (Névrologie-Obstétricale) / 01.08.18	THUL-HEISS Françoise (Chirurgie) / 01.08.18
DEB Irène (Chirurgie) / 01.08.18	THURCK Daniel (Médecine interne) / 01.08.11
DELE Marc (Médecine interne) / 01.08.18	THOMAS Jean-Denis (Neurologie fondamentale) / 01.08.88
DELMAN-RODIER (Neurologie) / 01.08.17	THOMAS Jean (Radiologie) / 01.08.18
DEUX Daniel (Chirurgie générale) / 01.08.18	VAUTHIER Philippe (Médecine physique et réadaptation) / 01.08.18
DEYS Michel (Médecine physique et réadaptation) / 01.08.18	VETTON Jean-Marie (Anatomie pathologique) / 01.08.18
DEYR Jean-Luc (Anatomie) / 01.08.18	WALTER Paul (Anatomie pathologique) / 01.08.18
DEYR Pierre (Chirurgie orthopédique) / 01.08.18	WELM Jean-Marie (Chirurgie thoracique) / 01.08.18
DEYR Michel / 01.08.18	WELM André (Chirurgie maxillo-faciale) / 01.08.18
DEYR Jean-Georges (Chirurgie vasculaire) / 01.08.18	WILLARD Daniel (Pédiatrie) / 01.08.18
DEYR Jean (Neurologie) / 01.08.17	WOLFFMAN-GARBI Renée (Anatomie) / 01.08.18
DEYR Jean-Louis (Névrologie) / 01.08.18	

## Légende des adresses :

BAF : Faculté de Médecine - 4, rue Sforzinger - F - 67083 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.81.11.00 - Fax : 03.88.81.11.00

HOPITALS UNIVERSITAIRES DE STRASBOURG (HUS) :

- HC - Hôpital Clémence, place de l'Hôpital - BP 430 - F - 67083 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.81.11.00

- HC - Hôpital Clémence, Place de l'Hôpital - B.P. 434 - F - 67081 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.81.11.00

- HP - Hôpital de Necker (Général) - Avenue Molière - B.P. 69 - F - 67086 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.81.11.00

- Hôpital de La Maladière (Général) - rue Maladière - F - 67070 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.81.11.00

- Hôpital de l'Enfer - 23, rue Cranach - 67200 Strasbourg - Tél : 03.88.81.11.00

IRMS - Institut de Cardiologie Strasbourg - 17 rue Albert Carrel - 67100 Strasbourg - Tél : 03.88.81.11.00

IMED - Centre Médico-Chirurgical et Obstétrical - 15, rue Louis Pasteur - BP 326 - 67083 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.81.11.00

S.C.D.M. - Centre de Chirurgie Orthopédique et de la Main - 10, avenue Rouvray - B.P. 98 - F - 67400 Rixheim (Strasbourg Cedex) - Tél : 03.88.81.11.00

S.F.S. - Etablissement Français du Sang - Alcazar - 10, rue Spélimann - BP 114 - 67044 Strasbourg Cedex - Tél : 03.88.21.21.21

SBC - Institut Universitaire de Biostatistique (Terminaux) - Cité de Strasbourg et HECAM (Dém. pour le Service des Etudiants) des Collèges d'Université (Maladière) -

41 Boulevard Desaix - 67082 Strasbourg Cedex

**RESPONSABLE DE LA BIBLIOTHÈQUE DE MÉDECINE ET ODONTOLOGIE ET DU DÉPARTEMENT SCIENCES, TECHNIQUES ET SANTÉ  
DU SERVICE COMMUN DE DOCUMENTATION DE L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG**

Monsieur Olivier DIVE, Conservateur

**LA FACULTÉ A ARRÊTÉ QUE LES OPINIONS ÉMISES DANS LES DISSERTATIONS QUI LUI SONT PRÉSENTÉES  
DOIVENT ÊTRE CONSIDÉRÉES COMME PROPRES À LEURS AUTEURS ET QU'ELLE N'ENTEND NI LES APPROUVER, NI LES IMPROUVER**

## Serment d'Hippocrate

« Au moment d'être admis 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 dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu 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 et méprisé si j'y manque ».

## Remerciements

A Madame la Professeure ROY,

Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse. Je vous remercie pour votre expertise et vous fait part de mon plus profond respect pour vos qualités de leadership par l'exemple de gestion de ce service.

A Monsieur le Professeur OHANA,

Je vous remercie de m'avoir confié ce sujet. Votre bienveillance, votre disponibilité, votre expertise en imagerie thoracique et cardiovasculaire et votre dévouement à l'enseignement sont une vraie richesse pour mon parcours d'interne.

A Monsieur le Docteur LABANI,

Tu m'as fait l'honneur d'accepter de siéger dans ce jury. Ta gentillesse, ta disponibilité, tes connaissances qui me semblent infinies et tes qualités pédagogiques sont de vrais exemples pour moi. C'est un plaisir d'avoir pu travailler à tes cotés.

A Monsieur le Docteur SCHWARTZ,

Tu me fais l'honneur de siéger dans ce jury. Hier cointerne et aujourd'hui chef, je suis heureux de te compter parmi mes amis. Tu es la preuve que l'on peut faire preuve d'une grande intelligence tout en ne se prenant pas au sérieux, j'espère pouvoir marcher dans tes pas.

A l'ensemble de mes seniors de radiologie, merci de m'avoir transmis votre passion et vos connaissances pour notre belle spécialité. Une mention spéciale au Docteur FAUCHER qui, je crois, m'aura bien formaté selon son moule, merci infiniment.

A mes cointernes, qui m'ont accompagné jusqu'ici, j'ai noué avec vous de profondes relations d'amitiés : JC (à nos cafés empoisonnés à Haguenau et nos soirées reposantes), Chamzer (le dessous de table de l'établi se souviendra longtemps de cette soirée), Ylias (donc toi tu penses ?), Zophie (tu fais ce que t'as à faire ma grande), Thomas (le meilleur d'entre nous), Ilies (BOOOOONJOUR), Un certain V.ROTH (meilleur imitateur du Bas Rhin), Kozritter (ou Sebele), Wacki (un peu trop à gauche peut être), Machin, BTP, Bernard, Le GNAUB, Lionel Messie et son pot d'échappement, Braaandhuber, Yasmine Kelkaloule, le Dotracqui, Baptiste le briseur de glaçon, et tous les autres... j'espère vous trouver encore d'autres surnoms pour ces dernières années d'internat, merci de m'avoir accueilli dans votre belle région ensoleillée.

A toute ma famille, mes parents et mes sœurs adorés, à Thibaut et Alex, à Zouzou et Agathe chéries, mes grands-parents qui ne peuvent pas être là aujourd'hui, aux Trela et aux Baduel. Même si vous n'avez jamais compris ce que je fais, vous m'avez toujours soutenu et accompagné avec amour. Merci de m'avoir mis dans les meilleures conditions pour que je réussisse sans jamais rien demander en retour. Je vous aime.

A mes copains Toulousains d'externat, avant de vous rencontrer je formais une meute de un loup. A la Racle, mon duo maléfique, ne pas pouvoir arpenter avec toi l'hôpital en hurlant pendant l'internat est un vrai crève-cœur. A mon Berchourson menuisier, il me tarde de te retrouver bientôt à l'inside pour la prochaine Une de Taxing magazine. A Tibo citron bagarre, la vie nous a éloigné mais on va vite se retrouver MON POSTE. A Dianus, grosse folle que tié, parce que s'insulter c'est ça la vraie amitié. RAFADAMVEULEBLAN, ton énergie, ta bêtise et nos aprèm rugby me manquent. A mon Gilou, sans toi rien n'est possible, j'espère que la cueillette des champignons ne va pas te détourner de ton rôle de père de famille de notre groupe. A Chachou, continue de bouffer la vie avant qu'elle te bouffe ma grande, mais le moment venu il te faudra adopter un racoon et prendre soin de lui. A Hermasse double XL, ta transformation physique est un modèle d'abnégation, bravo. A Soso, tu es complètement

cramée et j'adore ça, promis je ramasserai les miettes la prochaine fois. A Laulou, puisse ta lanterne éclairer le chemin obscur des mines que tu explores. A MK, la resta de la meute, reste très Gucci comme tu es. A la Cuics, radiologue et Tournefeuillaise, nous formons l'élite de l'élite. A Carlos, j'espère que tes skills de pilote ont pu se développer grâce à moi.

Aux copains de Tournefeuille, le sang. Marc mon plus vieux copain, j'espère un jour avoir des cuisses aussi sublimes, tu es vitesse, on se revoit bientôt dans ta nouvelle terre d'accueil. A Lulu, on est arrivé quelques années trop tôt dans le Youtube Game, on aurait dû être des stars et être invités au mariage de François. Deeeeeeck, j'espère que tu arriveras toujours à nous réunir dans la maison de Valoche, continue d'avoir un style impeccable, tu es parfait Ryan. Artiche, je sais que tu m'aimes, mais que t'as envie de me bagarrer, mais que tu m'aimes, mais que t'as envie de me bagarrer, mais.... Mat the White, on sait tous que ce rôle dans casino royal et dans les gardiens de la Galaxy était pour toi, tu nous manque mon vieux, god bless you and god bless our troupes. Mathieu Python Aboubakar, ton boule est la 8eme merveille du monde, bravo pour cette belle génétique.

A Matisse et Kais, BATTEZ VOUS. A Geoffrey, la plus belle paire de mollet du Sud-Ouest. Vivement qu'on se retrouve à 50 piges à Arts & Vie.

Derien à mes colocs SHALLY, Paul et Philippe de vous faire l'honneur de vous faire partager ma vie. JVBZ.

# TABLE DES MATIERES

<i>LISTE DES ILLUSTRATIONS.....</i>	<i>19</i>
<i>ABREVIATIONS.....</i>	<i>20</i>
<i>INTRODUCTION.....</i>	<i>21</i>
II - Utilisation du mapping en imagerie cardiaque.....	21
III - Utilisation en dehors de l'imagerie cardiaque .....	22
IV - Contexte .....	23
V - Objectifs :.....	24
<i>MATERIEL ET METHODE : .....</i>	<i>25</i>
I – Population étudiée .....	25
II – Recueil de données.....	25
III – Séquences T1 et T2 mapping .....	25
IV – Analyse des images.....	27
VI – Analyse statistique .....	27
<i>RESULTATS.....</i>	<i>29</i>
I – Population.....	29
II – Analyse des groupes .....	30
<i>DISCUSSION .....</i>	<i>38</i>
<i>CONCLUSION .....</i>	<i>44</i>

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

### Figures

Figure 1 : positionnement des ROI dans le cortex rénal, à droite séquence de T1 mapping et à gauche de T2 mapping .....	27
Figure 2 : Flow chart illustrant le recrutement des patients .....	29
Figure 3 : Histogramme de la répartition des moyennes du T2 .....	30
Figure 4 : Histogramme de la répartition des moyennes du T1 .....	30
Figure 5 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 cortical rénal selon les pôles .....	31
Figure 6 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 cortical rénal selon les pôles .....	31
Figure 8 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 selon la latéralité .....	32
Figure 7 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 selon la latéralité .....	32
Figure 9 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 selon le sexe .....	33
Figure 10 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 selon le sexe .....	33
Figure 11 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 selon le DFG .....	34
Figure 12 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 selon le DFG .....	34
Figure 14 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 selon l'âge .....	35
Figure 13 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 selon l'âge .....	35

### Tableaux

Tableau 1 : Analyse quantitative du T1 mapping à 3 Teslas chez des patients indemnes d'insuffisance rénale .....	36
Tableau 2 : Analyse quantitative du T2 mapping à 3 Teslas chez des patients indemnes d'insuffisance rénale .....	37

## ABREVIATIONS

<b>IRM</b>	Imagerie par résonance magnétique
<b>ROI</b>	Region Of Interest
<b>DFG</b>	Débit de filtration glomérulaire
<b>MOLLI</b>	Modified Look locker
<b>FOV</b>	Field of view
<b>TR</b>	Temps de répétition
<b>TE</b>	Temps d'écho
<b>TI</b>	Temps d'inversion

# INTRODUCTION

## I - Principe du mapping

Le mapping est une technique d'imagerie par résonance magnétique (IRM) permettant la caractérisation tissulaire à partir de la mesure exacte de certains paramètres de relativité IRM (1). A partir du calcul du temps de relaxation T1 (2) ou T2 (se traduisant par une valeur en millisecondes) de chaque voxel, il est produit une cartographie, soit une représentation géographique en échelle de gris ou de couleurs, où l'intensité de chaque voxel correspond à un temps de relaxation. En plaçant manuellement un ROI (Region Of Interest) sur la région anatomique d'intérêt on obtient une moyenne du temps de relaxation de l'ensemble des voxels présents dans la surface choisie.

Ce temps de relaxation est dicté par l'environnement moléculaire des molécules d'eau qui composent le tissu, et constitue une sorte de signature « magnétique » de ce dernier. Ainsi le temps de relaxation d'un tissu sera affecté en cas de situation pathologique. Par exemple le T1 cardiaque sera pathologiquement augmenté en cas de fibrose myocardique (3) (4). Cette technique a de plus l'avantage de permettre la détection de l'altération tissulaire sans l'utilisation de produit de contraste à base de gadolinium (mesure du T1 et T2 natifs) et donc de limiter leurs effets indésirables potentiels, tels que la Fibrose systémique néphrogénique (5) (6), bien que devenue rare avec les derniers produits de contraste développés, ou les dépôts de gadolinium dans les noyaux gris cérébraux (7).

## II - Utilisation du mapping en imagerie cardiaque

Les séquences de mapping ont avant tout montré leur utilité en pathologie cardiaque. Ainsi le temps de relaxation en T1 présente des variations pathologiques en cas de fibrose, d'œdème du

myocarde (8) (9), et dans les pathologies infiltratives comme l'amylose (10) (11) ou la maladie d'Anderson Fabry (12) .

Le T1 et le T2 mapping sont des outils complémentaires aux séquences classiques dans la détection de la myocardite aigue (13) (14), dans la différenciation entre myocardite aigue et chronique (15), ou dans les cardiomyopathies dilatées et hypertrophiques (16).

Les valeurs du T2\* mapping présentent une bonne corrélation avec la concentration en fer du tissu myocardique et permet sa quantification (17) dans les contextes d'hémochromatose.

### III - Utilisation en dehors de l'imagerie cardiaque

#### 1) Foie

Plus récemment, un lien a été établi entre les variations du temps de relaxation en T1 et le degré de fibrose hépatique (18) (19) (20), la stéatose (21), la fonction hépatique (1) ou le score de Child-Pugh dans la cirrhose (22).

Des études ont également validé histologiquement la capacité du T2\* à quantifier le contenu hépatique en fer (23).

#### 2) Rein

Des études récentes ont montré que les valeurs de temps de relaxation du tissu rénal pouvaient être utilisées pour différencier divers états pathologiques. Les premières ont concerné des modèles animaux, pour la caractérisation d'atteintes néphrologiques aiguës ou chroniques (24) (25) (26) (27).

D'autres ont montré une corrélation chez les transplantés rénaux entre les valeurs du T1 mapping et la fibrose rénale (28) (29) ou l'altération aigue du débit de filtration glomérulaire (DFG) (30).

Sur des reins natifs, il a été montré des variations du T1 mapping en cas de néphropathies chroniques (31) (32) ou plus spécifiquement dans la néphropathie diabétique (33), dans la néphropathie à IgA avec une corrélation avec la fibrose tissulaire, le DFG et la protéinurie (34), dans les glomérulonéphrites chroniques (35), ou encore dans l'atteinte rénale de l'hépatite B chronique (36).

Le T2 mapping rénal a quant à lui été assez peu étudié, uniquement sur modèle murin, où le temps de relaxation apparaissait augmenté après transplantation (37), ou dans la polykystose rénale en lien avec les modifications histologiques (38) (39). L'évaluation de l'œdème ou de la progression des pathologies kystiques reste encore à prouver chez l'humain.

#### IV - Contexte

L'incidence montante des maladies rénales chroniques apparaît comme un problème de santé publique majeur (40). Les anomalies structurelles liées à la progression des maladies rénales nécessitent une caractérisation pour optimiser leur traitement, leur suivi et leur pronostic (41). La biopsie rénale est le gold standard dans l'analyse tissulaire du parenchyme rénal, mais présente un risque de complication hémorragique non négligeable limitant sa répétition (42) (43), de plus elle peut ne pas être contributive du fait de la faible taille de l'échantillon (44) et elle est soumise à l'interprétation de l'anatomopathologiste (45) (46), limitant ainsi le rapport bénéfice/risque global dans certaines pathologies.

Il existe donc un besoin de caractérisation tissulaire non invasive. Les séquences de T1 et T2 pourraient représenter en partie cet outil non invasif de diagnostic et de suivi des pathologies rénales, en complément des marqueurs biologiques, non altérés précocement (47), et histologiques.

Les séquences de mapping ont ainsi montré leur utilité en pratique clinique dans la caractérisation de maladies cardiaques et sont corrélées à des anomalies tissulaires comme la

fibrose, l'œdème ou les maladies infiltratives. Ainsi au vu des similitudes entre les tissus (48), des patterns similaires peuvent être attendus en imagerie sur d'autres organes.

Dans la pathologie rénale, le mapping présente une stratégie prometteuse non invasive dans la caractérisation d'état pathologique (49), notamment en montrant une corrélation entre temps de relaxation du T1 et degré de fibrose rénale (35).

Le passage de ces techniques d'un outil de recherche à une modalité applicable en pratique courante nécessite une standardisation et une harmonisation pour améliorer leur reproductibilité, or il n'existe à ce jour pas d'études ayant spécifiquement porté sur les valeurs normales des temps de relaxations du T1 et du T2, les études réalisées jusqu'ici incluant un faible nombre de patients sains et un design non dédié à cet objectif.

De plus la plupart de ces études ont été réalisées avec un champ de 1,5 Tesla et ne portait que sur la mesure du T1.

## V - Objectifs :

L'objectif primaire de ce travail est d'établir des valeurs normatives du temps de relaxation cortical rénal T1 et T2 sur une IRM 3 Teslas.

Les objectifs secondaires de l'étude sont d'analyser la reproductibilité des mesures des valeurs de relaxométrie et d'analyser d'éventuelles variations de ces normes en fonction de critères simples, démographiques (l'âge et le sexe) et biologiques (la fonction rénale à travers le débit de filtration glomérulaire).

## **MATERIEL ET METHODE :**

### I – Population étudiée

Cette étude monocentrique observationnelle a été réalisée dans le service de radiologie du Nouvel Hôpital Civil de Strasbourg entre le 24 mai 2022 et le 8 février 2023.

Les critères d'inclusion étaient tout patient majeur ( $\geq 18$  ans) hospitalisé ou externe réalisant une IRM abdominale (hépatique, splénique, pancréatique, bili-IRM, rénale, entéro-IRM, surrénalienne ou pour recherche d'endométriose) et ayant une fonction rénale normale (Débit de filtration glomérulaire (DFG)  $\geq 60$  ml/min/1,73m<sup>2</sup>).

Les critères d'exclusion étaient les patients mineurs (<18 ans), les patients incapables de maintenir une apnée suffisante et/ou agités.

### II – Recueil de données

Les données cliniques et paracliniques ont été recueillies à partir des demandes d'examen d'imagerie et des résultats biologiques réalisés dans le laboratoire de l'hôpital ou en ville. Les données comprenaient : l'âge, le sexe et la créatinémie avec calcul du débit de filtration glomérulaire selon la méthode de CKD-EPI (50,51).

### III – Séquences T1 et T2 mapping

Tous les patients ont bénéficié d'une IRM réalisée sur une machine Ingenia PHILIPS 3 Teslas. Les séquences de T1 et T2 mapping ont été réalisées avant éventuelle injection de gadolinium, sur une seule coupe coronale passant par le grand axe vertical des deux reins, avec synchronisation avec le rythme cardiaque via oxymétrie de pouls et en une seule apnée pour limiter les artéfacts respiratoires.

La séquence T1 mapping est une séquence d'inversion récupération suivant un schéma Modified Look locker (MOLLI) (2) (52) (53) selon une base d'acquisition b-TFE. La séquence est synchronisée sur la fin de la diastole permettant d'obtenir des images en single shot à différents temps d'inversion (TI) toujours au même moment du cycle cardiaque. La séquence suit un schéma 5(3)3 sur un total de 8 pulsations cardiaques : après une première bascule de 180° un premier bloc de 5 inversions pour 5 images est réalisé puis après une pause de 3 secondes, 3 nouvelles inversions sont réalisées permettant d'obtenir 3 nouvelles images. La durée d'acquisition totale est de 11 secondes en apnée et permet d'obtenir 8 images. Les paramètres de l'image sont : field of view (FOV) 300x300 mm, épaisseur de coupe de 10 mm, voxels de 1,97x1,99x10 mm, matrice 152x150 pixels, angle de bascule de 20°, SENSE factor de 2, temps de répétition (TR) 1,99 ms, temps d'écho (TE) 0,90 ms et un délai de déclenchement (trigger delay) réglé sur la fin de la diastole.

Le T2 mapping est obtenu selon une séquence multiecho Gradient-spin-echo (GRASE) (54) avec un TR centré sur la détection de la fin de la diastole. 9 échos sont réalisés utilisant un TE de 8,9 à 80 ms. La durée d'acquisition totale est de 18 secondes en une seule apnée, permettant d'obtenir 11 images. Les paramètres de l'image sont : FOV de 300x300 mm, épaisseur de coupe de 10 mm, voxels de 1,97x2,03x10 mm, matrice 152x148 pixels, angle de bascule de 90° et un SENSE factor de 2.

Les cartographies T1 et T2 ont été automatiquement produites par le logiciel intégré à l'IRM et transférées sur le PACS.

## IV – Analyse des images

Les images ont été analysées sur une station PACS (Centricity Radiology, GE Healthcare) par un observateur unique (HR, avec 4 ans d'expérience en IRM). Sur une coupe unique passant par le grand axe des deux reins, une ROI d'au moins  $0,10 \text{ cm}^2$  a été placée manuellement sur le cortex de chaque rein en 3 points (polaire supérieur, moyen et polaire inférieur) en T1 et en T2, soit un total de 12 ROI par patient (sauf rein unique), en évitant d'inclure les zones de médullaire, la graisse périrénale ou sinusale pour limiter les effets de volume partiel ainsi que les zones artéfactées (cf. figure 1). La valeur moyenne en millisecondes et la déviation standard de chaque ROI ont été reportées sur un tableau anonymisé et il a été réalisé une moyenne de ces 3 mesures pour chaque rein.

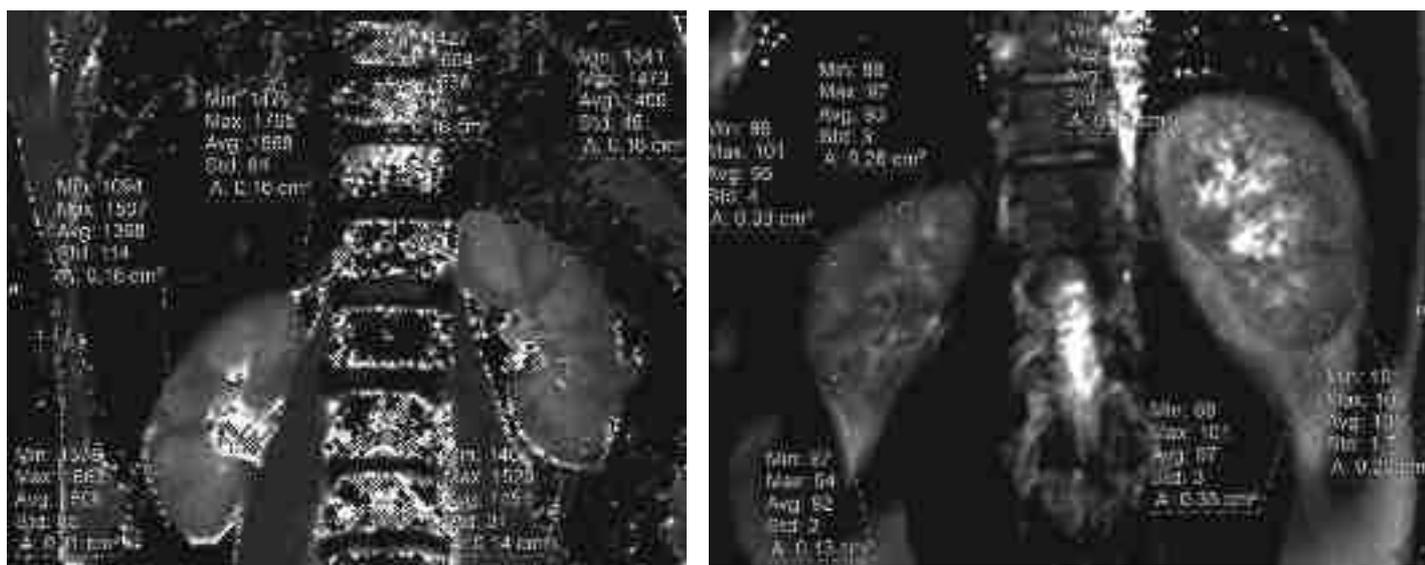


Figure 1 : positionnement des ROI dans le cortex rénal, à droite séquence de T1 mapping et à gauche de T2 mapping

## VI – Analyse statistique

Chez ces patients indemnes d'insuffisance rénale chronique, il a été calculé la moyenne des moyennes du T1 et du T2 des deux reins. Les résultats sont exprimés +/- la déviation standard en millisecondes (ms) arrondis à l'unité.

Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant les logiciels R v.4.2.2 et JAGS. Les variables quantitatives ont été décrites avec moyenne et écart-type, et représentées graphiquement par des histogrammes et des diagrammes en boîte. Les variables qualitatives ont été décrites avec des effectifs et des pourcentages et représentées par des diagrammes en barre.

Les analyses inférentielles ont été réalisées en paradigme bayésien, celui-ci s'appuie sur une définition subjectiviste de la probabilité où celle-ci représente un degré de crédibilité associé à une hypothèse. En se basant sur une connaissance a priori, on confronte les données à une fonction de vraisemblance pour aboutir à une connaissance a posteriori. Les probabilités a posteriori ont toutes été calculées sur les distributions a posteriori des coefficients, en comparant la valeur absolue de ces-derniers à différents pourcentages de la moyenne empirique observée. La probabilité est ainsi exprimée par une valeur allant de 0 à 1 et représente un degré de conviction d'écart entre deux valeurs inférieures à un seuil (1%, 2%, etc...). Une probabilité supérieure ou égale à 0,95 équivaut à un degré de croyance fort, regroupant la majorité des valeurs en deçà de ce seuil, et est retenue comme seuil décisionnel.

Les modèles ayant analysé la possibilité de rassembler les mesures par une moyenne par patient étaient des régressions linéaires mixtes incluant un effet fixe pour chaque modalité de la variable, ainsi qu'un effet aléatoire sujet. Les autres covariables ont été analysées par des régressions linéaires simples.

Il a ainsi été comparé les mesures entre les différents pôles pour étudier les variations régionales intra-rénales, ainsi que les moyennes des mesures entre les reins droit et gauche.

Les moyennes ont enfin été comparées entre différents sous-groupes selon le sexe (homme vs femme), selon le DFG divisé en 3 classes (60-79 ml/min ; 80-99 ml/min ;  $\geq 100$  ml/min) et selon l'âge également divisé en 3 classes (18 à 39 ans ; 40 à 59 ans ;  $\geq 60$  ans).

## RESULTATS

### I – Population

Au cours de la période d'étude, 131 patients consécutifs ont répondu aux critères d'inclusion. 6 patients ont été exclus : 1 car âgé de moins de 18 ans, 1 car le champ d'acquisition était en dehors des reins, 1 car atteint de polykystose rénale empêchant des mesures standard et 3 car les images étaient trop artéfactées. De plus, également du fait d'images trop artéfactées, 1 patient a été exclu de l'analyse du T1 mais pas du T2 et inversement 3 patients ont été exclus de l'étude du T2 mais pas du T1, soit 124 patients inclus dans l'analyse du T1 et 122 dans l'analyse du T2.

Au total 125 patients ont été inclus dans l'analyse, d'une moyenne d'âge de 57,8 +/- 17,1 ans. Parmi eux, 72 hommes (57%, moyenne d'âge de 57,4 ans) et 53 femmes (43%, moyenne d'âge de 57,5 ans). 26 patients ont entre 18 et 39 ans (21%), 35 patients entre 40 et 60 ans (28%) et 64 patients plus de 60 ans (51%). Le DFG moyen est de 91 ml/min +/- 18 ml/min. 41 patients ont une fonction rénale comprise entre 60 et 79 ml/min (33%), 43 entre 80 et 99 ml/min (34%) et 41 avec un DFG  $\geq$  100 ml/min (33%) (cf. figure 2).

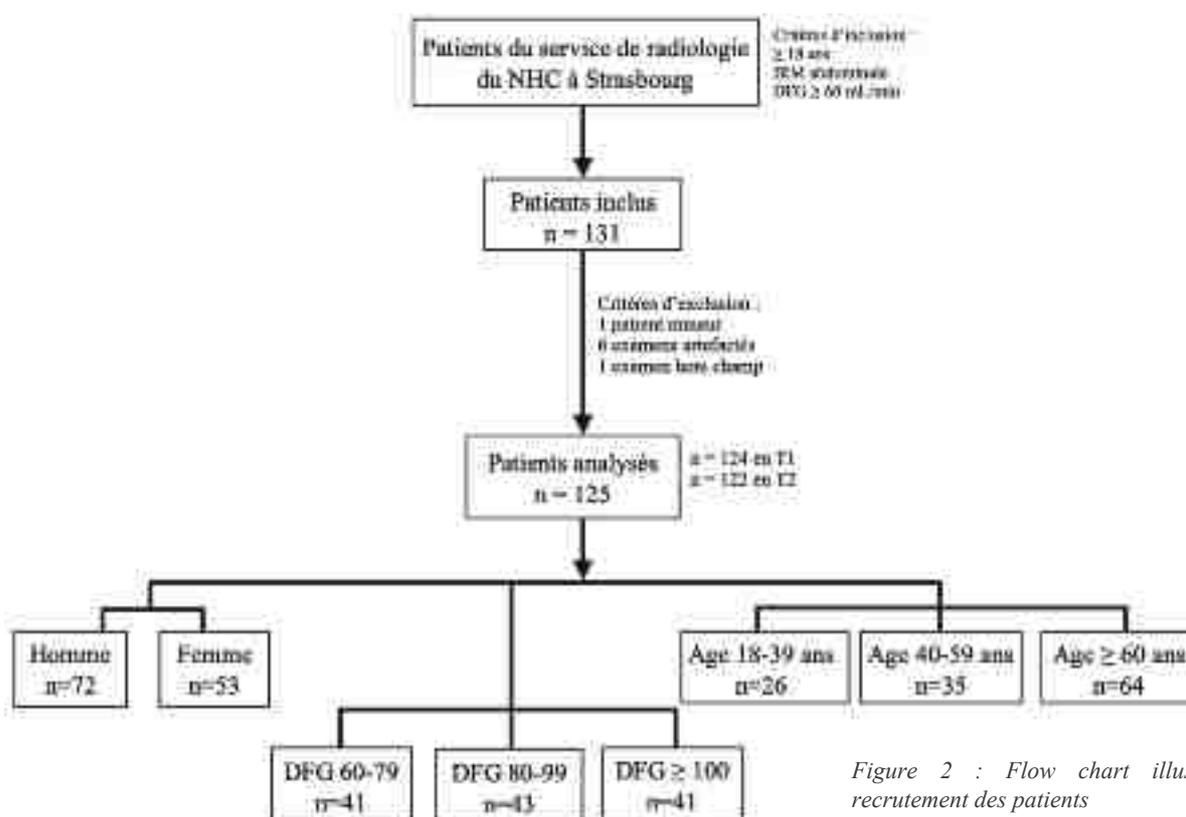


Figure 2 : Flow chart illustrant le recrutement des patients

## II – Analyse des groupes

Les analyses sont représentées sur les tableaux 1 et 2 pages 34-35.

La moyenne apparente du T1 et du T2 du cortex rénal de l'ensemble des patients recrutés était respectivement de 1529 +/- 83 ms et de 98 +/- 7 ms. Chez certains patients, essentiellement du fait d'artéfacts focaux et parfois d'acquisition non réalisée strictement dans le grand axe des reins, il n'a parfois été possible de réaliser les mesures qu'à un seul ou deux pôles. :

- Il existe 49/732 (7%) mesures manquantes pour le T2 : 17 mesures manquantes au pôle inférieur (7%), 13 au pôle moyen (5%) et 19 au pôle supérieur (8%), 14 du côté droit (4%) et 34 du côté gauche (9%).
- Il existe 34/732 (4,5%) mesures manquantes pour le T1 : 8 mesures manquantes au pôle inférieur (3%), 9 au pôle moyen (4%) et 17 au pôle supérieur (7%), 17 du côté droit et 17 du côté gauche.

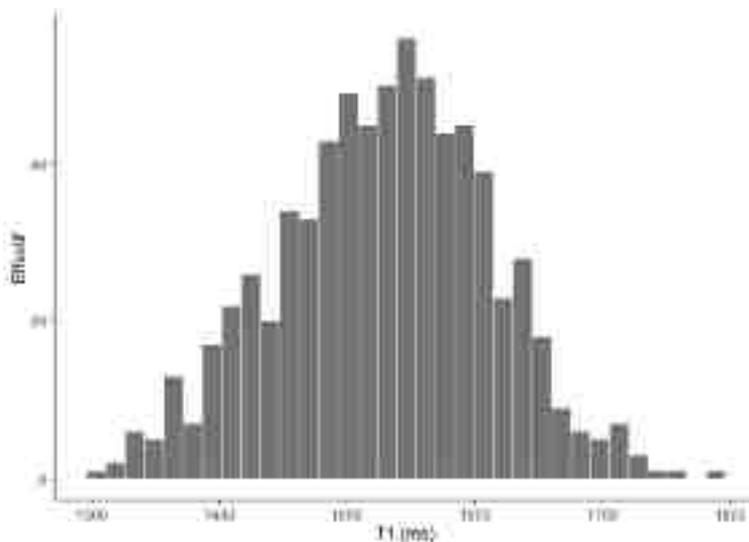


Figure 4 : Histogramme de la répartition des moyennes du T1

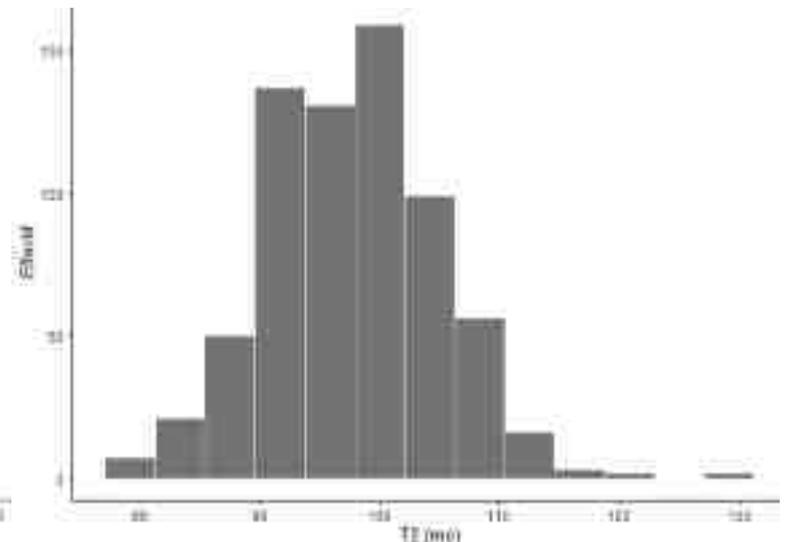


Figure 3 : Histogramme de la répartition des moyennes du T2

### Études des différences régionales :

Les moyennes régionales du T1 sont aux pôles supérieur, moyen et inférieur respectivement de  $1530 \pm 84$  ms,  $1526 \pm 84$  ms et  $1531 \pm 83$  ms avec une probabilité a posteriori, comparativement à la moyenne empirique, que la différence de moyenne de chaque pôle soit d'ampleur inférieure à 1% et 2% est respectivement de 0,98 et 1.

Les moyennes régionales du T2 sont aux pôles supérieur, moyen et inférieur respectivement de  $98 \pm 8$  ms,  $97 \pm 8$  ms et  $98 \pm 7$  ms avec une probabilité a posteriori, comparativement à la moyenne empirique, que la différence de moyenne de chaque pôle soit d'ampleur inférieure à 1%, 2%, 3 et 4% est respectivement de 0,07/0,75/0,99 et 1.

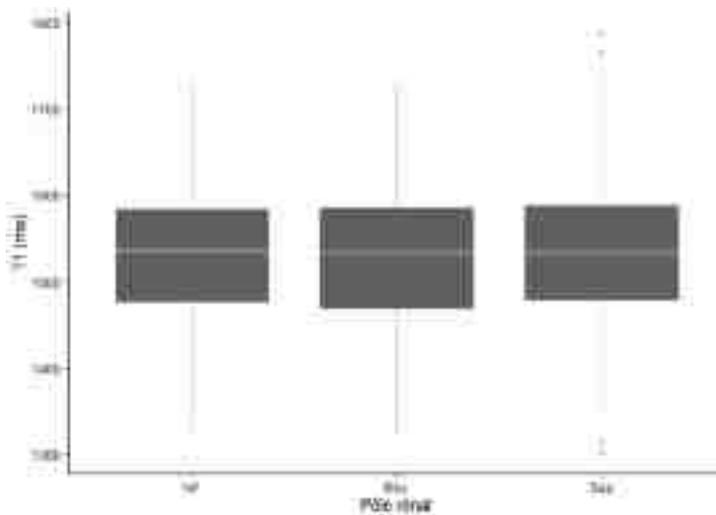


Figure 6 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 cortical rénal selon les pôles

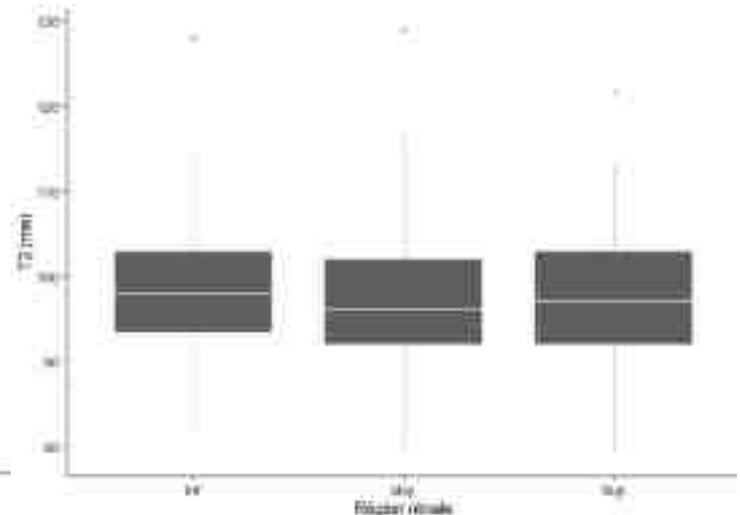


Figure 5 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 cortical rénal selon les pôles

### Études des différences droite-gauche :

A gauche la moyenne du T1 est de 1533 +/- 87 ms et de 1524 +/- 79 ms à droite. La différence du T1 moyen entre les deux côtés est de 12 (0,7%) +/- 48 ms (3%). Cette différence est sensiblement la même entre les différents sous-groupes et n'est pas détaillée ici. La probabilité a posteriori que l'écart à la moyenne entre les deux cotés soit d'ampleur inférieur à 1% et 2%, est respectivement de 0,93 et 1.

A gauche la moyenne du T2 est de 99 +/- 7 ms et de 87 +/- 7 ms à droite. La différence du T2 moyen entre les deux côtés est de 3 (3%) +/- 6 ms (6%). La probabilité a posteriori que l'écart à la moyenne entre les deux cotés soit d'ampleur inférieur à 1%, 2%, 3% et 4% est respectivement de 0/0,03/0,75 et 1.

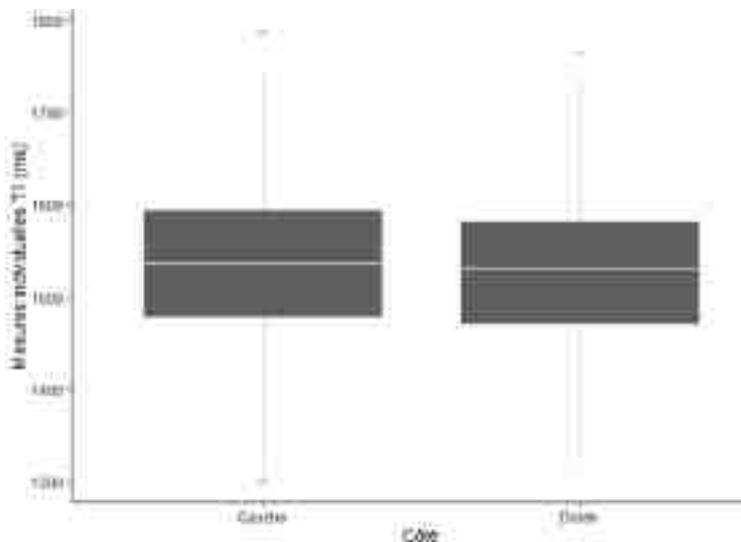


Figure 7 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 selon la latéralité

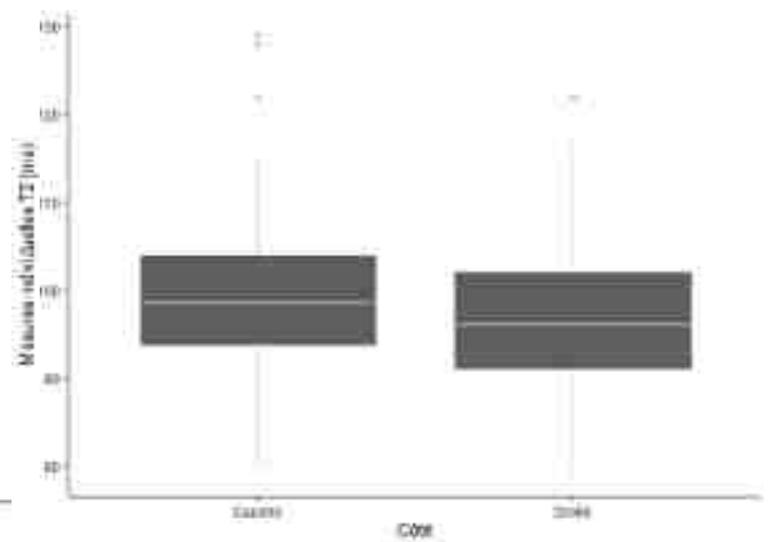


Figure 8 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 selon la latéralité

Selon le sexe :

Les moyennes du T1 et du T2 chez les hommes étaient respectivement de 1518 +/- 77 ms et de 98 +/- 6 ms.

Les moyennes du T1 et du T2 chez les femmes étaient respectivement de 1544 +/- 55 ms et de 99 +/- 5 ms.

Les probabilités a posteriori que la moyenne du T1 diffère de moins de 1%, 2%, 3% et 4 % entre les hommes et les femmes sont respectivement de 0,28/0,77/0,98 et 1.

Les probabilités a posteriori que la moyenne du T2 diffère de moins de 1%, 2%, 3% et 4 % entre les hommes et les femmes sont respectivement de 0,50/0,83/0,97 et 1.

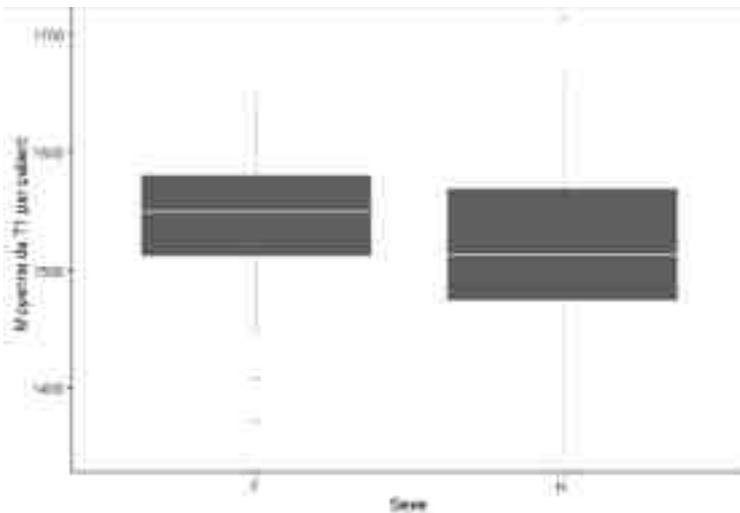


Figure 9 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 selon le sexe

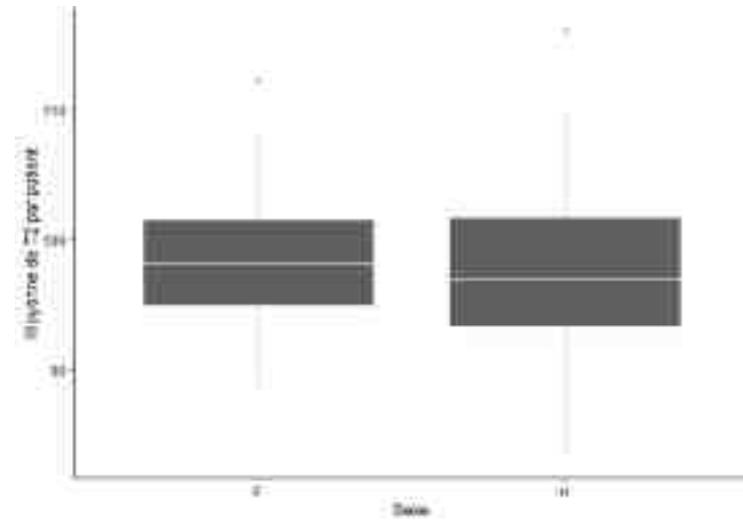


Figure 10 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 selon le sexe

### Selon la fonction rénale :

Les moyennes du T1 entre les différents sous-groupes de fonctions rénales étaient de 1546 +/- 69 ms (DFG 60 à 79 ml/min), 1526 +/- 69 ms (DFG 80 à 99 ml/min) et 1517 +/- 70 ms (DFG  $\geq$  100 ml/min).

Pour le T1, toutes classes de DFG confondues, la probabilité a posteriori que les moyennes des classes diffèrent deux à deux d'un écart inférieur au seuil de 1%, 2%, 3% et 4% est respectivement de 0,19/0,70/0,96 et 1. En comparant indépendamment les classes entre elles, les probabilités a posteriori suivent la même dynamique et ne sont pas détaillées ici.

Les moyennes du T2 entre les différents sous-groupes de fonctions rénales étaient de 98 +/- 5 ms (DFG 60 à 79 ml/min), 97 +/- 6 ms (DFG 80 à 99 ml/min), 100 +/- 6 ms et (DFG  $\geq$  100 ml/min).

Pour le T2, toutes classes de DFG confondues, la probabilité a posteriori que les moyennes des classes diffèrent deux à deux d'un écart inférieur au seuil de 1%, 2%, 3%, 4%, 5% et 6% est respectivement de 0,03/0,18/0,48/0,78/0,94 et 0,99. Entre la classe de DFG > 100 ml/min et celle de 80 à 100 ml/min la probabilité a posteriori d'écart est supérieure à 0,95 à partir du seuil de 6% alors qu'elle l'est pour le seuil de 4% en comparant les autres classes entre elles.

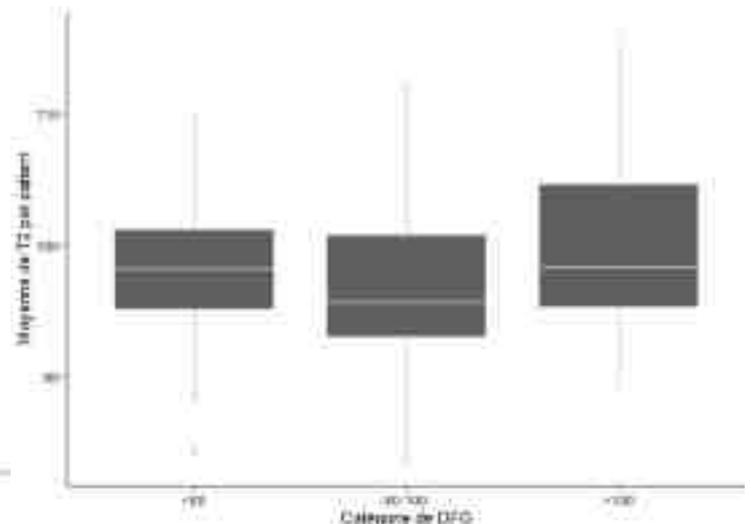
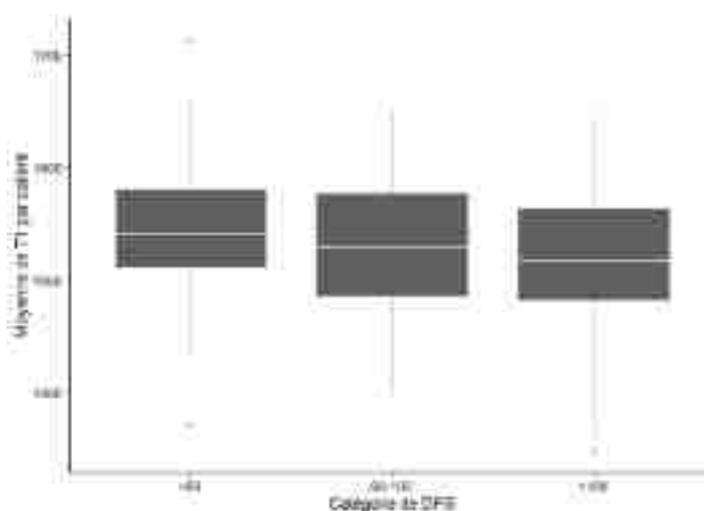


Figure 12 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 selon le DFG

Figure 11 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 selon le DFG

### Selon l'âge :

Les moyennes du T1 entre les différents sous-groupes d'âge étaient de 1508 +/- 69 ms patients (18 - 39 ans), 1508 de +/- 69 ms (40 à 59 ans) et 1550 de +/- 65 ms ( $\geq 60$  ans).

Pour le T1, toutes classes d'âge confondues, la probabilité a posteriori que les moyennes des classes diffèrent deux à deux d'un écart inférieur au seuil de 1%, 2%, 3%, 4% et 5% est respectivement de 0,01/0,17/0,63/0,93/1. En comparant indépendamment les classes entre elles, les probabilités a posteriori suivent la même dynamique et ne sont pas détaillées ici.

Les moyennes du T2 entre les différents sous-groupes d'âge étaient de 98 +/- 69 ms patients (18 - 39 ans), 97 de +/- 69 ms (40 à 59 ans) 100 de +/- 65 ms ( $\geq 60$  ans).

Pour le T2, toutes classes d'âge confondues, la probabilité a posteriori que les moyennes des classes diffèrent deux à deux d'un écart inférieur au seuil de 1%, 2%, 3%, 4% et 5% est respectivement de 0,05/0,27/0,60/0,87/0,98. Entre la classe d'âge  $> 60$  ans et la classe d'âge 40-60 ans la probabilité a posteriori d'écart est supérieure à 0,95 à partir du seuil de 5% alors qu'elle l'est pour le seuil de 4% en comparant les autres classes entre elles.

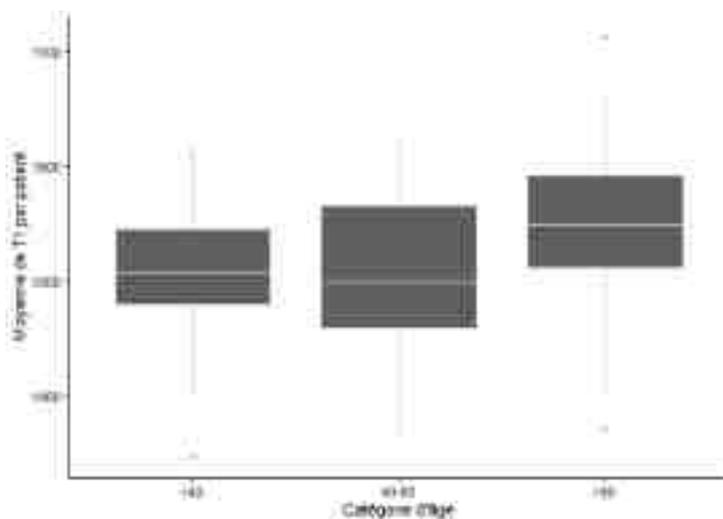


Figure 14 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T1 selon l'âge

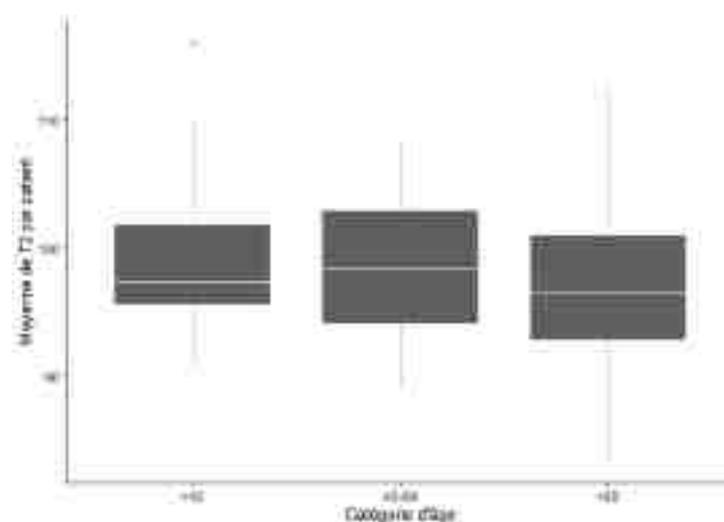


Figure 13 : Box plot illustrant la répartition des moyennes du T2 selon l'âge

T1 Mapping												
	Moyenne	DS	Min	Q1	Médiane	Q3	Max	Probabilité d'écart inférieur au seuil de :				
								1%	2%	3%	4%	5%
Général N = 124	1529	83.2	1302	1474	1533	1587	1787					
<b>Régional</b>												
Supérieur N = 107	1530	83.7	1302	1478	1533	1588	1787					
Moyen N = 115	1526	83.5	1319	1468	1533	1586	1726	0,98	1	1	1	1
Inférieur N = 116	1531	82.8	1328	1476	1536	1584	1730					
<b>Latéralité</b>												
Droite N = 107	1533	86.9	1302	1478	1536	1594	1787					
Gauche N = 107	1524	79.3	1319	1470	1531	1582	1765	0,93	1	1	1	1
<b>Sexe</b>												
Femme N= 53	1544.4	55.1	1371	1512.2	1549.7	1580.5	1649.4					
Homme N = 71	1518.2	77.4	1346.7	1474.3	1512.7	1569.6	1713.2	0,28	0,77	0,98	1	1
<b>Age (ans)</b>												
18-40 N= 26	1507.7	68.9	1346.7	1480.1	1506.7	1544.5	1617.5					
40-60 N=35	1508.1	69.1	1360.2	1459.1	1498.3	1565.5	1617.3	0,01	0,17	0,63	0,93	1
>60 N = 63	1550.2	65	1371	1511.8	1548.8	1591.9	1713.2					
<b>DFG (ml/min)</b>												
60_80 N= 39	1545.9	69.4	1371	1511.3	1540.5	1581	1713.2					
80-100 N = 42	1525.6	68.8	1399.3	1485.5	1528.8	1576.6	1649.4	0,19	0,70	0,96	1	1
>100 N = 40	1516.8	69.6	1346.7	1482	1516.8	1563.3	1648.7					

Tableau 1 : Analyse quantitative du T1 mapping à 3 Teslas chez des patients indemnes d'insuffisance rénale

T2 MAPPING												
	Moyenne	DS	Min	Q1	Médiane	Q3	Max	Probabilité d'écart inférieur au seuil de :				
								1%	2%	3%	4%	5%
Général N = 122	97.7	7.4	79	92	97	103	129					
Régional												
Supérieur N = 103	97.6	7.5	79	92	97	103	122					
Moyen N = 109	96.9	7.5	80	92	96	102	129	0,08	0,75	0,99	1	1
Inférieur N = 105	98.4	7	82	93.5	98	103	128					
Latéralité												
Droite N = 107	96.6	7.3	79	91	96	102	122					
Gauche N = 88	98.8	7.3	80	93.8	98.5	104	129	0	0,03	0,75	0,99	1
Sexe												
Homme N = 70	97.6	6.3	83.3	93.4	96.9	101.7	116					
Femme N = 51	98.5	5	88.8	94.9	98.2	101.5	112.2	0,495	0,83	0,97	0,99	1
Age (ans)												
18-40 N = 26	99.3	6.2	90.8	95.7	97.3	101.8	116					
40-60 N = 35	98.7	5.3	89	94.1	98.3	102.9	108.3	0,05	0,27	0,60	0,87	0,98
>60 N = 63	97	5.8	83.3	92.9	96.6	101	112.2					
DFG (ml/min)												
60-80 N = 39	97.8	5.1	84.3	95.1	98.2	101.2	109.8					
80-100 N = 42	96.6	5.7	83.3	93	95.6	100.7	112.2	0,03	0,18	0,48	0,78	0,94
>100 N = 40	99.5	6.3	89	95.3	98.2	104.6	116					

Tableau 2 : Analyse quantitative du T2 mapping à 3 Teslas chez des patients indemnes d'insuffisance rénale

## DISCUSSION

Cette étude a été réalisée dans le but d'établir les valeurs normatives du T1 et du T2 mapping du cortex rénal chez des patients indemnes d'insuffisance rénale sur une IRM 3T. Il n'existe pas à notre connaissance d'étude ayant été réalisée dans cet objectif. Pour une machine et un protocole de séquence donnés, nous avons ainsi analysé les valeurs du T1 et T2 cortical rénal de 125 patients ayant une fonction rénale normale et étudié d'éventuelles différences notables en fonction du sexe, de l'âge et du DFG.

La moyenne globale du T1 est de 1529 +/- 83 ms ce qui est en adéquation avec les groupes contrôle de certaines études réalisées sur des IRM 3 Teslas : 1539 ms par Wu *et al* (35), 1514 +/- 29 ms par Adams *et al* (55), 1446 +/- 88 ms par Graham-Brown *et al* (34), 1366 +/- 122 ms par Gillis *et al* (31) et 1399 +/- 93 ms par Cox *et al* (32), néanmoins calculées sur un faible nombre de patients sains inclus, respectivement 19, 16, 10, 24 et 25.

Les moyennes du T1 apparaissent peu dispersées autour de la médiane avec 75% des valeurs situés dans un intervalle de +/- 4% (cf. figure 4).

En T1 il existe une bonne reproductibilité des mesures intra-rénales avec un degré de conviction forte (>0,95) d'écart inférieur à 1% entre les moyennes par pôle.

La moyenne globale du T2 est de 98 +/- 7 ms, il n'existe à notre connaissance que deux études ayant étudié les valeurs du T2 cortical chez l'humain à 3 Teslas où elle était de 76 +/- 7 ms par Bazelaire *et al* (56) et 78 +/- 4 ms par Adam *et al* (55) néanmoins ces études n'incluaient respectivement que 6 et 16 patients sains.

Les moyennes du T2 sont plus dispersées autour de la médiane que celles du T1 avec 75% des valeurs situés dans un intervalle de +/- 6% (cf. figure 3). Cela pourrait s'expliquer en partie par une faible résolution d'image limitant l'identification de la

différenciation cortico-médullaire et une sensibilité de la séquence aux artéfacts cinétiques.

Pour le T2 la reproductibilité des mesures intra-rénales est moins bonne qu'en T1, avec un degré de conviction forte ( $>0,95$ ) d'écart inférieur à 4% entre les moyennes par pôle.

#### **Variation selon la latéralité :**

En T1, la différence absolue de la moyenne entre les reins droit et gauche est de 0,7% et un degré de conviction fort d'écart inférieur à 2 % entre les deux côtés. Ces faibles écarts montrent que la moyenne globale du T1 est utilisable sans différenciation de latéralité, en adéquation avec les résultats de travaux précédents (35).

En T2, la différence absolue de moyenne entre les reins droit et gauche est de 2,9% au profit du rein gauche et un degré de conviction fort d'écart inférieur à 4 % entre les deux côtés. On note également plus de mesures manquantes en T2 sur le rein gauche. On peut supposer que ces différences s'expliquent en partie par le fait que le rein gauche est plus soumis aux artéfacts cinétiques d'origine cardiaque comme montré dans des travaux précédents (57) (58).

#### **Variation selon le sexe :**

La moyenne du T1 et du T2 chez les femmes est supérieure à celle des hommes, avec pour les deux séquences une différence absolue inférieure à 2% et un degré de conviction fort d'écart inférieur à 3%. Ces résultats concordent avec l'augmentation de la moyenne du T1 et du T2 myocardique chez les femmes décrit en IRM cardiaque par Roy et *al* (59) et Bonnèr et *al* (60).

**Variation selon l'âge :**

La moyenne du T1 est supérieure dans la classe d'âge supérieure à 60 ans avec une différence absolue de 3% comparativement aux classes d'âge plus jeunes et une conviction forte d'écart inférieur au seuil de 5% contre 4% pour les classes d'âge plus jeunes. Ces résultats concordent avec l'augmentation de la moyenne du T1 myocardique avec l'âge décrit en IRM cardiaque par Roy et *al* (59).

On note une tendance du T2 à diminuer avec l'augmentation de l'âge avec un écart absolu plus important de 2,4% entre la moyenne du T2 chez les plus de 60 ans et les 18-40 ans et une probabilité forte d'écart inférieur à 5% contre 4% entre les autres classes d'âge.

**Variation selon le DFG :**

La moyenne du T1 a tendance à augmenter avec la baisse du DFG. Néanmoins la différence absolue est de seulement 1,9% entre la classe DFG 60- 80 ml/min et > 100 ml/min et la probabilité d'écart entre les moyennes est forte pour un seuil identique inférieur à 3% pour toutes les classes. Ces données sont en faveur de l'absence d'impact significatif du DFG sur le T1 chez les patients indemnes d'insuffisance rénale.

La moyenne du T2 ne semble pas suivre de tendance entre les sous classes de fonction rénale. La probabilité d'écart inférieur au seuil est forte à partir de 6% pour le groupe de fonction rénale > 100 ml/min contre 80-100 ml/min mais à partir de 4% contre le groupe 60-80 ml/min. Ces résultats apparaissent difficilement interprétables et pourraient être liés à des variations d'échantillonnage.

En résumé, notre étude montre que :

- Pour le T1 : Les moyennes du T1 cortical rénal sont en accord avec celles retrouvées chez les groupes contrôle dans la littérature. Les moyennes sont peu dispersées et les mesures intra-rénales varient peu entre elles. La différence gauche-droite, homme-femme et selon les classes de DFG sont faibles, inférieures à 2 ou 3%. Chez les plus de 60 ans la moyenne du T1 augmente et les écarts à la moyenne sont plus importants. La pertinence clinique de ces variations est à corrélérer à celle des variations pathologiques décrites dans la littérature.
- Pour le T2 : Les moyennes du T2 cortical rénal normales sont relativement éloignées de celles décrites dans la littérature, celle-ci étant néanmoins peu abondante, les valeurs étant établies sur des effectifs réduits, des machines et des protocoles d'acquisition différents. Les moyennes du T2 sont plus dispersées. Les moyennes régionales intra-rénales, gauche-droite et homme-femme varient plus comparativement au T1, de l'ordre de 4%. Chez les plus de 60 ans la moyenne du T2 cortical diminue et les écarts à la moyenne sont plus importants autour de 5%. Les variations du T2 ne semblent pas suivre de tendance particulière selon les classes de fonction rénale. Ces variations plus importantes de la séquence T2 mapping pourraient en partie s'expliquer par la sensibilité de la séquence aux artéfacts cinétiques. Ces données sont à corrélérer aux variations pathologiques à étudier dans de futurs travaux.

Les séquences de T1 et T2 mapping sont ainsi utilisées en routine en imagerie cardiaque pour détecter l'œdème, l'ischémie, l'infiltration amyloïde ou encore la fibrose (8) (9) (10)

(11) (12) (13) (15) (16) (17) (61). Leur reproductibilité, leurs variations selon les protocoles, les machines, l'âge et le sexe ont bien été décrites (59) (60) (62).

Ces séquences montrent plus récemment leur potentiel dans la caractérisation de pathologies rénales sans utilisation de produit de contraste. Ainsi le T1 cortical apparaît augmenté chez les patients greffés rénaux (28), en cas d'atteinte rénale aiguë (63) (64), inversement corrélé à la chute de la fonction rénale (30), et corrélé au degré de fibrose parenchymateuse (29) (34). Le T2 a montré une corrélation positive avec la progression histologique de la polykystose sur des modèles animaux (39) (38) et une tendance à l'augmentation sur les reins transplantés en cas de glomérulonéphrite et de rejet humoral aigu chez l'homme greffé rénal à 1,5 Teslas (28) et en post-transplantation à 3 Teslas (55). Ce travail a donc été réalisé dans le but de pallier au manque de données sur les valeurs du T1 et du T2 cortical rénal chez des patients non insuffisants rénaux et leurs variations selon l'âge et le sexe.

Notre étude présente certaines limites. Il s'agit d'une étude monocentrique et toutes les mesures ont été réalisées sur une seule machine avec un seul modèle de séquence ce qui limite évidemment toute extrapolation (par exemple le T1 est influencé par l'intensité et l'inhomogénéité du champ magnétique, les variations de l'angle de bascule et la résolution spatiale comme montré par Kelmman et Hansen et *al* (62)). Les mesures ont été faites par un seul analyste et une seule fois, sachant qu'il existe de potentielles variations circadiennes, selon l'état d'hydratation et d'oxygénation (1) (49) (49,66). D'éventuels facteurs confondants n'ont pas été pris en compte (affection aiguë, protéinurie, HTA, etc..) ou la présence d'une éventuelle pathologie rénale débutante où la fonction rénale ne serait pas encore détériorée. Il existe un biais de recrutement, avec des patients réalisant une IRM pour bilanter une pathologie abdominale aiguë ou

chronique et non pas des volontaires sains. Le placement manuel des ROI est par définition subjectif selon l'appréciation de la différenciation cortico-médullaire par l'évaluateur. Néanmoins le positionnement manuel de ROI circulaire a montré une bonne reproductibilité inter-observateur et des résultats équivalents à un ROI entourant l'ensemble du cortex rénal (67). Enfin les séquences T1 et T2 mapping ont été synchronisées au cycle cardiaque via oxymétrie de pouls, cette méthode apportant moins de précision que par électrocardiogramme mais semble cependant plus applicable à la pratique courante.

Ces séquences paramétriques, sans injection de produit de contraste apparaissent prometteuses compte tenu de leur innocuité, leur simplicité, leur rapidité d'acquisition et de leur robustesse. Elles apparaissent reproductibles dans une même machine et les variations obtenues (sexe, âge) seront à corrélérer aux valeurs pathologiques dans différentes populations et à des maladies rénales spécifiques sur de plus larges cohortes. Les valeurs du T1 et de T2 varient selon les caractéristiques des séquences et la machine utilisée, ces résultats doivent être adaptés à chaque centre.

## CONCLUSION

Ce travail réalisé sur 125 patients démontre une bonne reproductibilité intra-patient des mesures IRM des valeurs de T1 et de T2 du cortex rénal par séquences de mapping, sur une IRM à 3 Teslas. Les valeurs moyennes retrouvées sont proches de celles déjà publiées dans la littérature, et viennent confirmer la corrélation de ces mesures avec le sexe, l'âge et la clairance de la créatinine. Des travaux ultérieurs visant à analyser les variations de ces valeurs normatives selon les différentes pathologies rénales sont à envisager.

VU

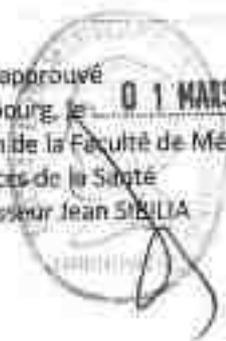
Strasbourg, le 14/02/2023

Le président du jury de thèse

Professeur Catherine ROY



Vu et approuvé  
Strasbourg, le 01 MARS 2023  
Doyen de la Faculté de Médecine, Maïeutique et  
Sciences de la Santé  
Professeur Jean SIBILLA



## BIBLIOGRAPHIE

1. Clinical application and technical considerations of T1 & T2(\*) mapping in cardiac, liver, and renal imaging - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29975154/>
2. Taylor AJ, Salerno M, Dharmakumar R, Jerosch-Herold M. T1 Mapping: Basic Techniques and Clinical Applications. *JACC Cardiovasc Imaging*. 1 janv 2016;9(1):67-81.
3. Bull S, White SK, Piechnik SK, Flett AS, Ferreira VM, Loudon M, et al. Human non-contrast T1 values and correlation with histology in diffuse fibrosis. *Heart*. 1 juill 2013;99(13):932-7.
4. Perea RJ, Ortiz-Perez JT, Sole M, Cibeira MT, de Caralt TM, Prat-Gonzalez S, et al. T1 mapping: characterisation of myocardial interstitial space. *Insights Imaging*. avr 2015;6(2):189-202.
5. Heinrich M, Uder M. [Nephrogenic systemic fibrosis after application of gadolinium-based contrast agents--a status paper]. *ROFO Fortschr Geb Rontgenstr Nuklearmed*. juin 2007;179(6):613-7.
6. Sadowski EA, Bennett LK, Chan MR, Wentland AL, Garrett AL, Garrett RW, et al. Nephrogenic systemic fibrosis: risk factors and incidence estimation. *Radiology*. avr 2007;243(1):148-57.
7. Gulani V, Calamante F, Shellock FG, Kanal E, Reeder SB, International Society for Magnetic Resonance in Medicine. Gadolinium deposition in the brain: summary of evidence and recommendations. *Lancet Neurol*. juill 2017;16(7):564-70.
8. Evaluation of diffuse myocardial fibrosis in heart failure with cardiac magnetic resonance contrast-enhanced T1 mapping - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19007595/>
9. Myocardial T1 mapping: modalities and clinical applications - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24834410/>
10. Karamitsos TD, Piechnik SK, Banypersad SM, Fontana M, Ntusi NB, Ferreira VM, et al. Noncontrast T1 mapping for the diagnosis of cardiac amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. avr 2013;6(4):488-97.
11. Fontana M, Banypersad SM, Treibel TA, Maestrini V, Sado DM, White SK, et al. Native T1 mapping in transthyretin amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. févr 2014;7(2):157-65.
12. Sado DM, White SK, Piechnik SK, Banypersad SM, Treibel T, Captur G, et al. Identification and assessment of Anderson-Fabry disease by cardiovascular magnetic resonance noncontrast myocardial T1 mapping. *Circ Cardiovasc Imaging*. 1 mai 2013;6(3):392-8.
13. Ferreira VM, Piechnik SK, Dall'Armellina E, Karamitsos TD, Francis JM, Ntusi N, et al. T(1) mapping for the diagnosis of acute myocarditis using CMR: comparison to T2-weighted and late gadolinium enhanced imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*. oct 2013;6(10):1048-58.
14. Improved detection of myocardial involvement in acute inflammatory cardiomyopathies using T2 mapping - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22038988/>
15. Tahir E, Sinn M, Bohnen S, Avanesov M, Säring D, Stehning C, et al. Acute versus Chronic Myocardial Infarction: Diagnostic Accuracy of Quantitative Native T1 and T2 Mapping versus Assessment of Edema on Standard T2-weighted Cardiovascular MR Images for Differentiation. *Radiology*. oct 2017;285(1):83-91.
16. Dass S, Suttie JJ, Piechnik SK, Ferreira VM, Holloway CJ, Banerjee R, et al. Myocardial tissue characterization using magnetic resonance noncontrast t1 mapping in hypertrophic and dilated cardiomyopathy. *Circ Cardiovasc Imaging*. nov 2012;5(6):726-33.
17. Carpenter JP, He T, Kirk P, Roughton M, Anderson LJ, de Noronha SV, et al. On T2\* magnetic resonance and cardiac iron. *Circulation*. 12 avr 2011;123(14):1519-28.
18. Tunnicliffe EM, Banerjee R, Pavlides M, Neubauer S, Robson MD. A model for hepatic fibrosis: the competing effects of cell loss and iron on shortened modified Look-Locker inversion recovery T1 (shMOLLI-T1 ) in the liver. *J Magn Reson Imaging JMRI*. févr 2017;45(2):450-62.
19. Luetkens JA, Klein S, Traeber F, Schmeel FC, Sprinkart AM, Kuetting DLR, et al. Quantitative liver MRI including extracellular volume fraction for non-invasive quantification of liver fibrosis: a prospective proof-of-concept study. *Gut*. mars 2018;67(3):593-4.
20. Cassinotto C, Feldis M, Vergniol J, Mouries A, Cochet H, Lapuyade B, et al. MR relaxometry in chronic liver diseases: Comparison of T1 mapping, T2 mapping, and diffusion-weighted imaging for assessing cirrhosis diagnosis and severity. *Eur J Radiol*. août 2015;84(8):1459-65.
21. MRI and MRE for non-invasive quantitative assessment of hepatic steatosis and fibrosis in NAFLD and NASH: Clinical trials to clinical practice - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27312947/>
22. Yoon JH, Lee JM, Paek M, Han JK, Choi BI. Quantitative assessment of hepatic function: modified look-locker inversion recovery (MOLLI) sequence for T1 mapping on Gd-EOB-DTPA-enhanced liver MR imaging. *Eur Radiol*. juin 2016;26(6):1775-82.
23. Henninger B, Kremser C, Rauch S, Eder R, Zoller H, Finkenstedt A, et al. Evaluation of MR imaging with T1 and T2\* mapping for the determination of hepatic iron overload. *Eur Radiol*. nov 2012;22(11):2478-86.
24. Hueper K, Peperhove M, Rong S, Gerstenberg J, Mengel M, Meier M, et al. T1-mapping for assessment of ischemia-induced acute

kidney injury and prediction of chronic kidney disease in mice. *Eur Radiol.* sept 2014;24(9):2252-60.

25. Diffusion-Weighted Imaging and Mapping of T1 and T2 Relaxation Time for Evaluation of Chronic Renal Allograft Rejection in a Translational Mouse Model - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34640336/>
26. Multi-parametric MRI of kidney disease progression for autosomal recessive polycystic kidney disease: mouse model and initial patient results - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32283547/>
27. Tewes S, Gueler F, Chen R, Gutberlet M, Jang MS, Meier M, et al. Functional MRI for characterization of renal perfusion impairment and edema formation due to acute kidney injury in different mouse strains. *PLoS One.* 2017;12(3):e0173248.
28. Magnetic Resonance Imaging for Evaluation of Interstitial Fibrosis in Kidney Allografts - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33134501/>
29. New Magnetic Resonance Imaging Index for Renal Fibrosis Assessment: A Comparison between Diffusion-Weighted Imaging and T1 Mapping with Histological Validation - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27439482/>
30. Assessment of acute kidney injury with T1 mapping MRI following solid organ transplantation - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28710580/>
31. Gillis KA, McComb C, Patel RK, Stevens KK, Schneider MP, Radjenovic A, et al. Non-Contrast Renal Magnetic Resonance Imaging to Assess Perfusion and Corticomedullary Differentiation in Health and Chronic Kidney Disease. *Nephron.* 2016;133(3):183-92.
32. Cox EF, Buchanan CE, Bradley CR, Prestwich B, Mahmoud H, Taal M, et al. Multiparametric Renal Magnetic Resonance Imaging: Validation, Interventions, and Alterations in Chronic Kidney Disease. *Front Physiol.* 2017;8:696.
33. Dekkers IA, Paiman EHM, de Vries APJ, Lamb HJ. Reproducibility of native T1 mapping for renal tissue characterization at 3T. *J Magn Reson Imaging JMRI.* févr 2019;49(2):588-96.
34. Graham-Brown MP, Singh A, Wormleighton J, Brunskill NJ, McCann GP, Barratt J, et al. Association between native T1 mapping of the kidney and renal fibrosis in patients with IgA nephropathy. *BMC Nephrol.* 11 juill 2019;20(1):256.
35. Wu J, Shi Z, Zhang Y, Yan J, Shang F, Wang Y, et al. Native T1 Mapping in Assessing Kidney Fibrosis for Patients With Chronic Glomerulonephritis. *Front Med.* 2021;8:772326.
36. Özkök S, Buz A, Erdemli S, Şaşak Kuzgun G, Aslan A. Non-invasive Assessment of Subclinical Renal Parenchymal Changes in Chronic Hepatitis B Virus By T1 Mapping Magnetic Resonance Imaging. *Balk Med J.* 14 mars 2022;39(2):115-20.
37. Hueper K, Hensen B, Gutberlet M, Chen R, Hartung D, Barmeyer A, et al. Kidney Transplantation: Multiparametric Functional Magnetic Resonance Imaging for Assessment of Renal Allograft Pathophysiology in Mice. *Invest Radiol.* janv 2016;51(1):58-65.
38. MacAskill CJ, Erokwu BO, Markley M, Parsons A, Farr S, Zhang Y, et al. Multi-parametric MRI of kidney disease progression for autosomal recessive polycystic kidney disease: mouse model and initial patient results. *Pediatr Res.* janv 2021;89(1):157-62.
39. Franke M, Baeßler B, Vechtel J, Dafinger C, Höhne M, Borgal L, et al. Magnetic resonance T2 mapping and diffusion-weighted imaging for early detection of cystogenesis and response to therapy in a mouse model of polycystic kidney disease. *Kidney Int.* déc 2017;92(6):1544-54.
40. Levey AS, Atkins R, Coresh J, Cohen EP, Collins AJ, Eckardt KU, et al. Chronic kidney disease as a global public health problem: approaches and initiatives - a position statement from Kidney Disease Improving Global Outcomes. *Kidney Int.* août 2007;72(3):247-59.
41. Risdon RA, Sloper JC, De Wardener HE. Relationship between renal function and histological changes found in renal-biopsy specimens from patients with persistent glomerular nephritis. *Lancet Lond Engl.* 17 août 1968;2(7564):363-6.
42. Redfield RR, McCune KR, Rao A, Sadowski E, Hanson M, Kolterman AJ, et al. Nature, timing, and severity of complications from ultrasound-guided percutaneous renal transplant biopsy. *Transpl Int Off J Eur Soc Organ Transplant.* févr 2016;29(2):167-72.
43. Stratta P, Canavese C, Marengo M, Mesiano P, Besso L, Quaglia M, et al. Risk management of renal biopsy: 1387 cases over 30 years in a single centre. *Eur J Clin Invest.* déc 2007;37(12):954-63.
44. Corwin HL, Schwartz MM, Lewis EJ. The importance of sample size in the interpretation of the renal biopsy. *Am J Nephrol.* 1988;8(2):85-9.
45. Farris AB, Colvin RB. Renal interstitial fibrosis: mechanisms and evaluation. *Curr Opin Nephrol Hypertens.* mai 2012;21(3):289-300.
46. Farris AB, Alpers CE. What is the best way to measure renal fibrosis?: A pathologist's perspective. *Kidney Int Suppl.* nov 2014;4(1):9-15.
47. Non-proteinuric pathways in loss of renal function in patients with type 2 diabetes - PubMed [Internet]. [cité 6 mars 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25943757/>
48. Rockey DC, Bell PD, Hill JA. Fibrosis--a common pathway to organ injury and failure. *N Engl J Med.* 19 mars 2015;372(12):1138-49.
49. Wolf M, de Boer A, Sharma K, Boor P, Leiner T, Sunder-Plassmann G, et al. Magnetic resonance imaging T1- and T2-mapping to assess renal structure and function: a systematic review and statement paper. *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc.* 1 sept 2018;33(suppl\_2):ii41-50.

50. Levey AS, Stevens LA. Estimating GFR using the CKD Epidemiology Collaboration (CKD-EPI) creatinine equation: more accurate GFR estimates, lower CKD prevalence estimates, and better risk predictions. *Am J Kidney Dis Off J Natl Kidney Found.* avr 2010;55(4):622-7.
51. Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, Zhang YL, Castro AF, Feldman HI, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate. *Ann Intern Med.* 5 mai 2009;150(9):604-12.
52. Raman FS, Kawel-Boehm N, Gai N, Freed M, Han J, Liu CY, et al. Modified look-locker inversion recovery T1 mapping indices: assessment of accuracy and reproducibility between magnetic resonance scanners. *J Cardiovasc Magn Reson.* 26 juill 2013;15(1):64.
53. Messroghli DR, Radjenovic A, Kozerke S, Higgins DM, Sivananthan MU, Ridgway JP. Modified Look-Locker inversion recovery (MOLLI) for high-resolution T1 mapping of the heart. *Magn Reson Med.* 2004;52(1):141-6.
54. Oshio K, Feinberg DA. GRASE (Gradient- and spin-echo) imaging: a novel fast MRI technique. *Magn Reson Med.* août 1991;20(2):344-9.
55. Adams LC, Bresslem KK, Scheibl S, Nunninger M, Gentsch A, Fahlenkamp UL, et al. Multiparametric Assessment of Changes in Renal Tissue after Kidney Transplantation with Quantitative MR Relaxometry and Diffusion-Tensor Imaging at 3 T. *J Clin Med.* 21 mai 2020;9(5):1551.
56. de Bazelaire CMJ, Duhamel GD, Rofsky NM, Alsop DC. MR imaging relaxation times of abdominal and pelvic tissues measured in vivo at 3.0 T: preliminary results. *Radiology.* mars 2004;230(3):652-9.
57. Feasibility of quantitative susceptibility mapping (QSM) of the human kidney - PubMed [Internet]. [cité 11 avr 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33230656/>
58. Kido A, Kataoka M, Yamamoto A, Nakamoto Y, Umeoka S, Koyama T, et al. Diffusion tensor MRI of the kidney at 3.0 and 1.5 Tesla. *Acta Radiol Stockh Swed.* nov 2010;51(9):1059-63.
59. Age and sex corrected normal reference values of T1, T2 T2\* and ECV in healthy subjects at 3T CMR - PMC [Internet]. [cité 14 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5609021/>
60. Myocardial T2 mapping reveals age- and sex-related differences in volunteers - PubMed [Internet]. [cité 14 avr 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25656484/>
61. Radenkovic D, Weingärtner S, Ricketts L, Moon JC, Captur G. T1 mapping in cardiac MRI. *Heart Fail Rev.* juill 2017;22(4):415-30.
62. Kellman P, Hansen MS. T1-mapping in the heart: accuracy and precision. *J Cardiovasc Magn Reson.* 4 janv 2014;16(1):2.
63. C B, H M, E C, R N, B P, I K, et al. Multiparametric MRI assessment of renal structure and function in acute kidney injury and renal recovery. *Clin Kidney J* [Internet]. 2 oct 2021 [cité 11 avr 2023];14(8). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34345421/>
64. Ko SF, Yip HK, Zhen YY, Lee CC, Lee CC, Huang SJ, et al. Severe bilateral ischemic-reperfusion renal injury: hyperacute and acute changes in apparent diffusion coefficient, T1, and T2 mapping with immunohistochemical correlations. *Sci Rep.* 11 mai 2017;7(1):1725.
65. Huang Y, Sadowski EA, Artz NS, Seo S, Djamali A, Grist TM, et al. Measurement and comparison of T1 relaxation times in native and transplanted kidney cortex and medulla. *J Magn Reson Imaging JMRI.* mai 2011;33(5):1241-7.
66. Multiparametric Renal MRI: An Intrasubject Test-Retest Repeatability Study - PubMed [Internet]. [cité 11 avr 2023]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32297700/>
67. Rankin AJ, Allwood-Spiers S, Lee MMY, Zhu L, Woodward R, Kuehn B, et al. Comparing the interobserver reproducibility of different regions of interest on multi-parametric renal magnetic resonance imaging in healthy volunteers, patients with heart failure and renal transplant recipients. *Magma N Y N.* févr 2020;33(1):103-12.

# DÉCLARATION SUR L'HONNEUR



Document avec signature originale devant être joint :

- à votre mémoire de D.E.S.
- à votre dossier de demande de soutenance de thèse

Nom : **REMY** ..... Prénom : **HENRI** .....

Ayant été informé(e) qu'en m'appropriant tout ou partie d'une œuvre pour l'intégrer dans mon propre mémoire de spécialité ou dans mon mémoire de thèse de docteur en médecine, je me rendrais coupable d'un délit de contrefaçon au sens de l'article L335-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle et que ce délit était constitutif d'une fraude pouvant donner lieu à des poursuites pénales conformément à la loi du 23 décembre 1901 dite de répression des fraudes dans les examens et concours publics,

Ayant été avisé(e) que le président de l'université sera informé de cette tentative de fraude ou de plagiat, afin qu'il saisisse la juridiction disciplinaire compétente,

Ayant été informé(e) qu'en cas de plagiat, la soutenance du mémoire de spécialité et/ou de la thèse de médecine sera alors automatiquement annulée, dans l'attente de la décision que prendra la juridiction disciplinaire de l'université

J'atteste sur l'honneur

Ne pas avoir reproduit dans mes documents tout ou partie d'œuvre(s) déjà existante(s), à l'exception de quelques brèves citations dans le texte, mises entre guillemets et référencées dans la bibliographie de mon mémoire.

**A écrire à la main :** « J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète ».

*J'atteste sur l'honneur avoir connaissance des suites disciplinaires ou pénales que j'encours en cas de déclaration erronée ou incomplète*

Signature originale :

À **Strasbourg** ..... le **14/04/2023** .....

**Photocopie de cette déclaration devant être annexée en dernière page de votre mémoire de D.E.S. ou de Thèse.**

## **Résumé :**

**CONTEXTE :** La forte prévalence des néphropathies chroniques fait de ce groupe de maladie un problème de santé publique majeur. Le diagnostic étiologique de maladie rénale chronique est obtenu par un faisceau d'arguments cliniques, biologiques et est confirmé par une technique invasive à risque de complications, la ponction biopsie rénale. Plusieurs études ont montré que la mesure du temps de relaxation du cortex rénal en T1 et en T2 peut être utilisée comme un biomarqueur non invasif de situation pathologique, sans utilisation de produit de contraste. Utilisé en routine en imagerie cardiaque, ces techniques d'IRM manquent encore de standardisation en imagerie rénale.

**OBJECTIFS :** Établir chez des patients présentant une fonction rénale normale (DFG > 60 ml/min) les normes des temps de relaxation en T1 et T2 et voir s'il existe des différences selon l'âge, le sexe et la fonction rénale.

**METHODE :** Cette étude monocentrique observationnelle réalisée au Nouvel Hôpital Civil de Strasbourg a inclu 125 patients majeurs présentant une fonction rénale normale qui ont réalisé une IRM abdominale (Bili-IRM, IRM pancréatique, rénale, surrénale, splénique, hépatique ou pour endométriose). Une séquence T1 et T2 mapping a été réalisée sur une seule coupe coronale passant par les deux reins, avec une synchronisation cardiaque via oxymétrie de pouls, avant injection de produit de contraste, sur une IRM 3 Teslas. La mesure du temps de relaxation en T1 et en T2 a été mesurée sur le cortex rénal moyen, et au niveaux polaires supérieur et inférieur de chaque rein. La moyenne de ces mesures a ensuite été comparée entre les différents groupes en fonction du DFG, de l'âge et du sexe.

**RESULTAT :** Les moyennes corticales rénales du temps de relaxation T1 et T2 sont proches de celles décrites dans la littérature. Les écarts de moyenne entre les différents sous-groupes apparaissent faibles, plus importants en T2 et sont à corrélés aux écarts décrits dans la littérature en cas de situation pathologique. Les moyennes du T1 et le T2 apparaissent discrètement supérieurs chez les femmes. Les moyennes du T1 et du T2 tendent à respectivement augmenter et diminuer dans la classe d'âge de plus de 60 ans. Ces résultats sont en adéquation avec ceux décrits en imagerie cardiaque. Les mesures intrarénales du T1 et T2 montrent une bonne reproductibilité.

**CONCLUSION :** Ce travail réalisé sur 125 patients démontre une bonne reproductibilité intra-patient des mesures IRM des valeurs de T1 et de T2 du cortex rénal par séquences de mapping, sur une IRM à 3 Teslas. Les valeurs moyennes retrouvées sont proches de celles déjà publiées dans la littérature, et viennent confirmer la corrélation de ces mesures avec le sexe, l'âge et la clairance de la créatinine. Des travaux ultérieurs visant à analyser les variations de ces valeurs normatives selon les différentes pathologies rénales sont à envisager.

**Rubrique de Classement :** D.E.S. de Radiologie et Imagerie Médicale

**Mots clés :** T1 mapping, T2 mapping, Cortex rénal, 3 Teslas, Valeurs normatives

**Président du jury :** Professeure Catherine ROY

**Assesseurs :** Professeur Mickael OHANA, Docteur Aissam LABANI, Docteur SCHWARTZ

Jean Charles

**Adresse auteur :** 22 quai Saint Nicolas 67000 Strasbourg