

UNIVERSITÉ TOULOUSE III – PAUL SABATIER
FACULTÉ DE SANTÉ

ANNÉE 2023

2023 TOU3 1640

THÈSE

POUR LE DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE
MÉDECINE SPÉCIALISÉE CLINIQUE

Présentée et soutenue publiquement

Par

Marine TARANZANO

Le 13 octobre 2023

**Analyse de la place de la tomographie volumique isotopique du
ventricule droit dans le bilan de faisabilité de l'implantation d'une
assistance monoventriculaire gauche chez les patients en
insuffisance cardiaque avancée**

Directeur de thèse : Dr Clément DELMAS

JURY

Monsieur le Professeur Michel GALINIER

Monsieur le Docteur Clément DELMAS

Monsieur le Professeur Olivier LAIREZ

Madame le Docteur Pauline FOURNIER

Monsieur le Docteur Jean PORTERIE

Président

Assesseur

Assesseur

Assesseur

Invité



Département Médecine, Maïeutique et Paramédical
Tableau du personnel hospitalo-universitaire de médecine
2022-2023

Professeurs Honoraires

Doyen Honoraire	M. CHAP Hugues	Professeur Honoraire	Mme GENESTAL Michèle
Doyen Honoraire	M. GUIRAUD-CHAUMEIL Bernard	Professeur Honoraire	M. GERAUD Gilles
Doyen Honoraire	M. PUEL Pierre	Professeur Honoraire	M. GHISOLFI Jacques
Doyen Honoraire	M. ROUGE Daniel	Professeur Honoraire	M. GLOCK Yves
Doyen Honoraire	M. VINEL Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. GOUZI Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. ABBAL Michel	Professeur Honoraire	M. GRAND Alain
Professeur Honoraire	M. ADER Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. HOFF Jean
Professeur Honoraire	M. ADOUE Daniel	Professeur Honoraire	M. JOFFRE Francis
Professeur Honoraire	M. ARBUS Louis	Professeur Honoraire	M. LAGARRIGUE Jacques
Professeur Honoraire	M. ARLET Philippe	Professeur Honoraire	M. LANG Thierry
Professeur Honoraire	M. ARLET-SUAU Elisabeth	Professeur Honoraire	Mme LARENG Marie-Blanche
Professeur Honoraire	M. ARNE Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. LAROCHE Michel
Professeur Honoraire	M. ATTAL Michel	Professeur Honoraire	M. LAUQUE Dominique
Professeur Honoraire	M. BARRET André	Professeur Honoraire	M. LAURENT Guy
Professeur Honoraire	M. BARTHE Philippe	Professeur Honoraire	M. LAZORTHES Franck
Professeur Honoraire	M. BAYARD Francis	Professeur Honoraire	M. LEOPHONTE Paul
Professeur Honoraire	M. BLANCHER Antoine	Professeur Honoraire	M. MAGNAVAL Jean-François
Professeur Honoraire	M. BOCCALON Henri	Professeur Honoraire	M. MALECAZE François
Professeur Honoraire	M. BONAFÉ Jean-Louis	Professeur Honoraire	M. MANELFE Claude
Professeur Honoraire	M. BONEU Bernard	Professeur Honoraire	M. MANSAT Michel
Professeur Honoraire	M. BONNEVILLE Paul	Professeur Honoraire	M. MARCHOU Bruno
Professeur Honoraire	M. BOSSAVY Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. MASSIP Patrice
Professeur Honoraire	M. BOUNHOURE Jean-Paul	Professeur Honoraire	Mme MARTY Nicole
Professeur Honoraire	M. BOUTAULT Franck	Professeur Honoraire	M. MAZIERES Bernard
Professeur Honoraire Associé	M. BROS Bernard	Professeur Honoraire	M. MONROZIES Xavier
Professeur Honoraire	M. BUGAT Roland	Professeur Honoraire	M. MONTASTRUC Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. BUJAN Louis	Professeur Honoraire	M. MOSCOVICI Jacques
Professeur Honoraire	M. CAHUZAC Jean-Philippe	Professeur Honoraire	M. MURAT
Professeur Honoraire	M. CALVAS Patrick	Professeur Honoraire associé	M. NICODEME Robert
Professeur Honoraire	M. CARATERO Claude	Professeur Honoraire	M. OLIVES Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARLES Pierre	Professeur Honoraire	M. PARINAUD Jean
Professeur Honoraire	M. CARON Philippe	Professeur Honoraire	M. PASCAL Jean-Pierre
Professeur Honoraire	M. CARRIERE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. PERRET Bertrand
Professeur Honoraire	M. CARTON Michel	Professeur Honoraire	M. PESSEY Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. CATHALA Bernard	Professeur Honoraire	M. PLANTE Pierre
Professeur Honoraire	M. CHABANON Gérard	Professeur Honoraire	M. PONTONNIER Georges
Professeur Honoraire	M. CHAMONTIN Bernard	Professeur Honoraire	M. POURRAT Jacques
Professeur Honoraire	M. CHAVOIN Jean-Pierre	Professeur Honoraire	M. PRADERE Bernard
Professeur Honoraire	M. CHIRON Philippe	Professeur Honoraire	M. PRIS Jacques
Professeur Honoraire	M. CLANET Michel	Professeur Honoraire	Mme PUEL Jacqueline
Professeur Honoraire	M. CONTE Jean	Professeur Honoraire	M. PUJOL Michel
Professeur Honoraire	M. COSTAGLIOLA Michel	Professeur Honoraire	M. QUERLEU Denis
Professeur Honoraire	M. COTONAT Jean	Professeur Honoraire	M. RAILHAC Jean-Jacques
Professeur Honoraire	M. DABERNAT Henri	Professeur Honoraire	M. REGNIER Claude
Professeur Honoraire	M. DAHAN Marcel	Professeur Honoraire	M. REME Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. DALOUS Antoine	Professeur Honoraire	M. RISCHMANN Pascal
Professeur Honoraire	M. DALY-SCHVEITZER Nicolas	Professeur Honoraire	M. RIVIERE Daniel
Professeur Honoraire	M. DAVID Jean-Frédéric	Professeur Honoraire	M. ROCHE Henri
Professeur Honoraire	M. DELSOL Georges	Professeur Honoraire	M. ROCHICCIOLI Pierre
Professeur Honoraire	Mme DELISLE Marie-Bernadette	Professeur Honoraire	M. ROLLAND Michel
Professeur Honoraire	Mme DIDIER Jacqueline	Professeur Honoraire	M. ROQUES-LATRILLE Christian
Professeur Honoraire	M. DUCOS Jean	Professeur Honoraire	M. RUMEAU Jean-Louis
Professeur Honoraire	M. DUFFAUT Michel	Professeur Honoraire	M. SALVADOR Michel
Professeur Honoraire	M. DUPRE M.	Professeur Honoraire	M. SALVAYRE Robert
Professeur Honoraire	M. DURAND Dominique	Professeur Honoraire	M. SARRAMON Jean-Pierre
Professeur Honoraire associé	M. DUTAU Guy	Professeur Honoraire	M. SCHMITT Laurent
Professeur Honoraire	M. ESCOURROU Jean	Professeur Honoraire	M. SERRE Guy
Professeur Honoraire	M. ESQUERRE Jean-Paul	Professeur Honoraire	M. SIMON Jacques
Professeur Honoraire	M. FABIÉ Michel	Professeur Honoraire	M. SUC Jean-Michel
Professeur Honoraire	M. FABRE Jean	Professeur Honoraire	M. THOUVENOT Jean-Paul
Professeur Honoraire	M. FOURNIAL Gérard	Professeur Honoraire	M. TREMOULET Michel
Professeur Honoraire	M. FOURNIE Bernard	Professeur Honoraire	M. VALDIGUIE Pierre
Professeur Honoraire	M. FOURTANIER Gilles	Professeur Honoraire	M. VAYSSE Philippe
Professeur Honoraire	M. FRAYSSE Bernard	Professeur Honoraire	M. VIRENQUE Christian
Professeur Honoraire	M. FREXINOS Jacques	Professeur Honoraire	M. VOIGT Jean-Jacques

Professeurs Emérites

Professeur BUJAN Louis	Professeur MAGNAVAL Jean-François	Professeur VINEL Jean-Pierre
Professeur CHAP Hugues	Professeur MARCHOU Bruno	
Professeur FRAYSSE Bernard	Professeur MONTASTRUC Jean-Louis	
Professeur LANG Thierry	Professeur PERRET Bertrand	
Professeur LAROCHE Michel	Professeur ROQUES LATRILLE Christian	
Professeur LAUQUE Dominique	Professeur SERRE Guy	

P.U. - P.H.
Classe Exceptionnelle et 1ère classe

M. ACAR Philippe	Pédiatrie	M. LARRUE Vincent	Neurologie
M. ACCADBLED Franck (C.E)	Chirurgie Infantile	M. LAUQUE Dominique (C.E)	Médecine d'Urgence
M. ALRIC Laurent (C.E)	Médecine Interne	Mme LAURENT Camille	Anatomie Pathologique
M. AMAR Jacques (C.E)	Thérapeutique	M. LAUWERS Frédéric	Chirurgie maxillo-faciale
Mme ANDRIEU Sandrine	Epidémiologie, Santé publique	M. LE CAIGNEC Cédric	Génétique
M. ARBUS Christophe	Psychiatrie	M. LEVADE Thierry (C.E)	Biochimie
M. ARNAL Jean-François (C.E)	Physiologie	M. LIBLAU Roland (C.E)	Immunologie
M. AUSSEIL Jérôme	Biochimie et biologie moléculaire	M. MALVAUD Bernard (C.E)	Urologie
M. AVET-LOISEAU Hervé (C.E)	Hématologie, transfusion	M. MANSAT Pierre (C.E)	Chirurgie Orthopédique
M. BERRY Antoine	Parasitologie	M. MARCHEIX Bertrand	Chirurgie orthopédique et cardio-vasculaire
Mme BERRY Isabelle (C.E)	Biophysique	M. MARQUE Philippe (C.E)	Médecine Physique et Réadaptation
M. BIRMES Philippe	Psychiatrie	M. MAS Emmanuel	Pédiatrie
M. BONNEVILLE Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique	M. MAURY Jean-Philippe (C.E)	Cardiologie
M. BONNEVILLE Fabrice	Radiologie	Mme MAZEREEUW Juliette	Dermatologie
M. BROUCHET Laurent	Chirurgie thoracique et cardio-vascul	M. MAZIERES Julien (C.E)	Pneumologie
M. BROUSSET Pierre (C.E)	Anatomie pathologique	M. MINVILLE Vincent	Anesthésiologie Réanimation
Mme BURAS-RIVIERE Alessandra (C.E)	Médecine Vasculaire	M. MOLINIER Laurent (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique
M. BUREAU Christophe	Hépatogastro-entérologie	Mme MOYAL Elisabeth (C.E)	Cancérologie
M. BUSCAIL Louis (C.E)	Hépatogastro-entérologie	M. MUSCARI Fabrice	Chirurgie Digestive
M. CANTAGREL Alain (C.E)	Rhumatologie	Mme NOURHASHEMI Fatemeh (C.E)	Gériatrie
M. CARRERE Nicolas	Chirurgie Générale	M. OLIVOT Jean-Marc	Neurologie
M. CARRIE Didier (C.E)	Cardiologie	M. OSWALD Eric (C.E)	Bactériologie-Virologie
M. CHAIX Yves	Pédiatrie	M. PAGES Jean-Christophe	Biologie cellulaire
Mme CHANTALAT Elodie	Anatomie	M. PARIENTE Jérémie	Neurologie
Mme CHARPENTIER Sandrine (C.E)	Médecine d'urgence	M. PAUL Carle (C.E)	Dermatologie
M. CHAUFOUR Xavier	Chirurgie Vasculaire	M. PAYOUX Pierre (C.E)	Biophysique
M. CHAUVEAU Dominique	Néphrologie	M. PAYRASTRE Bernard (C.E)	Hématologie
M. CHAYNES Patrick	Anatomie	M. PERON Jean-Marie (C.E)	Hépatogastro-entérologie
M. CHOLLET François (C.E)	Neurologie	Mme PERROT Aurore	Physiologie
M. CONSTANTIN Arnaud	Rhumatologie	M. RASCOL Olivier (C.E)	Pharmacologie
M. COURBON Frédéric (C.E)	Biophysique	Mme RAUZY Odile	Médecine Interne
Mme COURTADE SAIDI Monique (C.E)	Histologie Embryologie	M. RAYNAUD Jean-Philippe (C.E)	Psychiatrie Infantile
M. DAMBRIN Camille	Chir. Thoracique et Cardiovasculaire	M. RECHER Christian (C.E)	Hématologie
M. DE BOISSEZON Xavier	Médecine Physique et Réadapt Fonct.	M. RITZ Patrick (C.E)	Nutrition
M. DEGUINE Olivier (C.E)	Oto-rhino-laryngologie	M. ROLLAND Yves (C.E)	Gériatrie
M. DELABESSE Eric	Hématologie	M. RONCALLI Jérôme	Cardiologie
M. DELOBEL Pierre	Maladies Infectieuses	M. ROUSSEAU Hervé (C.E)	Radiologie
M. DELORD Jean-Pierre (C.E)	Cancérologie	M. ROUX Franck-Emmanuel	Neurochirurgie
M. DIDIER Alain (C.E)	Pneumologie	M. SAILLER Laurent (C.E)	Médecine Interne
M. DUCOMMUN Bernard	Cancérologie	M. SALES DE GAUZY Jérôme (C.E)	Chirurgie Infantile
Mme DULY-BOUHANICK Béatrice (C.E)	Thérapeutique	M. SALLES Jean-Pierre (C.E)	Pédiatrie
M. ELBAZ Meyer	Cardiologie	M. SANS Nicolas	Radiologie
Mme EVRARD Solène	Histologie, embryologie et cytologie	Mme SELVES Janick (C.E)	Anatomie et cytologie pathologiques
M. FERRIERES Jean (C.E)	Epidémiologie, Santé Publique	M. SENARD Jean-Michel (C.E)	Pharmacologie
M. FOURCADE Olivier (C.E)	Anesthésiologie	M. SERRANO Elie (C.E)	Oto-rhino-laryngologie
M. FOURNIÉ Pierre	Ophthalmologie	M. SIZUN Jacques (C.E)	Pédiatrie
M. GALINIER Michel (C.E)	Cardiologie	M. SOL Jean-Christophe	Neurochirurgie
M. GAME Xavier (C.E)	Urologie	M. SOLER Vincent	Ophthalmologie
Mme GARDETTE Virginie	Epidémiologie, Santé publique	Mme SOTO-MARTIN Maria-Eugénia	Gériatrie et biologie du vieillissement
M. GEERAERTS Thomas	Anesthésiologie et réanimation	M. SOULAT Jean-Marc (C.E)	Médecine du Travail
Mme GOMEZ-BROUCHET Anne-Muriel (C.E)	Anatomie Pathologique	M. SOULIE Michel (C.E)	Urologie
M. GOURDY Pierre (C.E)	Endocrinologie	M. SUC Bertrand	Chirurgie Digestive
M. GROLLEAU RAOUX Jean-Louis (C.E)	Chirurgie plastique	Mme TAUBER Marie-Thérèse (C.E)	Pédiatrie
Mme GUIMBAUD Rosine	Cancérologie	M. TELMON Norbert (C.E)	Médecine Légale
Mme HANAIRE Hélène (C.E)	Endocrinologie	Mme TREMOLLIERES Florence	Biologie du développement
M. HUYGHE Eric	Urologie	Mme URO-COSTE Emmanuelle (C.E)	Anatomie Pathologique
M. IZOPET Jacques (C.E)	Bactériologie-Virologie	M. VAYSSIERE Christophe (C.E)	Gynécologie Obstétrique
M. KAMAR Nassim (C.E)	Néphrologie	M. VELLAS Bruno (C.E)	Gériatrie
Mme LAMANT Laurence (C.E)	Anatomie Pathologique	M. VERGEZ Sébastien	Oto-rhino-laryngologie
M. LANGIN Dominique (C.E)	Nutrition		
Mme LAPRIE Anne	Radiothérapie		

P.U. Médecine générale

Mme DUPOUY Julie
M. OUSTRIC Stéphane (C.E)
Mme ROUGE-BUGAT Marie-Eve

FACULTE DE SANTE
Département Médecine, Maïeutique et Paramédical

P.U. - P.H.
2ème classe

Professeurs Associés

M. ABBO Olivier	Chirurgie infantile
Mme BONGARD Vanina	Epidémiologie, Santé publique
M. BOUNES Vincent	Médecine d'urgence
Mme BOURNET Barbara	Gastro-entérologie
Mme CASPER Charlotte	Pédiatrie
M. CAVAIGNAC Etienne	Chirurgie orthopédique et traumatologie
M. CHAPUT Benoit	Chirurgie plastique
M. COGNARD Christophe	Radiologie
Mme CORRE Jill	Hématologie
Mme DALENC Florence	Cancérologie
M. DE BONNECAZE Guillaume	Anatomie
M. DECRAMER Stéphane	Pédiatrie
Mme DUPRET-BORIES Agnès	Oto-rhino-laryngologie
M. EDOUARD Thomas	Pédiatrie
M. FAGUER Stanislas	Néphrologie
Mme FARUCH BILFELD Marie	Radiologie et imagerie médicale
M. FRANCHITTO Nicolas	Addictologie
M. GARRIDO-STÖWHAS Ignacio	Chirurgie Plastique
Mme GASCOIN Géraldine	Pédiatrie
M. GUBERT Nicolas	Pneumologie
M. GUILLEMINAULT Laurent	Pneumologie
M. HERIN Fabrice	Médecine et santé au travail
M. LAIREZ Olivier	Biophysique et médecine nucléaire
M. LEANDRI Roger	Biologie du dével. et de la reproduction
M. LOPEZ Raphael	Anatomie
M. MARTIN-BLONDEL Guillaume	Maladies infectieuses, maladies tropicales
Mme MARTINEZ Alejandra	Gynécologie
M. MARX Mathieu	Oto-rhino-laryngologie
M. MEYER Nicolas	Dermatologie
Mme MOKRANE Fatima	Radiologie et imagerie médicale
Mme PASQUET Marlène	Pédiatrie
M. PIAU Antoine	Médecine interne
M. PORTIER Guillaume	Chirurgie Digestive
M. PUGNET Grégory	Médecine interne
M. REINA Nicolas	Chirurgie orthopédique et traumatologique
M. RENAUDINEAU Yves	Immunologie
Mme RUYSEN-WITRAND Adeline	Rhumatologie
Mme SAVAGNER Frédérique	Biochimie et biologie moléculaire
M. SAVALL Frédéric	Médecine légale
M. SILVA SIFONTES Stein	Réanimation
Mme SOMMET Agnès	Pharmacologie
M. TACK Ivan	Physiologie
Mme VAYSSE Charlotte	Cancérologie
Mme VEZZOSI Delphine	Endocrinologie
M. YRONDI Antoine	Psychiatrie
M. YSEBAERT Loïc	Hématologie

Professeur Associé de Médecine Générale

M. ABITTEBOUL Yves
M. BIREBENT Jordan
M. BOYER Pierre
Mme FREYENS Anne
Mme IRI-DELAHAYE Motoko
M. POUTRAIN Jean-Christophe
M. STILLMUNKES André

FACULTE DE SANTE
Département Médecine, Maïeutique et Paramédical

MCU - PH

Mme ABRAVANEL Florence	Bactériologie Virologie Hygiène	Mme GENNERO Isabelle	Biochimie
M. APOIL Pol Andre	Immunologie	Mme GENOUX Annelise	Biochimie et biologie moléculaire
Mme ARNAUD Catherine	Epidémiologie	Mme GRARE Marion	Bactériologie Virologie Hygiène
Mme AUSSEIL-TRUDEL Stéphanie	Biochimie	M. GUERBY Paul	Gynécologie-Obstétrique
Mme BASSET Céline	Cytologie et histologie	Mme GUILBEAU-FRUGIER Céline	Anatomie Pathologique
Mme BELLIERES-FABRE Julie	Néphrologie	Mme GUYONNET Sophie	Nutrition
Mme BERTOLI Sarah	Hématologie, transfusion	M. HAMDJ Saouane	Biochimie
M. BIETH Eric	Génétique	Mme HITZEL Anne	Biophysique
Mme BOUNES Fanny	Anesthésie-Réanimation	M. IRIART Xavier	Parasitologie et mycologie
Mme BREHIN Camille	Pneumologie	Mme JONCA Nathalie	Biologie cellulaire
M. BUSCAIL Etienne	Chirurgie viscérale et digestive	M. LAPEBIE François-Xavier	Chirurgie vasculaire
Mme CAMARE Caroline	Biochimie et biologie moléculaire	Mme LAPEYRE-MESTRE Maryse	Pharmacologie
Mme CANTERO Anne-Valérie	Biochimie	M. LEPAGE Benoit	Pharmacologie
Mme CARFAGNA Luana	Pédiatrie	M. LHERMUSIER Thibault	Cardiologie
Mme CASPAR BAUGUIL Sylvie	Nutrition	M. LHOMME Sébastien	Bactériologie-virologie
Mme CASSAGNE Myriam	Ophthalmologie	Mme MASSIP Clémence	Bactériologie-virologie
Mme CASSAING Sophie	Parasitologie	Mme MAUPAS SCHWALM Françoise	Biochimie
Mme CASSOL Emmanuelle	Biophysique	Mme MONTASTIER Emilie	Nutrition
M. CHASSAING Nicolas	Génétique	M. MONTASTRUC François	Pharmacologie
M. CLAVEL Cyril	Biologie Cellulaire	Mme MOREAU Jessika	Biologie du dév. Et de la reproduction
Mme COLOMBAT Magali	Anatomie et cytologie pathologiques	Mme MOREAU Marion	Physiologie
M. COMONT Thibault	Médecine interne	M. MOULIS Guillaume	Médecine interne
M. CONGY Nicolas	Immunologie	Mme NOGUEIRA Maria Léonor	Biologie Cellulaire
Mme COURBON Christine	Pharmacologie	Mme PERICART Sarah	Anatomie et cytologie pathologiques
M. CUROT Jonathan	Neurologie	M. PILLARD Fabien	Physiologie
Mme DAMASE Christine	Pharmacologie	Mme PLAISANCIE Julie	Génétique
Mme DE GLISEZINSKY Isabelle	Physiologie	Mme PUISSANT Bénédicte	Immunologie
M. DEDOUIT Fabrice	Médecine Légale	Mme QUELVEN Isabelle	Biophysique et médecine nucléaire
M. DEGBOE Yannick	Rhumatologie	Mme RAYMOND Stéphanie	Bactériologie Virologie Hygiène
M. DELMAS Clément	Cardiologie	M. REVET Alexis	Pédo-psychiatrie
M. DELPLA Pierre-André	Médecine Légale	Mme RIBES-MAUREL Agnès	Hématologie
M. DESPAS Fabien	Pharmacologie	Mme SABOURDY Frédérique	Biochimie
M. DUBOIS Damien	Bactériologie Virologie Hygiène	Mme SALLES Juliette	Psychiatrie adultes/Addictologie
Mme ESQUIROL Yolande	Médecine du travail	Mme SAUNE Karine	Bactériologie Virologie
Mme FILLAUX Judith	Parasitologie	Mme SIEGFRIED Aurore	Anatomie et cytologie pathologiques
Mme FLOCH Pauline	Bactériologie-Virologie	M. TREINER Emmanuel	Immunologie
Mme GALINIER Anne	Nutrition	Mme VALLET Marion	Physiologie
M. GANTET Pierre	Biophysique	M. VERGEZ François	Hématologie
M. GASQ David	Physiologie	Mme VIJA Lavinia	Biophysique et médecine nucléaire
M. GATIMEL Nicolas	Médecine de la reproduction		

M.C.U. Médecine générale

M. BRILLAC Thierry
M. CHICOULAA Bruno
M. ESCOURROU Emile

Maitres de Conférence Associés

M.C.A. Médecine Générale

Mme BOURGEOIS Odile
Mme BOUSSIER Nathalie
Mme DURRIEU Florence
M. GACHIES Hervé
Mme LATROUS Leïla
M. PIPONNIER David
Mme PUECH Marielle

Serment d'Hippocrate

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Remerciements

Aux membres du jury

Monsieur le Président du Jury, Madame et Messieurs les membres du jury, je suis très honorée que vous ayez accepté d'intégrer ce jury de thèse.

Monsieur le Professeur Michel GALINIER, je vous remercie d'avoir accepté de présider le jury de cette thèse. Merci pour votre implication dans notre formation et votre écoute. Veuillez trouver ici l'expression de ma reconnaissance et de mon respect.

Monsieur le Docteur Clément DELMAS, merci d'avoir accepté de diriger cette thèse. Merci pour ton aide précieuse, ton investissement et ta réassurance. Merci pour ta disponibilité et ta bienveillance. Ton énergie et ta motivation sont contagieuses. Merci pour ton implication dans la formation des internes de cardiologie toulousaine et ces moments à l'USIC où tu m'as tellement appris. Sois assuré de ma reconnaissance et de mon respect.

Madame le Docteur Pauline FOURNIER, merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Merci pour tout ce que tu m'as appris. Merci pour ta disponibilité, ton écoute, ta bienveillance. Ton énergie est communicative. Travailler avec toi est un réel plaisir et une source d'inspiration. Merci d'être un modèle pour toutes les futures cardiologues. Sois assurée de ma reconnaissance et de mon respect.

Monsieur le Professeur Olivier LAIREZ, merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Merci pour tes conseils précieux, ton implication et ton expertise. Sois assuré de ma reconnaissance et de mon respect.

Monsieur le Docteur Jean Porterie, merci d'avoir accepté de faire partie de ce jury. Merci pour ta disponibilité, ton expertise en chirurgie cardiaque. Travailler avec toi est un toujours un plaisir. Sois assuré de ma reconnaissance et de mon respect.

Dr Yoan LAVIE BADIE, merci pour ces six mois en imagerie et pour tout ce que tu m'as appris. Ce fut passionnant et enrichissant. Travailler avec toi est un réel plaisir. Merci pour ta disponibilité, ta bienveillance, ton écoute. Ton expertise est inspirante.

Dr Ève CARIOU, merci pour tout ce que j'ai pu apprendre à tes côtés. Merci pour ta disponibilité. Ta rigueur et ton investissement constant sont inspirants.

Dr Stéphanie CAZALBOU, ton expertise en échographie force le respect. C'est toujours un plaisir de travailler avec toi. Merci pour tout ce que tu m'as appris.

Dr Valérie HOUARD, merci pour ces matinées à l'ETO, pour tout ce que tu m'as appris en échographie. Merci pour ta disponibilité et ta bonne humeur constante.

Dr Romain ITIER, ta rigueur, ton énergie, tes connaissances, ton efficacité sont inspirantes et motivantes. Merci pour ta disponibilité, ta bienveillance. Merci pour tout ce que j'ai pu apprendre à tes côtés.

Dr Thibault LHERMUSIER, merci pour tout ce que tu m'as appris. Merci pour ta disponibilité. Merci pour ce semestre enrichissant et formateur à la 61.

Dr Caroline BIENDEL, merci pour ces six mois à l'USIC. Merci pour ton calme et ta patience à toutes épreuves. Merci pour tout ce que tu m'as appris. Travailler avec toi est un plaisir et une source d'inspiration.

Dr Philippe CANTIE, merci pour tout ce que tu m'as appris pendant ces six mois. Merci pour ta bienveillance. Je retiens ton sens clinique et ta relation avec les patients.

Dr Ahmed FAKHRY, Dr Pascal CHAVERNAC, Dr Marion POCHE, merci pour ce que vous m'avez appris.

Ce stage fut formateur. J'y ai appris l'échocardiographie, les gardes de cardiologie, l'autonomisation.

Dr Rainui RICHAUD, merci pour ces six mois incroyables. Merci pour ce que tu m'as appris sur la cardiologie et la culture tahitienne. Merci pour ta disponibilité, ta patience. Ta relation avec les patients reste un modèle.

Bruno, Christophe, Charly, Katell, Florence, Elisabeth, Léa, Ludivine, Sylvain, Jad, Marlène, Chloé, merci pour ces six mois qui m'ont marquée à tout jamais. Merci pour votre accueil si chaleureux, pour votre aide, votre patience, vos sourires, pour tout ce que vous m'avez appris. Ça restera le stage le plus riche d'enseignements et de rencontres que j'ai pu faire. Merci à toute l'équipe paramédicale qui est incroyable.

Dr SEGUIN, Dr BOUNES, Dr CROGNIER, Dr RUIZ, Dr PICHON, Dr SOULE, Dr POETTE, Dr ROUGET, merci pour ces six mois en Réanimation. Merci de votre accueil, de votre disponibilité, de votre bienveillance. Merci pour tout ce que vous m'avez appris. Ce fut riche d'enseignements. Travailler avec vous a été un vrai plaisir et une source d'inspiration.

Dr Lucas VERSET, merci au premier chef de clinique de ma vie. Premier contact avec la cardiologie toulousaine. Merci pour ta patience, ta bienveillance, ta disponibilité. Merci de m'avoir appris à être une interne. J'aurai adoré faire des gardes avec toi. Tu restes un de mes modèles.

Dr Thomas CHOLLET, merci pour tout ce que tu m'as appris (plein ou vide il faut choisir !), la 61 restera un très bon souvenir grâce à toi et ça c'est exceptionnel. Merci pour ton aide précieuse, pour les gouters / points du soir au relai H. Merci de m'avoir donnée envie d'aller à Tahiti.

Dr Guillaume ROBIN, merci au meilleur des chefs de clinique ! Merci pour tout ce savoir encyclopédique, ces diagnostics toujours justes, pour ta disponibilité, ta patience, ta bienveillance, ta modestie. Tu as rendu ce stage à l'USIC facile, passionnant et mémorable. Je te suis très reconnaissante. J'espère un jour te ressembler.

Dr Vincent Pey, merci pour ces six mois dans une nouvelle spécialité. Merci pour ton humour, ton sourire, ta bonne humeur constante. Merci pour tout ce que j'ai pu apprendre à tes côtés, ce fut très enrichissant. Merci de m'avoir accueillie et intégrée dans votre équipe. J'ai adoré ce stage en réanimation.

Jérémy, depuis mon premier jour au CHU de Toulouse, jusqu'à cette thèse, merci pour ta présence, ton aide précieuse, ton soutien. Merci pour tout ce que j'ai pu apprendre à tes côtés, pour toutes ces gardes partagées (même quand tu n'étais pas au top de ta forme !). Merci d'avoir été patient et bienveillant. Ton amitié m'est précieuse.

Damien, merci pour tout ce que tu m'as appris, pour toutes ces gardes partagées. Merci pour ta bonne humeur communicative, ton amitié. Tu es un excellent médecin et j'espère un jour avoir un quart de tes connaissances et ton niveau en échographie. Je suis triste de te voir partir, tu vas beaucoup nous manquer.

Kim, merci pour tout ce que tu m'as appris, pour ces après-midis au stress. Merci pour ton énergie, ta bonne humeur. Tu rends l'apprentissage facile et ludique.

A ma famille

Papa et Maman, merci pour votre soutien indéfectible, votre aide précieuse et votre amour. Merci d'avoir toujours cru en moi et d'accepter tous mes choix (même quand ils sous-tendent partir à 16000 km). Je n'en serais pas là aujourd'hui sans votre présence à mes côtés. Cette thèse est en grande partie grâce à vous.

Alizée, merci d'illuminer ma vie depuis 21 ans. Merci pour ton soutien, ton amour. Être ta sœur est mon plus beau cadeau. Je suis très fière de l'adulte que tu deviens même si tu resteras pour toujours mon bébé.

Marraine et Parrain, merci à vous deux pour votre soutien et votre amour.

Christel, Norbert, Hugo, Thalia, merci à vous quatre. Merci d'être présent à chaque étape de ma vie. Merci pour votre soutien sans faille, votre amour. Je vous suis très reconnaissante.

Kevin, merci à mon cousin préféré, 29 ans après tu as toujours le titre. Merci pour ton soutien, ton amour. Merci d'agrandir la famille de la plus belle des façons.

Mando et Chantal, merci pour votre présence et votre soutien.

A mes amis

Charlotte et Manon, merci pour cette amitié qui dure depuis l'école primaire. Merci d'être présentes depuis le début, merci pour votre soutien, votre patience, votre bienveillance. Votre amitié compte beaucoup pour moi. J'ai hâte de la suite à vos côtés.

Thomas, merci d'être là depuis toutes ces années. Merci de ton soutien sans faille, ton amitié. Je suis très heureuse de te savoir de retour dans notre sud adoré.

Nico, depuis ce coup de cœur amical en P2, rien n'a changé. Merci pour ton amitié, ton soutien, ta présence. Merci pour ces voyages au bout du monde et tous ces souvenirs. Je suis très fière et heureuse de t'avoir vu accomplir ce que tu souhaitais et de compter un Ophtalmologue dans ma team. Tu es gravé dans ma peau pour la vie.

Mélanie, merci pour ton amitié qui m'est très chère. Merci pour ta bonne humeur, ta franchise, ton soutien constant. De la P2 et jusqu'à aujourd'hui, merci pour tous ces souvenirs partagés, ces week-ends pleins de surprises. Tu es une des personnes les plus solaires que je connaisse. Je suis fière d'être ton amie.

Émilie, Laurie, Karina, merci à vous trois pour cet externat mémorable. Merci pour tous ces souvenirs que je chéris, ces moments partagés, ces fous rires, ces soirées (trop) alcoolisées. Merci pour cette amitié qui dure malgré la distance. Je suis très heureuse d'être votre amie et votre future consœur.

Céline, depuis cette rencontre sur un banc au fond de l'Ariège, merci de faire partie de ma vie. Je suis reconnaissante de t'avoir rencontrée et d'avoir été ta première co interne. Tu seras une chef de clinique incroyable et je suis fière d'être ta future consœur. Merci pour ta présence, ton soutien, ta bienveillance, ta réassurance. Merci d'être un soleil dans ma vie. Depuis quatre ans, ton énergie, ton sourire, tous nos moments partagés sont d'un infini réconfort. Ton amitié m'est très précieuse.

Laurine, merci à la meilleure co interne de l'univers. Je suis heureuse de t'avoir rencontrée ce premier jour au London Town. Tu as rendu cet internat infiniment plus facile et ces innombrables journées (et soirées) au CHU de bons souvenirs. Merci pour ton soutien, ta réassurance, ta présence. Merci pour ces soirées mémorables. Tu es l'un des meilleurs médecins que je connaisse. Ton amitié m'est très chère. Je suis fière d'être ta future consœur.

Maxime, Paul, François, Mika, Anthony, JB, merci beaucoup à vous six pour ces quatre années d'internat. Merci pour votre amitié, pour cette entraide, ces moments partagés. Bémol sur les sorties qui sont trop rares à mon goût. Depuis le début on est une équipe.

Marie, merci pour ces six mois à l'USIC, qui m'ont permis de te connaître. Merci pour ton soutien, ta présence, ta bienveillance, ta réassurance. Ton énergie est communicative. Merci pour tous ces moments et ces week-ends partagés. Tu seras une chef de clinique remarquable. Ton amitié m'est très chère. Je suis fière d'être ta future consœur.

Miloud, merci pour ton travail, ton soutien et ton aide précieuse sur cette thèse. Merci pour ta bienveillance, pour ces moments partagés, pour ton amitié. Je suis admirative de tes connaissances et de ton humilité. Tu seras un formidable rythmologue.

Lison, merci pour tous ces moments partagés, je suis reconnaissante de t'avoir rencontrée. Merci pour ton investissement pour les internes. Merci pour ton sourire, ta bonne humeur constante. Je suis très heureuse d'être ton amie.

Flavie, ma tahitienne préférée. Je suis triste que tu ne sois pas là mais ce n'est que partie remise. Merci pour ta bienveillance, ton sourire constant, ton amitié. Très heureuse de te compter parmi mes co internes. J'ai hâte des apéros de retrouvaille.

Matthieu, merci pour ces six mois à l'USIC, grâce à vous quatre c'est de loin l'un de mes meilleurs stages. Merci pour ton calme à toute épreuve, ta bonne humeur constante, ton amitié. Tu feras un excellent coronarographe à n'en pas douter. Bémol pour ton emploi du temps de premier ministre.

Déborah, merci pour ton sourire, ta bonne humeur. Merci pour ton amitié. Merci d'être une si bonne partenaire de soirée !

Gab, je n'ai pas assez eu l'occasion de travailler avec toi. Merci pour ta bienveillance, ta bonne humeur. Il faudrait augmenter la fréquence des apéros en cardiologie. Je suis très heureuse d'être ta co interne.

Quentin, Emma, Micka, merci pour votre bonne humeur, votre gentillesse. Très heureuse de vous compter parmi mes futurs confrères.

Laurence, un peu triste de n'avoir pas assez eu l'occasion de boire des gin tonics avec toi. Je pense qu'on a quelques points communs dont le gout du soleil, de l'eau turquoise et des margaritas. Hâte de venir te voir au Canada.

Arthur, Henri, merci pour ces six mois à l'USIC, j'espère que vous les avez appréciés autant que nous. Merci pour votre aide précieuse. Merci pour ces diners italiens.

Clarisse, Laetitia, merci pour votre aide à l'écho et votre patience pendant ces six mois.

Ronan, Thibaut, Hélène, Kevin, Anthony, Paul, Nathan, merci pour votre bienveillance, votre accueil, votre aide. Très heureuse d'enfin rentrer dans la team des grands !

Paolo, Guillaume, Joaquim, merci pour ces six mois à l'écho, malgré le jeûne intermittent de Paolo ! Ça a été un plaisir de travailler avec vous.

Nicolas, Théo, Antoine, Elena, Sonia, je suis très heureuse de vous avoir comme co interne. Hâte de travailler avec vous.

Laurent, Mehdi, Chloé, Paul, Lydia, Hugo, Angèle, je ne vous connais pas encore mais bienvenue dans la famille de la cardiologie toulousaine, j'ai hâte de travailler avec vous.

Léo, merci pour ces six mois à l'USIC, c'est un des meilleurs stages que j'ai pu faire. Ça a été un vrai plaisir de travailler avec toi. Merci pour ton sourire, ta bonne humeur et ta modestie.

Vincent, merci d'avoir été un de mes repères à 16000 km, acteur principal de la Yellow. Merci pour tous ces souvenirs partagés, ces Hinanos, ces sorties sur Vivi qui peinait un peu dans les côtes. Merci pour ton amitié. J'ai hâte des nouvelles sorties traquenards !

Élisa, merci pour ton amitié et ton soutien à l'autre bout du monde. Tu as été le soleil de la Yellow. Merci pour tous ces moments partagés, des motus de Tikehau aux sorties au Morrison. Je suis heureuse de t'avoir retrouvée.

A la Réa : **Marie Lucie, Louise, Pierrick, Etienne, Julie, Alexane, Lara, Laetitia, Charlotte, Pierre Louis, Wiem, Antoine, Etienne, Marie, Philippine, Paul, Louis Marie**, merci pour ces six mois incroyables. Merci de m'avoir intégrée comme une des vôtres. Merci pour la bienveillance, l'entraide, votre bonne humeur. C'était riche d'enseignements, de petits dej au relai H et de phrases qui resteront dans les annales. Vous êtes une team géniale !

Aux **infirmiers de l'USIC**, merci pour votre rôle indispensable et votre aide précieuse. Merci pour votre patience et votre bienveillance face à ces nouvelles têtes. Merci d'avoir rendu ces six mois à l'USIC géniaux. Travailler avec vous est un plaisir. J'ai hâte de vous retrouver.

A l'**Écho**, merci pour votre accueil toujours chaleureux, pour votre bienveillance et pour ces litres de cafés.

Et bien sûr à **Dobby**.

Liste des abréviations

- AMG: assistance mono-ventriculaire gauche
- AVC: accident vasculaire cérébral
- BPCO: bronchopneumopathie chronique obstructive
- CHU: centre hospitalier universitaire
- CNIL: commission nationale d'informatique et des libertés
- CRT: thérapie de resynchronisation cardiaque
- DAI: défibrillateur automatique implantable
- DFG: débit de filtration glomérulaire
- DT: destination therapy
- EANM: european association of nuclear medicine
- ECMO: extracorporeal membrane oxygenation
- EIQ: intervalle interquartile
- ESC: société européenne de cardiologie
- ESV: extrasystoles ventriculaires
- ET: écart type
- FA: fibrillation atriale
- FEV VD: fraction d'éjection ventriculaire droite isotopique ou tomographie volumique isotopique du ventricule droit
- FEVG: fraction d'éjection du ventricule gauche
- FPRNA: first pass radionuclide angiography
- HTA: hypertension artérielle
- IC: insuffisance cardiaque
- ICA: insuffisance cardiaque avancée
- IMC: indice de masse corporelle
- INTERMACS: interagency registry for mechanically assisted circulatory support

- ITV: intégrale temps vitesse
- NO: monoxyde d'azote
- NTproBNP: n terminal pro brain natriuretic peptide
- NYHA: new york heart association
- PAPd: pression artérielle pulmonaire diastolique
- PAPi: index de pression artérielle pulmonaire
- PAPm: pression artérielle pulmonaire moyenne
- PAPs: pression artérielle pulmonaire systolique
- PCP: pression capillaire pulmonaire
- POD: pression oreillette droite
- RVAD: right ventricular assist device
- SVO2: saturation veineuse en oxygène
- TAPSE: tricuspid annular plane systolic excursion
- TIPS: transjugular intrahepatic portosystemic shunt
- VD: ventricule droit
- VG: ventricule gauche
- 6MWT: test de marche de six minutes

Table des matières

I-	Introduction	17
II-	Matériels et méthodes	22
1-	Étude	22
2-	Données réglementaires	22
3-	Population	22
4-	Tomographie volumique isotopique du ventricule droit	23
5-	Données et suivi	23
6-	Analyses statistiques	24
III-	Résultats	25
1-	Caractéristiques de la population	25
2-	Tomographie volumique isotopique du ventricule droit	31
3-	Corrélation de la FEV VD avec les caractéristiques préimplantatoires clinico-biologiques et d'imagerie	32
IV-	Discussion	36
V-	Conclusion	41
	Analyses supplémentaires	42
	Références	52

I- Introduction

L'insuffisance cardiaque avancée (ICA) est une maladie fréquente et sévère, dont la prévalence ne cesse d'augmenter en raison du nombre croissant de patients atteints d'insuffisance cardiaque (IC) et du vieillissement de la population.

Elle se définit par des symptômes d'insuffisance cardiaque sévères et persistants (dyspnée stade III ou IV de la *New York Heart Association* (NYHA)), assortis d'une dysfonction cardiaque sévère qui peut se manifester sous forme d'une diminution de la fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG) inférieure à 30%, d'une défaillance du ventricule droit (VD) isolée, de valvulopathies sévères non opérables, d'une cardiopathie congénitale sévère ou d'une dysfonction diastolique sévère avec ascension des peptides natriurétiques. S'y associent des épisodes de congestion systémiques ou pulmonaires nécessitant des cures de diurétiques intraveineuses ou des épisodes d'hypoperfusion périphérique nécessitant des inotropes ou des vasopresseurs, ou des arythmies malignes, causant plus d'une consultation ou hospitalisation non prévue dans les douze derniers mois. Il existe également une incapacité fonctionnelle majeure mise en évidence par un test de marche de six minutes (6MWT) inférieur à 300 mètres et/ou un pic de VO₂ inférieur à 12-14 ml/kg/min.¹

Elle touche 0,4 à 0,6 % de la population générale et 1 à 10 % des patients insuffisants cardiaques. Son pronostic est sombre avec une médiane de survie de neuf mois et 50% de mortalité ou nécessité de recours à une assistance ou transplantation cardiaque à deux ans.²

3 4 5

La transplantation cardiaque reste le traitement de référence de l'ICA avec une médiane de survie post transplantation de douze ans environ et une amélioration de la qualité de vie, mais il existe à l'heure actuelle une pénurie de greffons avec un greffon pour deux receveurs environ.⁶

L'assistance mono-ventriculaire gauche (AMG) est un traitement reconnu de l'ICA qui peut s'envisager en pont à la transplantation ou en traitement définitif (rares cas de pont à la récupération). Plusieurs dispositifs existent mais seul le HeartMate 3 (ABOTT®) est

actuellement disponible en pratique clinique. Son utilisation dans le cadre de l'ICA améliore la qualité de vie, les paramètres fonctionnels et la survie des patients en comparaison au traitement médical optimal, comme en atteste l'étude ROADMAP (70 vs 41 % de survie à deux ans).^{7 8}

L'étude MOMENTUM 3, randomisée multicentrique, ayant comparé Heartmate 2 et Heartmate 3, a montré un taux de survie à 5 ans supérieur à 50 % sans évènement grave (AVC ou nécessité de changement de pompe) chez les patients implantés d'un Heartmate 3.⁹ Ces données sont par ailleurs confirmées en vie réelle par les données issues du registre *Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support (INTERMACS)* avec une survie à deux ans de 80% et une médiane de survie de l'ensemble de la cohorte de quatre ans et demi.¹⁰

Néanmoins, le talon d'Achille de l'AMG reste la fonction ventriculaire droite puisque le VD n'est pas directement assisté par le dispositif et l'augmentation du retour veineux induit pourrait même majorer sa pré-charge et risquer de créer ou d'aggraver sa défaillance.¹¹

L'évaluation du VD est donc cruciale en pré implantation mais également dans le suivi post implantation. Son anatomie est complexe et une approche basée sur les techniques disponibles seules ou en association (échographie, scanner ou IRM) reste imparfaite pour la prédiction de la défaillance du VD post opératoire alors même qu'elle est pronostique à court et long terme post implantation.¹²

D'autre part, en post implantation, l'AMG entraîne des modifications de l'anatomie cardiaque et crée des artefacts limitant l'évaluation du VD par échographie et scanner. L'IRM myocardique est même contre indiquée du fait du matériel implanté.

En post implantation immédiat d'une AMG, il existe une augmentation de la précharge du VD, associée à une dysfonction primaire de son effet pompe en aigu par phénomène d'ischémie reperfusion peropératoire et inflammation/œdème secondaire.¹³ Par ailleurs, en aigu comme en chronique, la décharge du ventricule gauche (VG) par l'AMG diminue certes

la post charge du VD mais au prix d'une modification de la géométrie septale qui se retrouve déplacée vers la gauche limitant la disponibilité des myocytes cardiaques pour la contraction du VD.¹⁴ Ces variations anatomiques et fonctionnelles expliquent la survenue potentielle d'une défaillance ventriculaire droite après implantation.

La dysfonction du VD précoce en post implantation est définie par la nécessité de l'implantation d'une assistance ventriculaire droite temporaire (*Right Ventricular Assist Device* - RVAD), le besoin d'inotropes pendant plus de quatorze jours ou la nécessité de maintenir l'apport de monoxyde d'azote (NO) inhalé pendant plus de quarante-huit heures post implantation.¹⁵ La dysfonction du VD chronique survenant après la phase post opératoire est moins consensuelle. Elle se définit par la nécessité de l'implantation d'un RVAD ou d'une ré hospitalisation pour cure de diurétiques intraveineuses ou support par inotropes pendant plus de soixante-douze heures, plus de trente jours après l'implantation d'une AMG.¹¹ Il s'y associe classiquement des signes d'insuffisance cardiaque droite (turgescence jugulaire, ascite, œdèmes), une élévation de la pression atriale droite (>16 mmHg) et une chute du débit cardiaque (index cardiaque < 2,2 L/min/m²). On peut par ailleurs retrouver dans les formes les plus marquées, une insuffisance rénale aiguë, une insuffisance hépato cellulaire, une réduction du débit de la pompe de plus de 30 % sans tamponnade, une altération de la perfusion tissulaire périphérique et centrale définie par une baisse de la saturation veineuse en oxygène (SVO2) et une élévation potentielle du lactate artériel.^{11 16}

Cette défaillance cardiaque droite est fréquente, survenant sous forme d'un tableau d'insuffisance cardiaque droite de novo chez 24 % des patients implantés d'une AMG à un mois post implantation.¹⁵ Sa survenue et la répétition des épisodes de décompensations droites est associée à une altération du pronostic des patients avec une survie à deux ans de 82 % en l'absence de décompensation droite contre 50 % chez les patients avec trois épisodes de décompensations cardiaques droites.¹⁵

Il existe des scores de risque qui visent à prédire la survenue d'une dysfonction du VD post implantation, se basant sur des paramètres cliniques, biologiques, échographiques ainsi que sur l'IRM myocardique mais ils sont imparfaits, en majorité étudiés sur des cohortes

américaines, souvent anciennes (type d'AMG ancien et plus exploité, techniques de prise en charge médicales et chirurgicales dépassées).

Les facteurs prédictifs pré implantations classiquement reconnus de défaillance du VD en post implantation sont l'insuffisance rénale aiguë ou la nécessité de dialyse, l'élévation de la bilirubinémie, une urémie augmentée, l'indice de masse corporelle, la nécessité d'une assistance cardiaque aigue, d'un support ventilatoire, d'un support en inotropes ou vasopresseurs et un stade INTERMACS 1 ou 2.¹⁵ Par ailleurs, le projet du patient semble également corrélé au risque de défaillance du VD puisque l'implantation d'une AMG en thérapie définitive (*Destination Therapy* - DT) est un marqueur de risque indépendant de dysfonction du VD.¹³ Enfin, des résistances vasculaires pulmonaires augmentées ou la nécessité d'un ballon de contre pulsion intra aortique en pré implantation ont été identifié comme d'autres facteurs de risque potentiels.¹⁴ Néanmoins, ces techniques d'évaluation multiparamétriques restent imparfaites avec des capacités discriminantes modérées voire médiocres.

L'apport de l'échocardiographie s'avère d'une importance capitale dans le cadre de l'évaluation du VD, toutefois elle présente certaines limites propres comme une variabilité intra et inter observateur, une fenêtre acoustique parfois difficile et une fonction ventriculaire droite hautement charge dépendante.¹² Ainsi, d'autres techniques d'évaluation de la fonction et du risque de défaillance du VD en post implantation se développent comme l'angiographie par radionucléide de premier passage (FPRNA)¹⁷ ou encore la tomographie volumique isotopique du VD (FEV VD). Dans une petite série, monocentrique, cette dernière semble corrélée aux paramètres fonctionnels pour l'évaluation de la fonction du VD en post implantation d'une AMG avec une reproductibilité satisfaisante.¹⁸ Elle est également corrélée aux données de l'IRM pour l'évaluation de la fonction ventriculaire droite.¹⁹

Notre étude vise à analyser la corrélation des paramètres obtenus par la FEV VD en pré implantation avec les paramètres fonctionnels usuels (NYHA, 6MWT, pic de VO₂), les paramètres biologiques (bilirubine totale, débit de filtration glomérulaire (DFG), *N Terminal pro Brain Natriuretic Peptide* (NTproBNP)), les paramètres d'imagerie (fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG), *Tricuspid Annular Plane Systolic Excursion* (TAPSE), pic de l'onde S à l'anneau tricuspide) et les paramètres hémodynamiques de cathétérisme cardiaque

droit (pressions artérielles pulmonaires systoliques (PAPs), pressions artérielles pulmonaires diastoliques (PAPd), pressions artérielles pulmonaires moyennes (PAPm)) réalisés au même temps.

II- Matériels et méthodes

1- Étude

Il s'agit d'une étude observationnelle, monocentrique et rétrospective, réalisée au sein du centre hospitalier universitaire (CHU) de Toulouse, de juin 2015 à décembre 2022.

2- Données règlementaires

L'étude est conforme aux principes énoncés dans la Déclaration d'Helsinki. Selon les principes de la loi française sur l'éthique, les patients ont été informés que leurs données codifiées pourraient être utilisées pour l'étude. Selon les réglementations du Code de santé publique, les études rétrospectives basées sur l'exploitation des données habituelles de santé ne doivent pas être soumises à un comité d'éthique, mais elles doivent être déclarées et couvertes par la méthodologie de référence de la Commission Nationale d'Informatique et des Libertés (CNIL). Le recueil et le traitement informatique des données personnelles et médicales ont été mis en œuvre pour analyser les résultats de la recherche. Le CHU de Toulouse a signé un engagement de conformité à la méthodologie de référence MR-004 de la CNIL. Après évaluation et validation par l'agent de protection des données, et conformément au Règlement général sur la protection des données, cette étude a rempli tous les critères et est inscrite au registre des études rétrospectives du CHU de Toulouse (numéro d'enregistrement : RnIPH 2021-87) et reprise par le MR-004 (numéro français CNIL : 2206723 v 0). Cette étude a été approuvée par le CHU de Toulouse qui affirme que les exigences éthiques ont été totalement respectées dans ce rapport.

3- Population

La population de notre étude est représentée par l'ensemble des patients ayant été implantés d'une AMG au cours de la période considérée, au sein de notre structure et ayant bénéficié d'une évaluation pré implantatoire par une FEV VD considérée comme interprétable. L'utilisation de la FEV VD a été disponible à partir de juin 2015 expliquant l'exclusion de cette étude des patients implantés antérieurement dans notre centre.

4- Tomographie volumique isotopique du ventricule droit

Les examens ont été réalisés conformément aux directives de l'*European Association of Nuclear Medicine* (EANM) et de la Société Européenne de Cardiologie (ESC) pour l'imagerie de la fonction cardiaque par radionucléides avec marquage in vivo des globules rouges.¹⁸ Les données de ventriculographie isotopique à l'équilibre ont été acquises à l'aide d'une gamma-caméra à double tête de détection (GE Healthcare Medical Systems) avec des collimateurs à faible énergie et haute résolution à canaux parallèles.

Les paramètres d'acquisition sont les suivants : 32 étapes sur 180°, acquisition de 60 secondes par étape, fenêtre d'acceptation de l'intervalle R-R de 20 %, 16 intervalles synchronisés, taille de la matrice 64 x 64 pixels et zoom 2,6. Les données de projection ont été préfiltrées à l'aide d'un filtre de Butterworth (fréquence de coupure = 0,5 cycles.cm⁻¹ ; ordre = 5,0) pour les tomogrammes synchronisés, suivi d'un filtrage Ramp. Les images filtrées ont été reconstruites (2 itérations OSEM, 8 sous-ensembles) pour former des coupes transaxiales.¹⁹

5- Données et suivi

Les données collectées comportent des éléments cliniques (morphotype, facteurs de risque cardiovasculaire, antécédents médicaux et chirurgicaux, type et ancienneté de la cardiopathie, fonctionnelle avec le statut NYHA, 6MWT, pic de VO₂, traitements, scores INTERMACS, paramètres de la pompe), biologiques (fonction hépatique et rénale, NTproBNP), échographiques (FEVG, TAPSE, pic de l'onde S à l'anneau tricuspide), hémodynamiques de cathétérisme cardiaque droit (PAPs, PAPd, PAPm, pressions de l'oreillette droite (POD), pressions capillaires pulmonaires (PCP), index cardiaque, débit cardiaque) et scintigraphiques (volume télédiastolique et télésystolique, volume d'éjection systolique, fraction d'éjection du VG et du VD).

Ces données sont collectées au maximum trois mois avant l'implantation de l'AMG.

L'ensemble de la population implantée d'une AMG durant la période considérée a été suivie sur une période de deux ans post implantation. La défaillance ventriculaire droite aigüe et chronique ainsi que le décès ont été relevés.

6- Analyses statistiques

Les variables continues sont présentées sous forme de moyennes et d'écart-type (ET) ou de médianes et d'intervalles interquartiles (EIQ) lorsque cela est approprié. Les variables catégorielles sont décrites sous forme de fréquences et de pourcentages. Les comparaisons ont été réalisées à l'aide du test non paramétrique de Mann-Whitney pour les variables continues et du test du Khi-deux ou du test exact de Fisher (si approprié) pour les variables catégorielles.

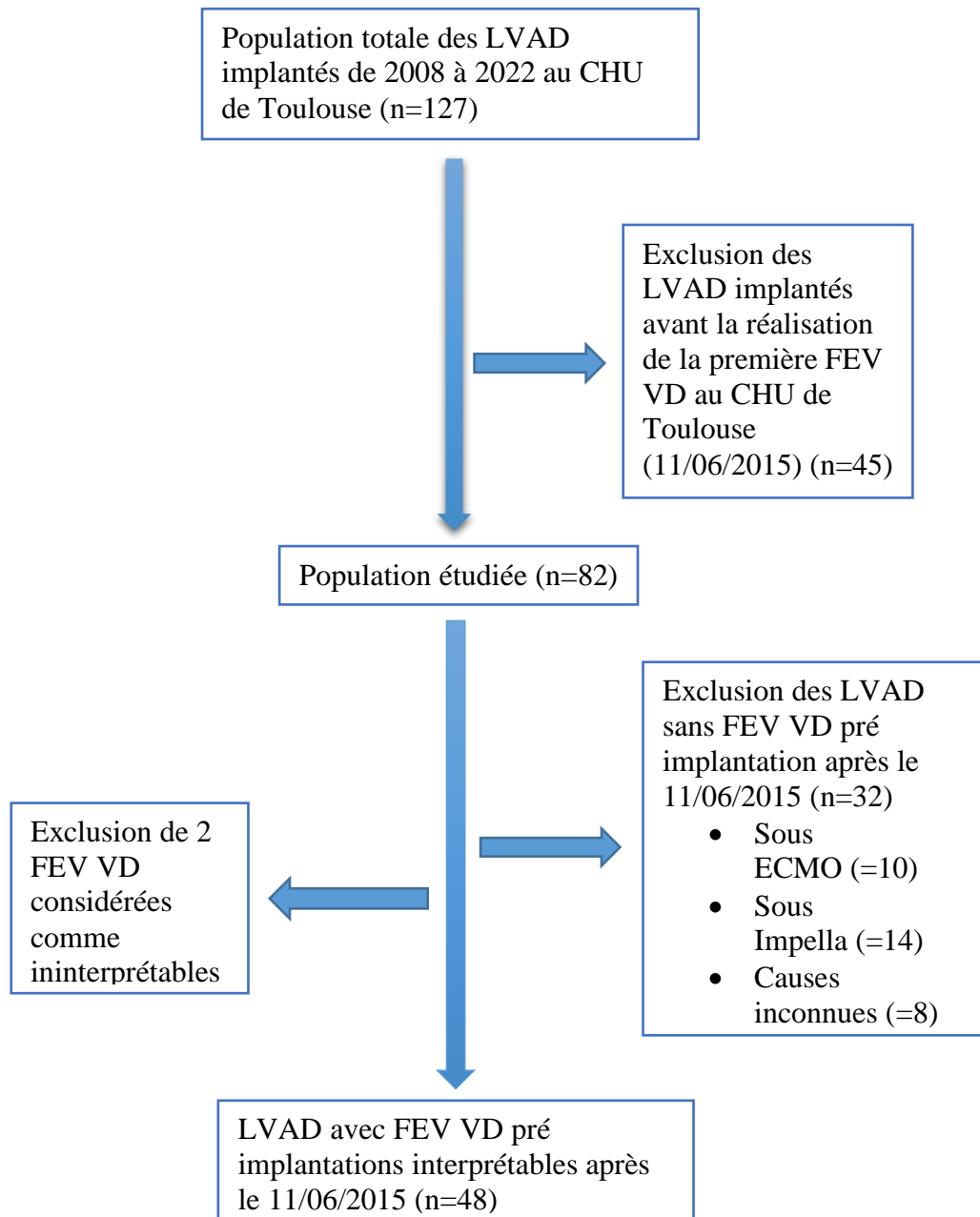
Pour évaluer la corrélation entre deux variables quantitatives, le test de Pearson a été utilisé, se basant sur le coefficient de corrélation r . Lorsqu'il s'agit d'une corrélation entre une variable quantitative et une variable qualitative, le test de Spearman a été employé, se référant au coefficient de corrélation ρ . Le degré de significativité a été utilisé pour exprimer la force et la pertinence de chaque corrélation. Tous les tests sont bilatéraux. Une valeur de $p \leq 0,05$ est considérée comme statistiquement significative. Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 4.1.2 (2021-11-01)).

III- Résultats

1- Caractéristiques de la population

Comme indiqué au sein de la **Figure 1**, 127 patients ont été implantés d'une AMG au CHU de Toulouse entre 2008 et 2022, dont 45 (35,4%) ont été exclus du fait d'une implantation antérieure à l'apparition de la FEV VD en pratique courante (juin 2015). Sur les 82 patients restants, 32 ont été retirés puisque n'ayant pas bénéficié d'une FEV VD au cours du bilan préimplantatoire (24 patients sous assistance circulatoire aigüe de type *ExtraCorporeal Membrane Oxygenation* (ECMO) (n=10) ou de type Impella (n=14) au moment de l'implantation de l'AMG sans bilan antérieur récent et 8 sans cause connue). Enfin, deux patients présentaient une FEV VD considérée après relecture comme non interprétable. Au total, 48 patients ont donc bénéficié d'une FEV VD en pré implantatoire.

Diagramme de flux (Figure 1)



Les caractéristiques de la population étudiée en pré implantation sont représentées dans la **Table 1**. Au sein de la population ayant bénéficié d'une FEV VD en pré implantation, l'âge moyen était de 66 ans avec 85,4 % de patients de sexe masculin. L'indice de masse corporelle (IMC) moyen était de 26,4 kg/m².

Les principaux facteurs de risque cardiovasculaire étaient le tabagisme actif (68,3%) et la dyslipidémie (51,2%). Les principaux antécédents étaient l'insuffisance rénale chronique (24,7%) et l'accident vasculaire cérébral (AVC) (21%). L'évaluation fonctionnelle retrouvait un statut NYHA > III chez 55 patients (79,7%). Au plan biologique, on relevait des niveaux médians de NTproBNP, DFG et bilirubine totale respectivement à 4495 pg/mL, 69 mL/min/1,73m² et 13 mg/mL. La FEVG moyenne s'établissait à 20,9 %, assortie d'un TAPSE à 16 mm. Le cathétérisme cardiaque droit a permis de mettre en évidence des niveaux médians de PAPm à 28 mmHg et un index cardiaque à 1,9 L/min/m².

Les patients ayant bénéficié d'une FEV VD pré implantatoire présentaient plus de diabète et d'hypertension artérielle (HTA) (41,7% vs 8,8%, $p < 0,01$ et 50% vs 23,5%, $p = 0,03$ respectivement) ainsi que d'insuffisance rénale chronique que les patients n'ayant pas eu de FEV VD pré implantatoires (34% vs 11,8%, $p = 0,04$). Ils étaient plus porteurs de défibrillateurs automatiques implantables (DAI) et de thérapies de resynchronisation cardiaque (CRT) (61,7% vs 11,8%, $p < 0,01$ et 27,7% vs 5,9%, $p = 0,03$ respectivement). Par ailleurs, ils présentaient davantage de cardiopathies dilatées (29,2% vs 5,9%, $p = 0,02$), plus anciennes (cardiopathie > 5 ans dans 50% vs 14,7% des cas, $p < 0,01$ et de < 3 mois dans 27,1% vs 79,4% des cas, $p < 0,01$).

Les patients ayant bénéficié d'une FEV VD en pré implantation ont moins bénéficié d'assistance circulatoire aigue avant implantation (20,8% vs 70,6%, $p < 0,01$). Au plan biologique, on relevait une différence d'albuminémie et d'hémoglobinémie (31 vs 24 mg/L, $p < 0,01$ et 11 vs 10 g/dL, $p = 0,03$ respectivement). La FEVG était moins altérée dans la population avec FEV VD pré implantatoire (22,3% vs 18,8, $p = 0,04$), avec des PAPs plus élevées (55 mmHg vs 40 mmHg, $p = 0,01$).

	Population globale (n = 82)	FEVD isotopique disponible (n = 48)	FEVD isotopique indisponible (n = 34)	p
Âge, moyenne \pm ET, années	63.7 \pm 10.2	66 \pm 8.9	60.6 \pm 11.1	0.051
Sexe masculin, n (%)	65 (79.3)	41 (85.4)	24 (70.6)	0.18
Indice de masse corporelle, moyenne \pm ET, kg/m ²	26.1 \pm 4.1	26.4 \pm 4.1	25.7 \pm 4.1	0.52
Facteurs de risque vasculaire, n (%)				
Diabète	23 (28)	20 (41.7)	3 (8.8)	< 0.01
Hypertension	32 (39)	24 (50)	8 (23.5)	0.03
Dyslipidémie	42 (51.2)	28 (58.3)	14 (41.2)	0.19
Tabagisme	56 (68.3)	32 (66.7)	24 (70.6)	0.89
Hérédité coronarienne	21 (25.6)	13 (27.1)	8 (23.5)	0.92
Ethylysme chronique	4 (12.5)	2 (4.2)	2 (5.9)	1
Antécédents médicaux, n (%)				
IRC	20 (24.7) (n = 81)	16 (34) (n = 47)	4 (11.8)	0.04
BPCO	9 (11.1) (n = 81)	8 (17) (n = 47)	1 (2.9)	0.07
AOMI	5 (6.2) (n = 81)	5 (10.6) (n = 47)	0 (0)	0.07
AVC	17 (21) (n = 81)	11 (23.4) (n = 47)	6 (17.6)	0.73
RGO	2 (2.5) (n = 81)	2 (4.3) (n = 47)	0 (0)	0.51
Gastrite	4 (4.9) (n = 81)	4 (8.5) (n = 47)	0 (0)	0.14
Ulcère gastro-duodéal	3 (3.7) (n = 81)	2 (4.3) (n = 47)	1 (2.9)	1
MICI	1 (1.2) (n = 81)	0 (0) (n = 47)	1 (2.9)	0.42
Hémorragie digestive	6 (7.4) (n = 81)	3 (6.4) (n = 47)	3 (8.8)	0.69
Cancer de l'estomac	0 (0) (n = 81)	0 (0) (n = 47)	0	NA
Cancer colorectal	0 (0) (n = 81)	0 (0) (n = 47)	0	NA
Insuffisance hépatocellulaire	0 (0) (n = 81)	0 (0) (n = 47)	0	NA
Hémopathie maligne	3 (3.7) (n = 81)	2 (4.3) (n = 47)	1 (2.9)	1
Trouble d'hémostase	0 (0) (n = 81)	0 (0) (n = 47)	0 (0)	NA
MTEV	6 (7.4) (n = 81)	4 (8.5) (n = 47)	2 (5.9)	1
Antécédents rythmiques, n (%)				
Fibrillation atriale	25 (30.9) (n = 81)	19 (40.4) (n = 47)	6 (17.6)	0.051
DAI	33 (40.7) (n = 81)	29 (61.7) (n = 47)	4 (11.8)	< 0.01
CRT	15 (18.5) (n = 81)	13 (27.7) (n = 47)	2 (5.9)	0.03
Cardiopathie connue, n (%)				
Ischémique	64 (78)	34 (70.8)	30 (88.2)	0.11
Dilatée	16 (19.5)	14 (29.2)	2 (5.9)	0.02
Autre	4 (4.9)	2 (4.2)	2 (5.9)	1
Ancienneté de la cardiopathie, n (%)				
< 3 mois	40 (48.8)	13 (27.1)	27 (79.4)	< 0.01
3 mois – 1 an	4 (4.9)	3 (6.3)	1 (2.9)	
1 an – 5 ans	9 (11)	8 (16.7)	1 (2.9)	
> 5 ans	29 (35.4)	24 (50)	5 (14.7)	
Evaluation fonctionnelle avant LVAD				
NYHA \geq 3, n (%)	55 (79.7) (n = 69)	33 (73.3) (n = 45)	22 (91.7) (n = 24)	0.12
Pic de VO ₂ , médiane (EIQ), mL/min/kg	11.5 (10.1 – 13.6) (n = 20)	11.2 (9.9 – 13.4) (n = 18)	13.5 (13.3 – 13.8) (n = 2)	0.32

6MWT, médiane (EIQ), mètres	407.5 (295 – 427.5) (n = 10)	405 (270 – 420) (n = 9)	430 (n = 1)	0.6
Traitement habituel, n (%)				
Antiagrégant	55 (68.8) (n = 80)	28 (58.3)	27 (84.4) (n = 32)	0.03
Anticoagulant	62 (78.5) (n = 79)	32 (68.1) (n = 47)	30 (93.8) (n = 32)	0.01
Furosémide	60 (76.9) (n = 78)	42 (87.5)	18 (60) (n = 30)	0.01
Bétabloquant	27 (34.2) (n = 79)	21 (43.8)	6 (19.4) (n = 31)	0.047
IEC ou ARA2	18 (23.1) (n = 78)	13 (27.7) (n = 47)	5 (16.1) (n = 31)	0.36
Entresto	9 (11.3) (n = 80)	8 (16.7)	1 (3.1) (n = 32)	0.08
Anti-aldostérone	29 (36.3) (n = 80)	22 (45.8)	7 (21.9) (n = 32)	0.052
iSGLT2	3 (4.1) (n = 74)	2 (4.8) (n = 42)	1 (3.1) (n = 32)	1
Antibiotique	9 (11.4) (n = 79)	5 (10.4)	4 (12.9) (n = 31)	0.73
Inotropes	32 (40.5) (n = 79)	16 (50)	16 (51.6) (n = 31)	0.17
Vasopresseurs	22 (28.6) (n = 77)	9 (19.6) (n = 46)	13 (41.9) (n = 31)	0.06
aMCS				
Total	34 (41.5)	10 (20.8)	24 (70.6)	< 0.01
ECLS	22 (26.8)	2 (4.2)	10 (29.4)	< 0.
Impella	12 (14.6)	8 (16.7)	14 (41.2)	< 0.
Biologie initiale, médiane (EIQ)				
NtproBNP, pg/mL	4,495 (2,993 – 7,232) (n = 65)	4,360 (2,867.5 – 7,330.5) (n = 39)	5,254 (3,501.5 – 7,038) (n = 26)	0.41
Créatinine, µmol/L	102 (73.5 – 126.5)	110.5 (78.8 – 126.3)	92 (72 – 122)	0.33
DFG estimé, mL/min/1,73m ²	69 (51 – 93.5)	62.5 (50.8 – 84.8)	77.5 (51.8 – 94.8)	0.22
Albumine, g/L	29 (24 – 35) (n = 37)	31 (28.8 – 36.3) (n = 24)	24 (22 – 28) (n = 13)	< 0.01
Bilirubine, mg/L	13 (8 – 19) (n = 80)	12 (7.3 – 20) (n = 47)	13 (9 – 18) (n = 33)	0.59
Hémoglobine, g/dL	11 (10 – 13)	11 (10 – 13)	10 (9 – 12)	0.03
Plaquettes, G/L	241 (170.5 – 292)	250 (193 – 292)	215.5 (143.5 – 303.8)	0.29
Ferritine, µg/L	474 (245 – 772.5) (n = 23)	419.5 (156 – 791.8) (n = 14)	477 (370 – 718) (n = 9)	0.6
Paramètres échocardiographiques				
FEVG, moyenne ± ET, %	20.9 ± 7.5 (n = 80)	22.3 ± 6.7 (n = 47)	18.8 ± 8.2 (n = 33)	0.04
TAPSE, médiane (EIQ), mm	16 (14 – 18) (n = 72)	16 (14 – 18) (n = 47)	16 (14 – 18) (n = 25)	0.76
Onde S VD, médiane (EIQ), cm/s	10 (8 – 12) (n = 69)	10 (8 – 12) (n = 47)	11 (10 – 12) (n = 22)	0.41
PAPs, médiane (EIQ), mmHg	51 (43 – 60) (n = 36)	55 (45.5 – 65.5) (n = 27)	40 (32 – 50) (n = 9)	0.01
IM grade ≥ 2	17 (21.8) (n = 78)	11 (23.4) (n = 47)	6 (19.4) (n = 31)	0.89
IA grade ≥ 2	2 (2.5) (n = 81)	2 (4.3) (n = 47)	0 (0)	0.

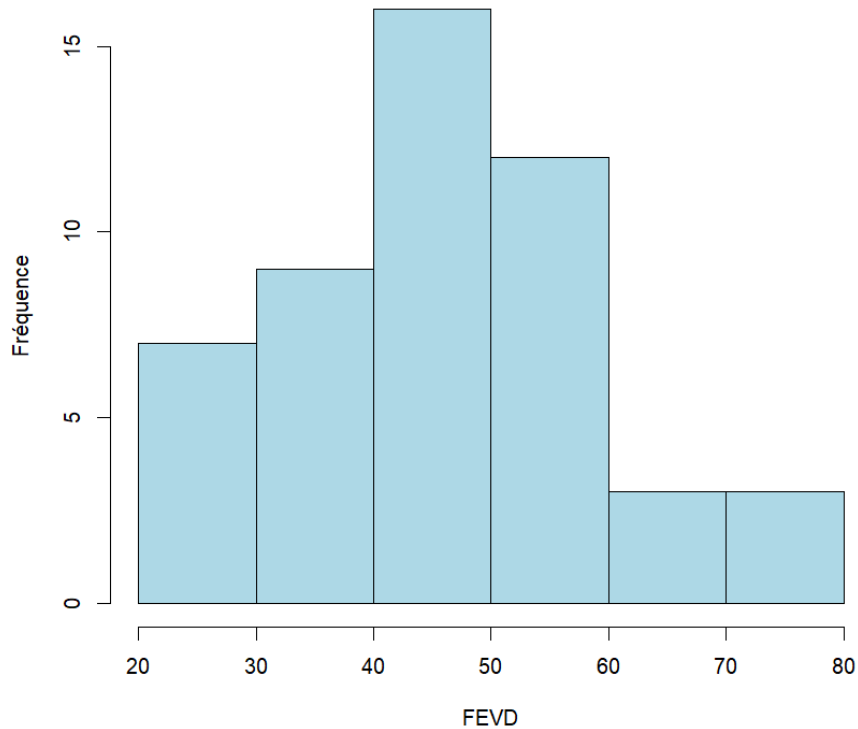
Mesures hémodynamiques au cathétérisme cardiaque droit, médiane (EIQ)	7 (5 – 11) (n = 61)	7 (5 – 10.5) (n = 43)		
POD, mmHg	41 (35 – 55) (n = 61)	43 (36 – 57.5) (n = 43)	9 (4 – 13.8) (n = 18)	0.46
PAPs, mmHg	21 (15 – 25) (n = 61)	21 (15.5 – 26.5) (n = 43)	39.5 (31.3 – 49) (n = 18)	0.27
PAPd, mmHg	28 (22.5 – 35.5) (n = 63)	28 (24 – 39) (n = 45)	21 (15 – 24.5) (n = 18)	0.53
PAPm, mmHg			26.5 (20.8 – 31) (n = 18)	0.18
PCP, mmHg	23 (14.8 – 28) (n = 64)	21.5 (14.3 – 26.8) (n = 46)	24 (15 – 28) (n = 18)	0.55
POD/PCP	0.37 (0.25 – 0.49) (n = 63)	0.4 (0.2 – 0.5) (n = 46)	0.4 (0.3 – 0.6) (n = 17)	0.37
IPAP	4 (2.7 – 5.7) (n = 63)	4.3 (2.8 – 5.7) (n = 46)	3.6 (2.5 – 5.5) (n = 17)	0.72
Débit cardiaque, L/min	3.7 (2.9 – 4.2) (n = 64)	3.6 (3.1 – 4.1) (n = 46)	4 (2.7 – 4.5) (n = 18)	0.76
Index cardiaque, L/min/m ²	1.9 (1.7 – 2.2) (n = 52)	1.9 (1.7 – 2.2) (n = 40)	2 (1.5 – 2.2) (n = 12)	0.66
Test au NO	8 (36.4) (n = 22)	8 (42.1) (n = 19)	0 (0) (n = 3)	0.27

Caractéristiques de la population en pré implantation (Table 1)

6MWT = test de marche de 6 minutes, aMCS = acute mechanical circulatory support, AOMI = artériopathie oblitérante des membres inférieurs, ARA2 = antagoniste des récepteurs de l'angiotensine II, AVC = accident vasculaire cérébral, BPCO = bronchopneumopathie chronique obstructive, CRT = *cardiac resynchronization therapy*, DAI = défibrillateur automatique implantable, DFG = débit de filtration glomérulaire, ECLS = *extracorporeal life support*, EIQ = écart interquartile, ET = écart-type, FEVD = fraction d'éjection ventriculaire droite, FEVG = fraction d'éjection ventriculaire gauche, IA = insuffisance aortique, IEC = inhibiteur de l'enzyme de conversion, IM = insuffisance mitrale, IPAP = Indice de Pulsatilité de l'Artère Pulmonaire, IRC = insuffisance rénale chronique, iSGLT2 = inhibiteurs des cotransporteurs sodium-glucose de type 2, LVAD = *left ventricular assist device*, MICI = maladie inflammatoire chronique de l'intestin, MTEV = maladie thromboembolique veineuse, NO = monoxyde d'azote, NYHA = *New York Heart Association*, PAPs = pression artérielle pulmonaire systolique, PAPd = pression artérielle pulmonaire diastolique, PAPm = pression artérielle pulmonaire moyenne, PCP = pression capillaire pulmonaire, POD = pression de l'oreillette droite, RGO = reflux gastro-œsophagien, TAPSE = *tricuspid annular plane systolic excursion*

2- Tomographie volumique isotopique du ventricule droit

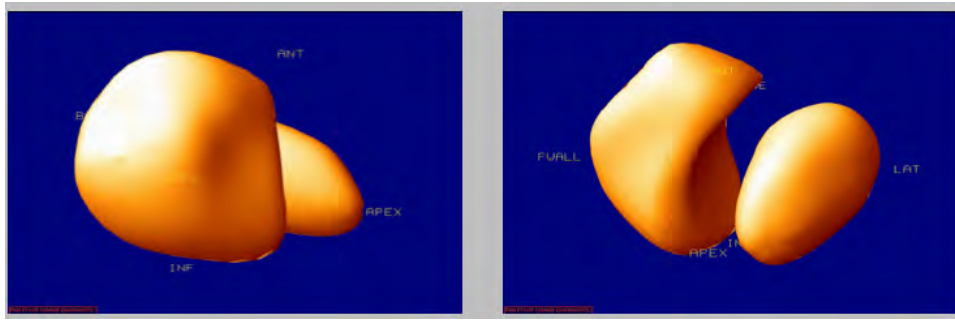
La distribution des FEV VD réalisées en pré implantation est représentée dans la **Figure 2**. En majorité, celles-ci se situaient entre 40 et 60%.



Distribution de la FEV VD en pré implantation (Figure 2)



Illustration d'une gamma caméra dédiée à la cardiologie (Figure 3)



Illustrations de FEV VD (Figure 4)

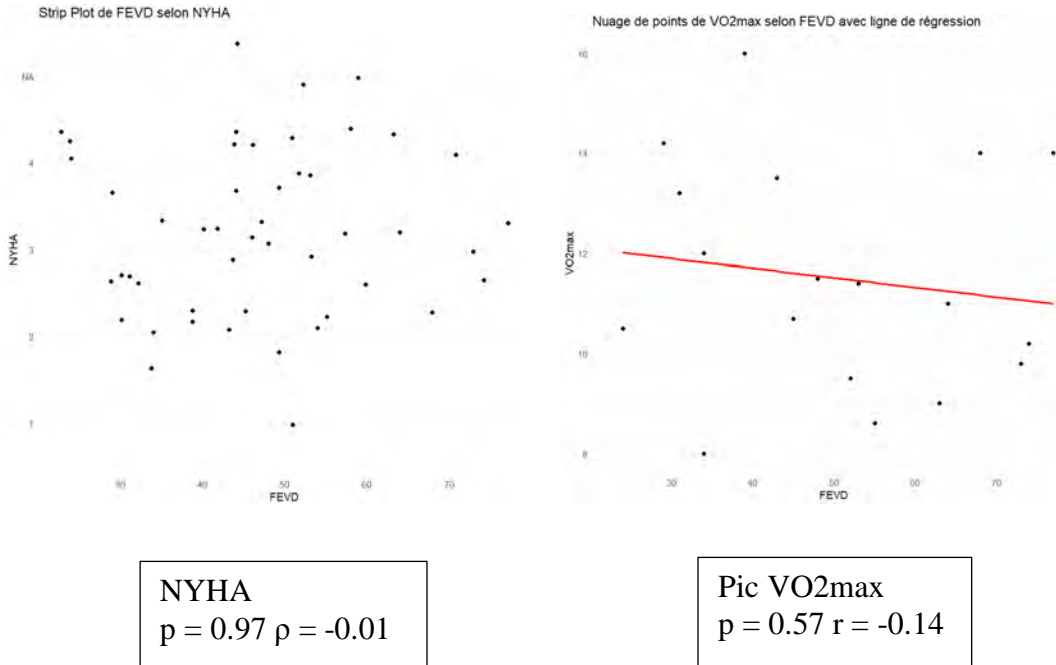
3- Corrélation de la FEV VD avec les caractéristiques pré implantatoires clinico-biologiques et d'imagerie

La corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres fonctionnels, biologiques, échographiques et hémodynamiques est représentée dans les diagrammes de dispersion de la **Figure 5**.

Les analyses ont permis de mettre en évidence une corrélation négative statistiquement significative entre la FEV VD pré implantatoire et la bilirubine totale ($p < 0,01$, $r = - 0,45$) ainsi que la PAPd ($p = 0,046$, $r = - 0,31$), la PAPm ($p = 0,03$, $r = - 0,33$) et la PCP ($p = 0,01$, $r = - 0,36$). On note également une tendance à la corrélation négative statistiquement significative avec la POD ($p = 0,06$, $r = - 0,29$). En revanche, on ne met pas en évidence de corrélation significative entre la FEV VD pré implantatoire et le pic de VO2 ($p = 0,57$, $r = - 0,14$), le TAPSE ($p = 0,26$, $r = 0,17$) ou l'index cardiaque ($p = 0,11$, $r = 0,26$) par exemple.

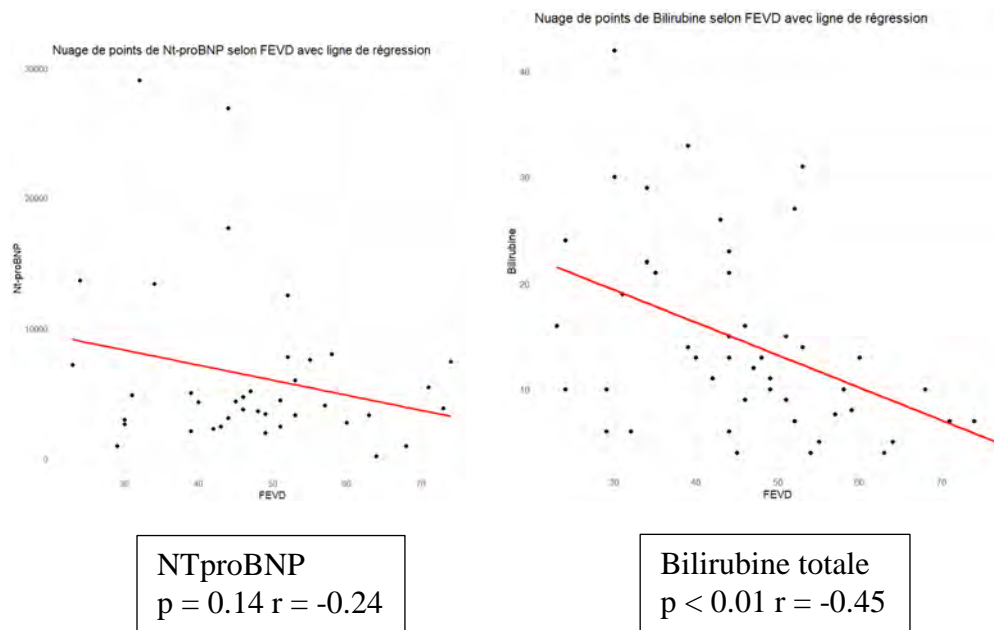
Diagramme de dispersion en pré implantation (Figure 5)

A- Paramètres fonctionnels



Corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres fonctionnels : le statut NYHA et le pic de VO2.

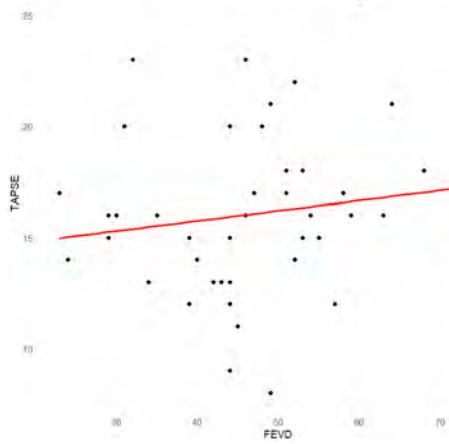
B- Paramètres biologiques



Corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres biologiques : les NTproBNP et la bilirubine totale.

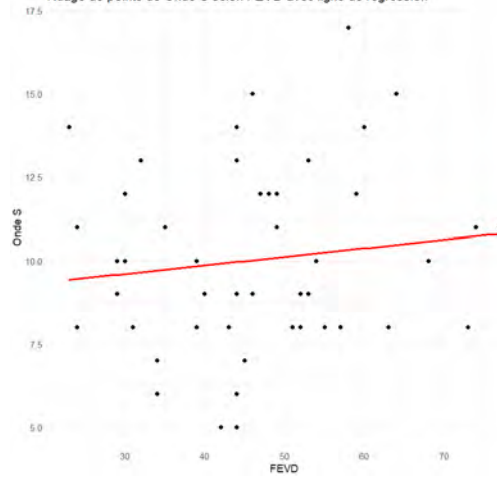
C- Paramètres échographiques

Nuage de points de TAPSE selon FEVD avec ligne de régression



TAPSE
 $p = 0.26$ $r = 0.17$

Nuage de points de Onde S selon FEVD avec ligne de régression

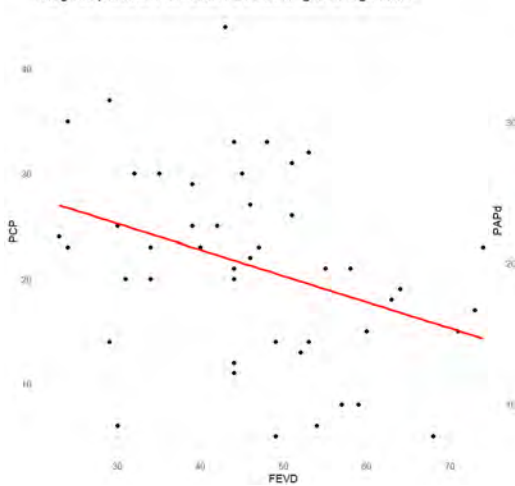


Onde S
 $p = 0.41$ $r = 0.12$

Corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres échographiques : le TAPSE et le pic de l'onde S à l'anneau tricuspide.

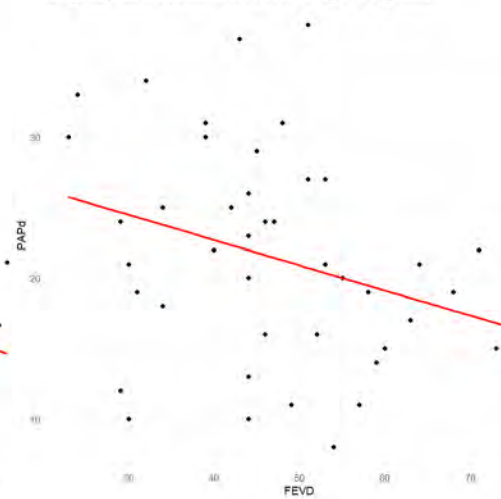
D- Paramètres de cathétérisme cardiaque droit

Nuage de points de PCP selon FEVD avec ligne de régression

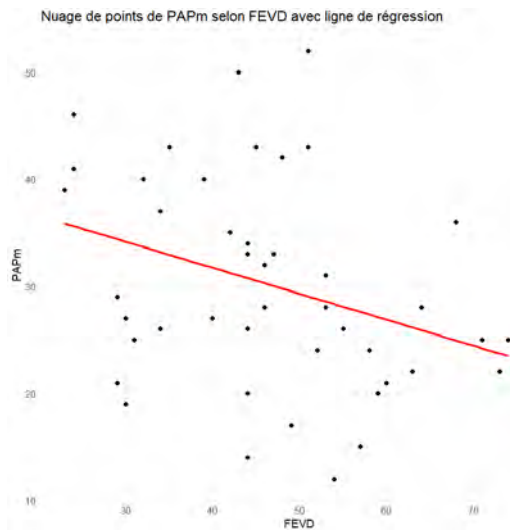


PCP
 $p = 0.01$ $r = -0.36$

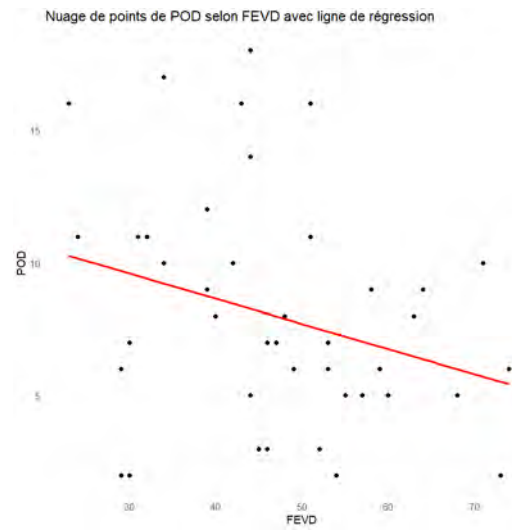
Nuage de points de PAPd selon FEVD avec ligne de régression



PAPd
 $p = 0.046$ $r = -0.31$



PAPm
 $p = 0.03$ $r = -0.33$



POD
 $p = 0.06$ $r = -0.29$

Corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres de cathétérisme cardiaque droit : la PCP, la PAPd, la PAPm et la POD.

IV- Discussion

Nous décrivons ici la plus large utilisation d'une évaluation par tomographie volumique isotopique de la fonction ventriculaire droite en pré implantation d'une AMG chez quarante-huit patients entre 2015 et 2022 dans une analyse rétrospective et monocentrique.

La FEV VD moyenne était de 45 %. Celle-ci est significativement inversement corrélée aux paramètres hémodynamiques invasifs artériels et capillaires pulmonaires (PAPd, PAPm, PCP) et à la bilirubine totale mais sans corrélation significative avec le statut NYHA, le pic de VO₂ ou l'index cardiaque.

Faisabilité de la technique

Dans notre étude, nous retrouvions moins d'assistance circulatoire aiguë chez les patients ayant bénéficié d'une FEV VD en pré implantation. En effet, sa réalisation nécessite le déplacement du patient dans un service de médecine nucléaire pour une durée d'examen prolongée ce qui n'est pas réalisable chez tous les patients. Ainsi, les patients les plus fragiles et complexes notamment ceux en défaillance aiguë en réanimation ou soins intensifs ne peuvent pas tous en bénéficier. L'assistance circulatoire aiguë complexifie la réalisation de l'examen voir le rend caduque, c'est le cas sous ECMO veno-artérielle. En effet, le système aspire le sang veineux dans le système cave inférieur et l'oreillette droite pour le réinjecter en rétrograde aortique par l'artère fémorale ou iliaque externe. Son fonctionnement ne permet donc pas l'analyse des débits et volumes ventriculaires droit et gauche et la FEV VD ne doit donc pas être réalisée chez ces patients. Sa réalisation sous AMG aiguë de type Impella® semble par contre techniquement réalisable et intéressante même si plus complexe. En effet, elle pourrait permettre d'évaluer le VD indépendamment de la fonction ventriculaire gauche qui est assistée par la pompe. Cela n'a jamais été rapporté à ce jour même si localement nous avons pu l'utiliser dans ce contexte à plusieurs reprises.

L'imagerie nucléaire nécessite un service et des compétences dédiées du fait de l'utilisation de traceurs isotopiques radioactifs et de l'expertise nécessaire à l'interprétation de l'imagerie cardiaque en particulier dans le cadre de l'ICA et d'autant plus avec une AMG. Ainsi, deux FEV VD (4%) n'ont pu être analysées du fait de problématiques liées à l'acquisition des images rendant leur interprétation impossible.

Corrélation FEV VD et autres paramètres usuels d'évaluation pré implantatoire d'AMG

Nos résultats ont mis en évidence une corrélation négative statistiquement significative entre la FEV VD pré implantatoire et la bilirubine totale ($p < 0,01$, $r = - 0,45$) ainsi que la PAPd ($p = 0,046$, $r = - 0,31$), la PAPm ($p = 0,03$, $r = - 0,33$) et la PCP ($p = 0,01$, $r = - 0,36$). On note également une tendance à une corrélation négative statistiquement significative avec la POD ($p = 0,06$, $r = - 0,29$). Ces paramètres biologiques et hémodynamiques sont des marqueurs de congestion systémique et cardiaque. Ces résultats sont modestes, mais mettent en lumière une corrélation cliniquement pertinente. En effet, il existe un lien bien établi entre congestion cardiaque et défaillance ventriculaire droite, ainsi qu'entre congestion cardiaque et défaillances rénales et hépatiques dans le cadre de l'ICA avec une incidence sur la morbi mortalité de ces patients.²⁰

Néanmoins d'autres paramètres entrent également en jeu. Les comorbidités (insuffisance rénale et hépatique, bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO), antécédent de radiothérapie), le type de cardiopathie préalable, l'état nutritionnel et musculaire peuvent expliquer une corrélation faible voire inexistante avec certains paramètres fonctionnels comme le statut NYHA ou le pic de VO₂.²¹ Par ailleurs, il est bien établi que la congestion est un marqueur pronostique bien plus puissant que le bas débit cardiaque chez des patients en ICA ambulatoires sur liste de transplantation cardiaque en France (HR 1,5 à 1,77 en cas de phénotype congestif respectivement avec et sans hypoperfusion associée en comparaison à des patients non congestifs).²⁰ Dans cette même série, la dose de diurétiques était un marqueur pronostique fort de mortalité sur liste de transplantation (HR 6,18), nécessité de sortir le patient de liste ou de transplantation cardiaque en urgence (HR 2,23) à douze mois pour une dose supérieure à 250 mg/jour per os.²²

Intégration dans une évaluation pré implantatoire multiparamétrique du VD

En pratique clinique, plusieurs techniques d'imagerie sont disponibles pour évaluer les fonctions systoliques et diastoliques du VD, telles que l'échographie ou le scanner en pré et post implantation d'une AMG et l'IRM en pré implantation uniquement.

L'échographie est facilement accessible, non irradiante, réalisable au lit du patient. Certains paramètres tels que le pic de l'onde S à l'anneau tricuspide ou le strain de la paroi libre du VD ont montré une excellente valeur pronostique (*Area Under the Curve* - AUC =

0,922 (95% IC), $p < 0,001$ et AUC = 0,913 (95% IC), $p < 0,001$ respectivement) pour l'évaluation de la fonction ventriculaire droite dans l'IC, dans le cadre d'extrasystoles ventriculaires (ESV) monomorphes ou en pré *Transjugular Intrahepatic Portosystemic Shunt* (TIPS).²³ Dans le suivi post implantation, l'échographie permet de suivre l'ouverture valvulaire aortique, la position du septum interventriculaire ainsi que de rechercher des complications mécaniques (mauvaise orientation de la canule d'inflow, de l'AMG vers le septum ou la paroi latérale par exemple).²⁴ Le suivi échographique des patients sous AMG pourrait notamment aider à sélectionner une vitesse optimale de la pompe tout en préservant au maximum la fonction native du VG grâce à une analyse en trois dimensions de sa mécanique rotationnelle couplée à la réalisation de ramp test (évaluation des volumes du VG et du VD, de la position septale mais également de l'ouverture aortique, des PAPs et de l'intégrale temps vitesse (ITV) sous aortique lors de modifications graduelles des tours/minutes de la pompe).^{25 26 27} Néanmoins en pratique clinique, la fenêtre échographique chez les patients porteurs d'une AMG est très souvent difficile limitant les analyses et leurs interprétations.^{28 29}

Le scanner présente une excellente résolution spatiale et une bonne résolution temporelle. Lorsqu'il est synchronisé à l'électrocardiogramme, il présente une bonne reproductibilité, notamment dans la mesure des volumes cardiaques, chez les patients porteurs d'une AMG.³⁰ Il permet également de rechercher des complications mécaniques, telles que la thrombose des canules d'inflow et d'outflow et ainsi d'aider à leur prise en charge.³¹ Néanmoins, chacune de ces techniques peut être prise en défaut. Le scanner cardiaque est un examen irradiant, nécessitant l'injection de produit de contraste iodé, avec un cout significatif. L'analyse peut être également artéfactée par l'AMG. De même, son accès en pratique clinique et son interprétation peuvent être limités selon les centres.

La FEV VD présente dans ce contexte, des intérêts potentiels non négligeables. C'est un examen simple, reproductible. Les paramètres étudiés sont comparables à ceux de l'échographie et du scanner notamment le volume télédiastolique et télésystolique ainsi que

le volume d'éjection systolique et la fraction d'éjection. Dans une étude réalisée en 2013, il était retrouvé une corrélation significative entre la scintigraphie myocardique et les paramètres échographiques notamment la fraction d'éjection et le strain longitudinal global, sur une population de 24 patients porteurs d'une AMG, dans le cadre de leurs suivis.³² Les indications étudiées et utilisées en pratique clinique en particulier en cardiologie évoluent. Pour exemple, la scintigraphie myocardique pourrait permettre de prédire la survenue d'arythmies ventriculaires ou l'évaluation de la fraction d'éjection avant introduction et durant le suivi d'une chimiothérapie cardiotoxique de type anthracyclines.³³

Perspectives

- 1- La FEV VD permettrait de suivre l'évolution de la fonction ventriculaire droite sous AMG et de stratifier son pronostic en utilisant la même technique d'imagerie. Une étude rétrospective, réalisée en 2014, retrouvait une corrélation significative entre la FEV VD post implantation et les paramètres fonctionnels (statut NYHA, 6MWT et pic de VO₂).¹⁸ Ce travail a été réalisé dans le cadre de notre étude, mais n'est pas présenté ce jour devant la mise en évidence de problématiques de mesures et donc de résultats de ces examens réalisés actuellement en pratique clinique. La mesure de la FEV VD fait appel à des algorithmes de contourage et de mesures des volumes ventriculaires droit et gauche automatisés permettant le calcul de la FEV VD et VG mais aussi du débit cardiaque (grâce à l'utilisation de la fréquence cardiaque au court de l'examen). Ces algorithmes sont validés et permettent une excellente reproductibilité inter et intra observateur de ces mesures chez l'individu sain ou pathologique mais n'ont pas été étudiés et validés dans le cas d'une AMG.^{18 19} En effet, il existe dans ce cas l'addition de la canule d'inflow à l'apex du VG mais également de la pompe elle-même venant appuyer sur l'apex et de la canule d'outflow longeant le VD, qui viennent complexifier l'anatomie et l'interprétation des images justifiant un contourage et une analyse manuelle systématique. L'ensemble des examens réalisés sous AMG devra donc être revu avant d'envisager la réalisation de nouvelles analyses statistiques préalables nécessaires à l'interprétation des résultats.
- 2- L'analyse du rôle pronostique de la FEV VD pré implantatoire sur la survenue d'une défaillance du VD aigue ou chronique post implantatoire et sur la survie serait

intéressante. Initialement, cela était un des objectifs de notre projet mais ne fût pas réalisable du fait d'une population trop faible avec peu d'évènements que ce soit de défaillances du VD aiguës ou chroniques ou de décès ne permettant pas d'analyses spécifiques. Il existe ainsi probablement un intérêt de poursuivre l'étude de cette cohorte en l'intégrant à une approche multicentrique afin d'approcher la place de la FEV VD dans ce contexte. Ce travail est en cours.

- 3- Il serait intéressant également d'intégrer cette étude dans une approche multiparamétrique, en l'associant notamment aux scores de risque déjà existants, notamment le Heartmate Risk Score qui permet de déterminer la survie à un et deux ans post implantation d'une AMG chez les patients en ICA selon plusieurs paramètres cliniques, biologiques, échographiques et hémodynamiques (âge, antécédent de pontage aorto coronarien ou de procédure valvulaire préalable, natrémie, urémie, diamètre télédiastolique du VG, POD/PCP).³⁴

Limites

Cette étude présente plusieurs limites. Il s'agit d'une étude monocentrique et rétrospective, de faible volume limitant la réalisation des analyses, leur interprétation et leur validité externe. Comme tout registre rétrospectif, cette étude fait face aux biais de sélection (patients très sélectionnés avec une fonction ventriculaire droite normale ou subnormale bien plus que dans les séries de références américaines ou allemandes).³⁵ Par ailleurs, il existe plusieurs données manquantes diminuant la puissance de l'étude même si celles-ci sont limitées.

Une des perspectives de cette étude serait d'étudier la valeur prédictive de la FEV VD en pré implantation pour la mortalité toutes causes et la défaillance du VD en post implantation. Une étude prospective, multicentrique, sur une population plus importante est nécessaire pour valider nos résultats.

V- Conclusion

Chez les patients en insuffisance cardiaque avancée et notamment ceux pour qui une AMG est envisagée, l'analyse de la fonction ventriculaire droite est fondamentale en pré implantation puis dans leur suivi.

Plusieurs méthodes d'imagerie existent et sont disponibles comme l'échographie et le scanner cardiaque mais font face à leurs propres limites de réalisation et/ou d'interprétation. La tomographie volumique isotopique du ventricule droit pourrait être intéressante dans ce contexte.

Notre étude retrouve une corrélation statistiquement significative entre la FEV VD réalisée dans le bilan de faisabilité de l'implantation d'une AMG et des marqueurs de congestion systémique et cardiaque que sont la bilirubine totale et des paramètres hémodynamiques pulmonaires (PAPd, PAPm, PCP). Nous ne retrouvons en revanche pas de corrélation entre la FEV VD et les paramètres fonctionnels et d'échographie.

D'autres études sont nécessaires pour mieux appréhender cette technique, notamment pour l'évaluation du ventricule droit sous AMG.

Vu le Président du Jury
le 19/10/23

Professeur Michel GALINIER
Chef de Service
Fédération des Services de Cardiologie
CHU de Toulouse - Hôpital Rangueil
Tél. 05 61 32 26 61

le 21/09/2023

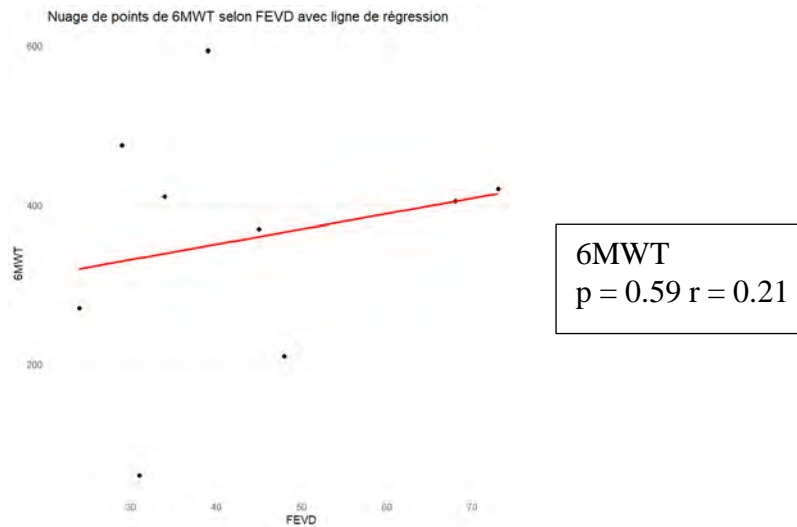
Vu et permis d'imprimer
Le Président de l'Université Toulouse III - Paul Sabatier
Faculté de Santé
Par délégation,
La Doyenne-Directrice
Du Département de Médecine, Maïeutique, Paramédical
Professeure Odile RAUZY



Analyses supplémentaires

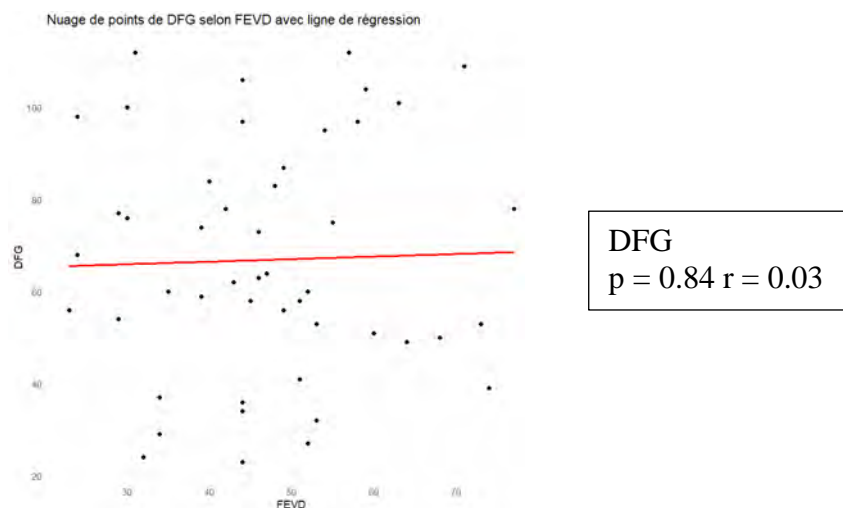
Diagramme de dispersion en pré implantation

A- Paramètres fonctionnels



Corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres fonctionnel : le 6MWT.

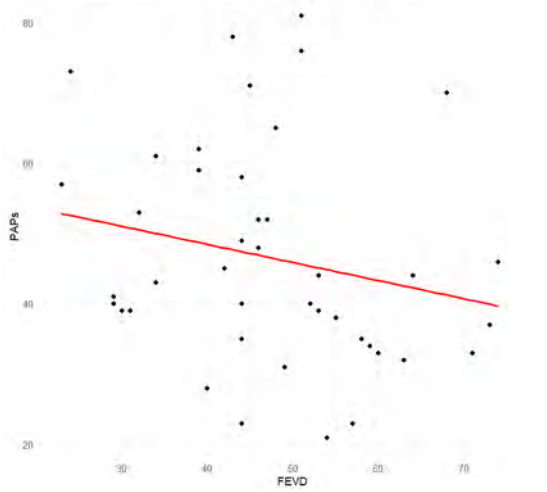
B- Paramètres biologiques



Corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres biologiques : le DFG.

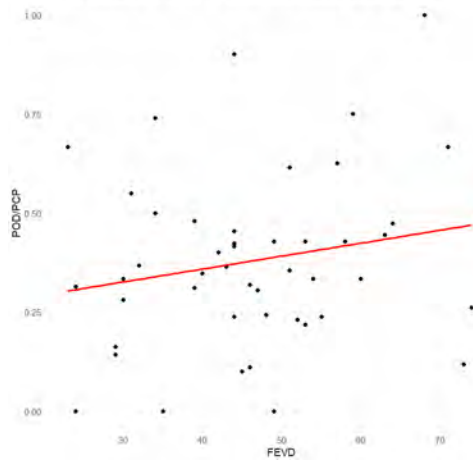
D- Paramètres de cathétérisme cardiaque droit

Nuage de points de PAPs selon FEVD avec ligne de régression



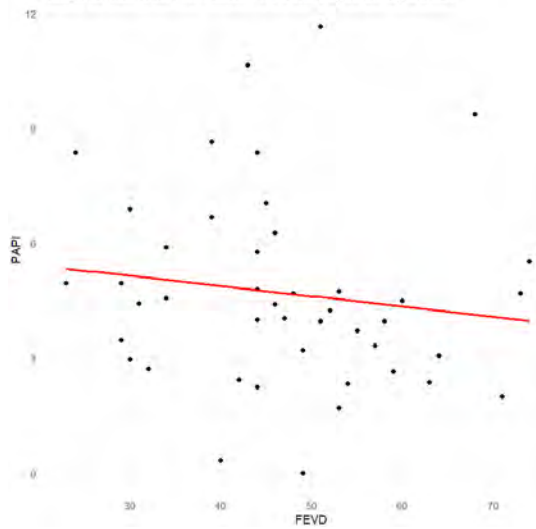
PAPs
 $p = 0.16$ $r = -0.22$

Nuage de points de POD/PCP selon FEVD avec ligne de régression



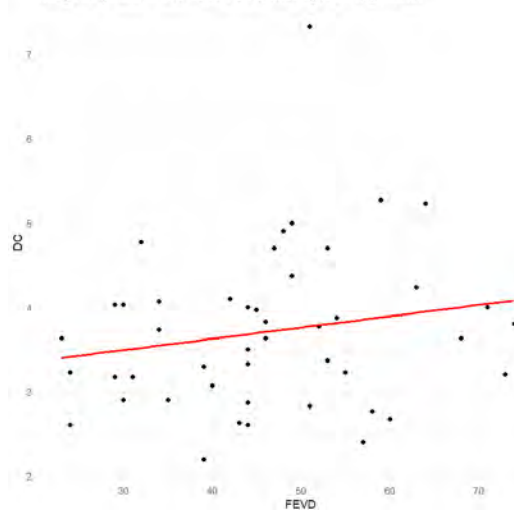
PCP/POD
 $p = 0.19$ $r = 0.19$

Nuage de points de PAPI selon FEVD avec ligne de régression



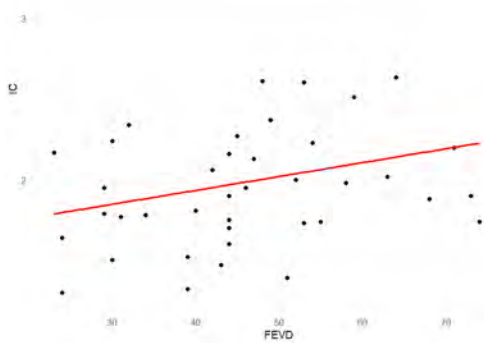
PAPI
 $p = 0.37$ $r = -0.14$

Nuage de points de DC selon FEVD avec ligne de régression



DC
 $p = 0.21$ $r = 0.19$

Nuage de points de IC selon FEVD avec ligne de régression



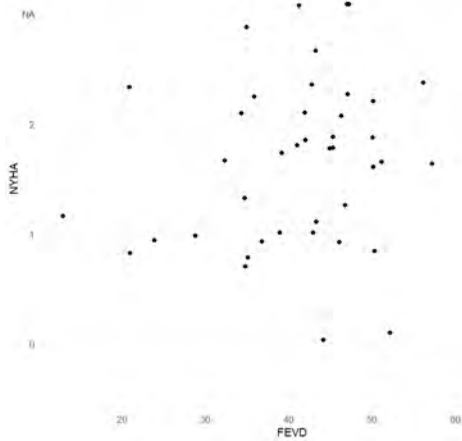
IC
 $p = 0.11$ $r = 0.26$

Corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres de cathétérisme cardiaque droit : la PAPs, la PCP/POD, la PAPI, le débit cardiaque et l'index cardiaque.

Diagramme de dispersion en post implantation

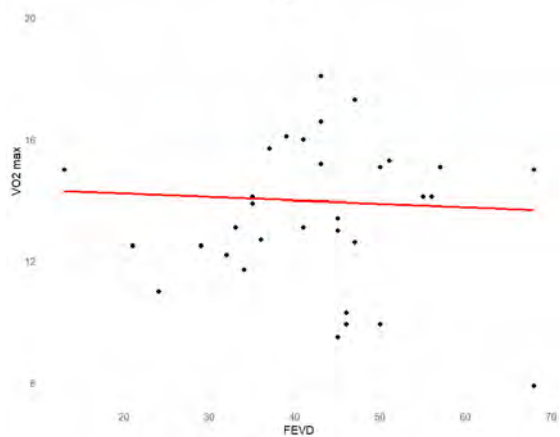
A- Paramètres fonctionnels

Strip Plot de FEVD selon NYHA

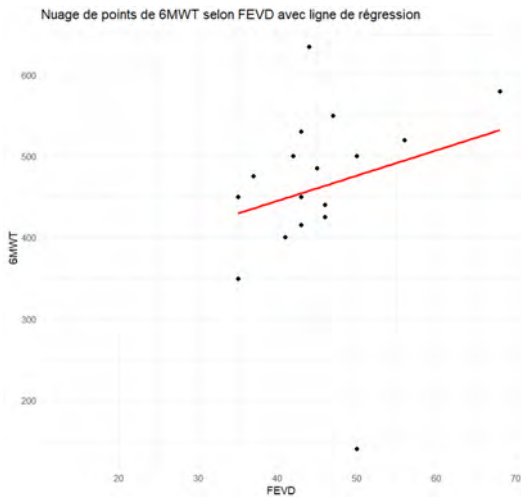


NYHA
 $p = 0.48$ $\rho = 0.12$

Nuage de points de VO2 max selon FEVD avec ligne de régression



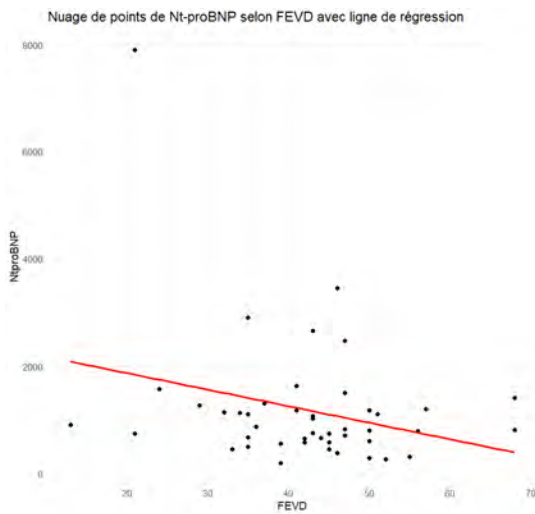
Pic VO2max
 $p = 0.81$ $r = -0.04$



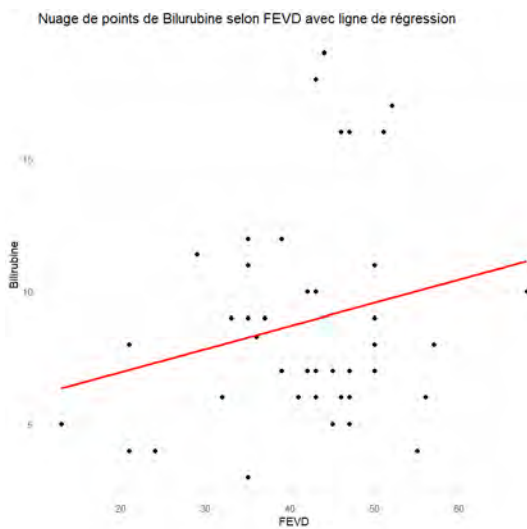
6MWT
 $p = 0.38$ $r = 0.23$

Corrélation de la FEV VD en post implantation avec les paramètres fonctionnels : le statut NYHA, le pic de VO2 et le 6MWT.

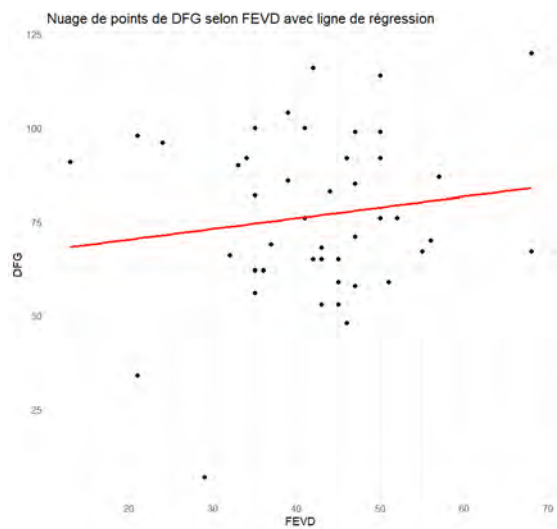
B- Paramètres biologiques



Nt-proBNP
 $p = 0.07$ $r = -0.27$



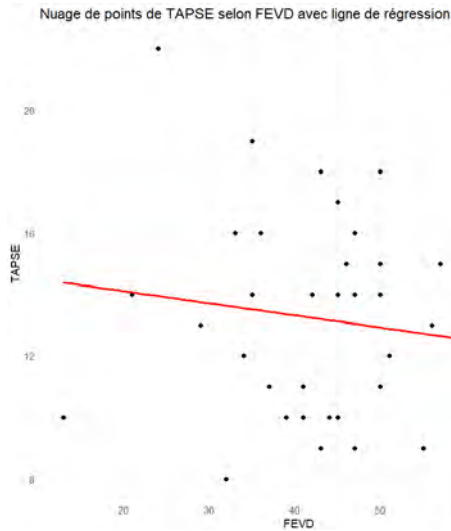
Bilirubine totale
 $p = 0.15$ $r = 0.23$



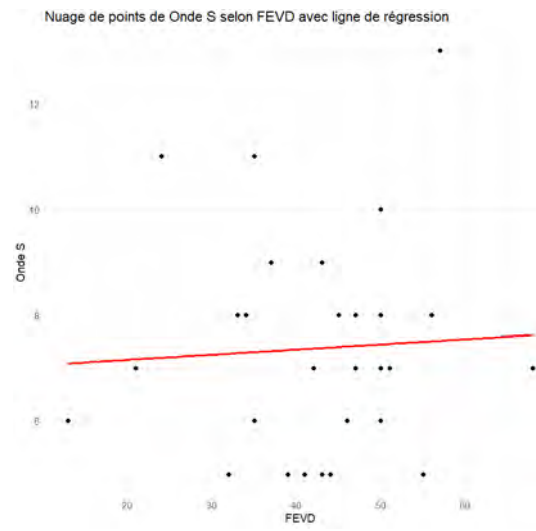
DFG
 $p = 0.35$ $r = 0.14$

Corrélation de la FEV VD en post implantation avec les paramètres biologiques : les NTproBNP, la bilirubine totale et le DFG.

C- Paramètres échographiques



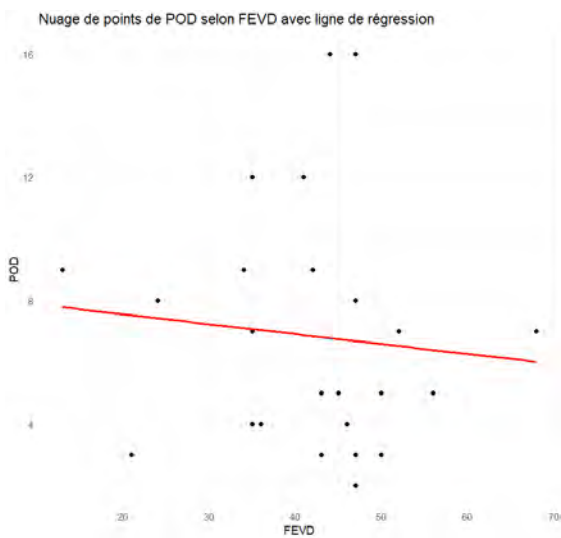
TAPSE
 $p = 0.43$ $r = -0.14$



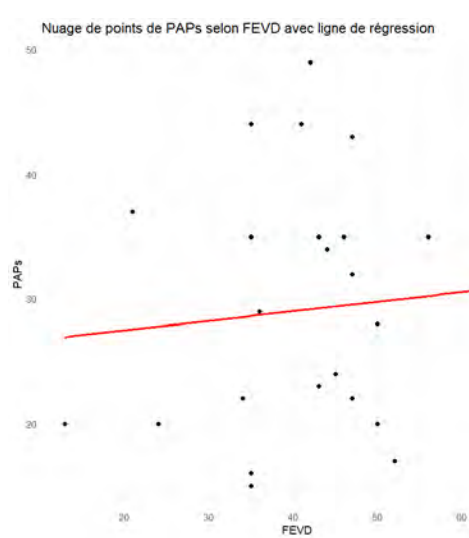
Onde S
 $p = 0.75$ $r = 0.05$

Corrélation de la FEV VD en post implantation avec les paramètres échographiques : le TAPSE et le pic de l'onde S à l'anneau tricuspide.

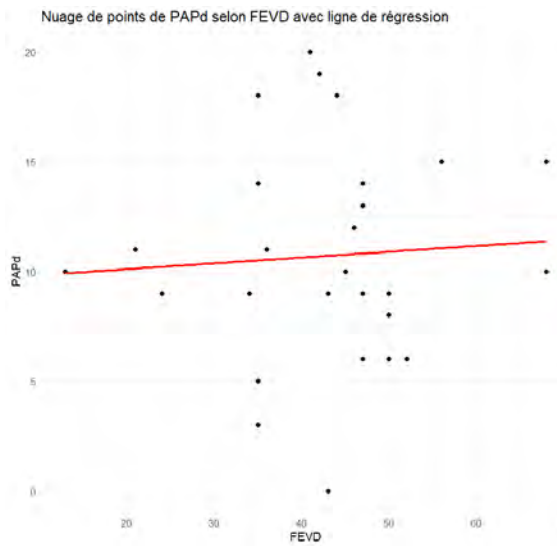
D- Paramètres de cathétérisme cardiaque droit



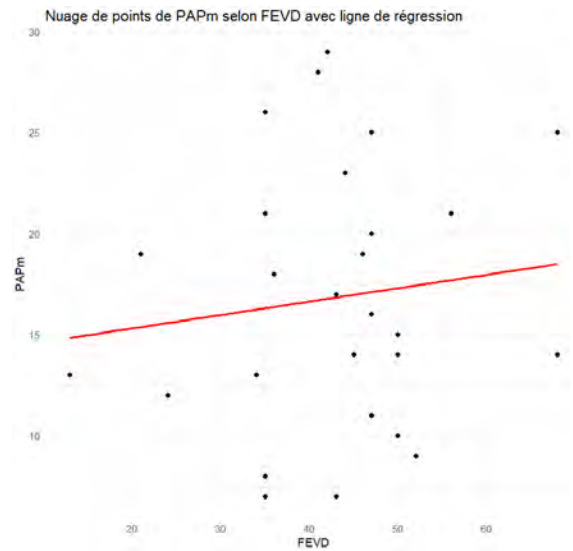
POD
 $p = 0.64$ $r = -0.1$



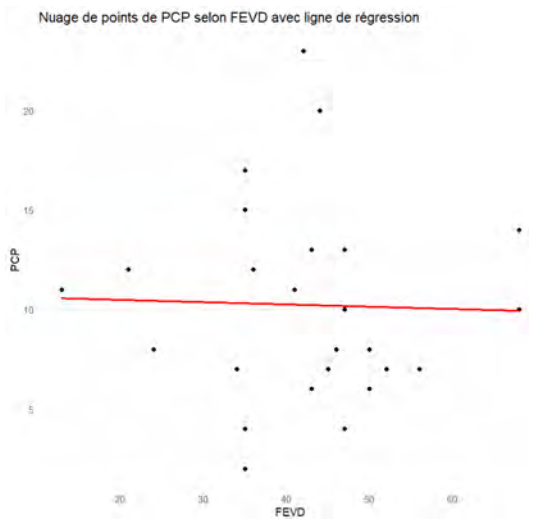
PAPs
 $p = 0.63$ $r = 0.09$



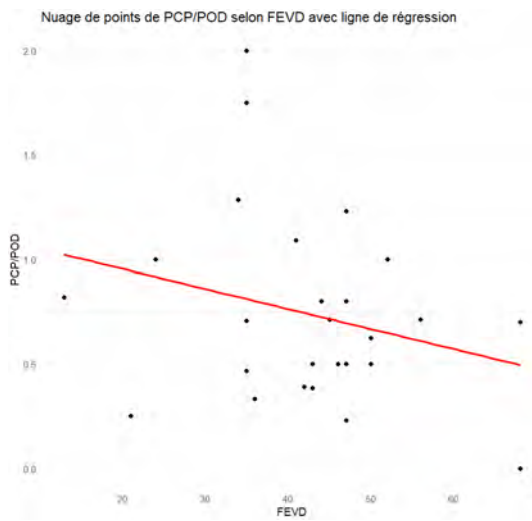
PAPd
 $p = 0.74$ $r = 0.07$



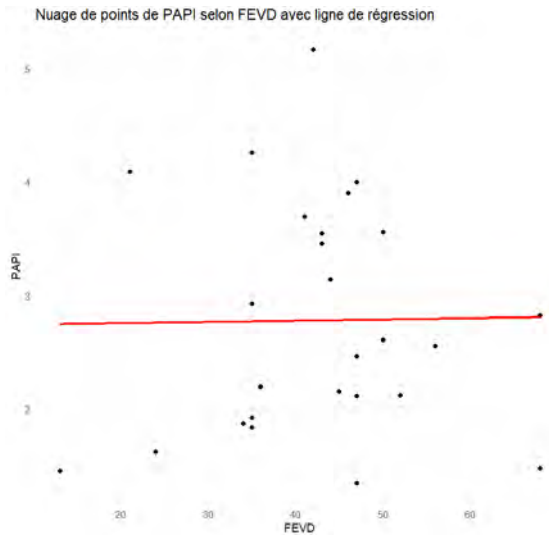
PAPm
 $p = 0.53$ $r = 0.13$



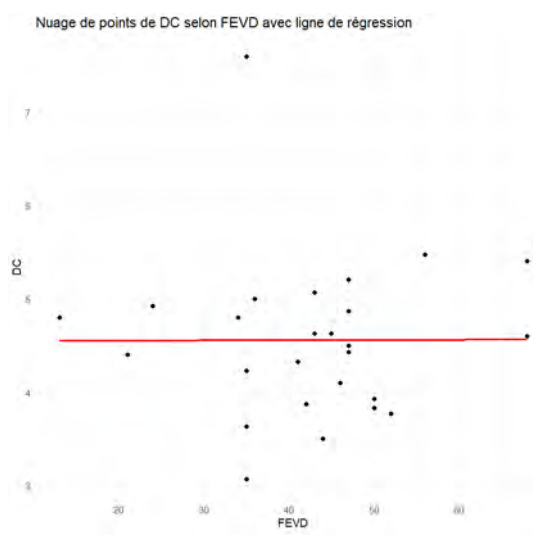
PCP
 $p = 0.89$ $r = -0.03$



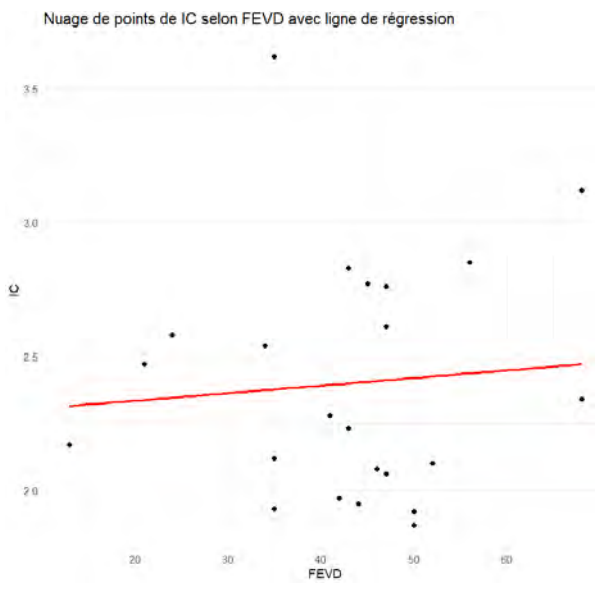
PCP/POD
 $p = 0.19$ $r = -0.26$



PAPI
 $p = 0.95$ $r = 0.01$



DC
 $p = 0.99$ $r = -0.01$



IC
 $p = 0.71$ $r = -0.08$

Corrélation de la FEV VD en post implantation avec les paramètres de cathétérisme cardiaque droit : la PCP, la PAPd, la PAPm, la POD, la PAPS, la PCP/POD, la PAPI, le débit cardiaque et l'index cardiaque.

Références

- 1- Crespo-Leiro, Metra, Lund et al., « Advanced Heart Failure: a position statement of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology », *European Journal of Heart Failure*, 2018.
- 2- Stehlik, Mountis, Haas et al., « Quality of Life and Treatment Preference for Ventricular Assist Device Therapy in Ambulatory Advanced Heart Failure », *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 2020.
- 3- Miller et Guglin, « Patient Selection for Ventricular Assist Devices », *Journal of the American College of Cardiology*, 2013.
- 4- Oliva, Perna, Marini et al., « Scheduled Intermittent Inotropes for Ambulatory Advanced Heart Failure. The RELEVANT-HF Multicentre Collaboration », *International Journal of Cardiology*, 2018.
- 5- Hashim, Sanam, Revilla-Martinez et al., « Clinical Characteristics and Outcomes of Intravenous Inotropic Therapy in Advanced Heart Failure », *Circulation: Heart Failure*, 2015.
- 6- Rapport annuel 2021 Agence de la Biomédecine
- 7- Sperry, Perez, Alvarez et al., « Medicaid Insurance and Psychosocial Status in Patients Evaluated for Heart Transplantation », *Journal of the American College of Cardiology*, 2017.
- 8- Starling, Estep, Horstmanshof et al., « Risk Assessment and Comparative Effectiveness of Left Ventricular Assist Device and Medical Management in Ambulatory Heart Failure Patients », *JACC: Heart Failure*, 2017.
- 9- Mehra, Goldstein, Cleveland et al., « Five-Year Outcomes in Patients With Fully Magnetically Levitated vs Axial-Flow Left Ventricular Assist Devices in the MOMENTUM 3 Randomized Trial » *JAMA*, 2022.
- 10- Varshney, DeFilippis, Cowger et al., « Trends and Outcomes of Left Ventricular Assist Device Therapy », *Journal of the American College of Cardiology*, 2022.
- 11- Hayek, Sims, Markham et al., « Assessment of Right Ventricular Function in Left Ventricular Assist Device Candidates », *Circulation: Cardiovascular Imaging*, 2014.
- 12- Rajapreyar, Soliman, Brailovsky et al., « Late Right Heart Failure After Left Ventricular Assist Device Implantation », *JACC: Heart Failure*, 2023.
- 13- Ali, Kiernan, Choudhary et al., « Right Ventricular Failure Post-Implantation of Left Ventricular Assist Device », *ASAIO Journal*, 2020.

- 14- Grinstein, Belkin, Kalantari et al., « Adverse Hemodynamic Consequences of Continuous Left Ventricular Mechanical Support », *Journal of the American College of Cardiology*, 2023.
- 15- Drakos, Janicki, Horne et al., « Risk Factors Predictive of Right Ventricular Failure After Left Ventricular Assist Device Implantation », *The American Journal of Cardiology*, 2010.
- 16- Kapelios, Lund, Wever et al., « Right Heart Failure Following Left Ventricular Device Implantation », *Circulation: Heart Failure*, 2022.
- 17- Avery, Day, Jokerst et al., « Right Ventricular Functional Analysis Utilizing First Pass Radionuclide Angiography for Pre-Operative Ventricular Assist Device Planning », *Journal of Cardiothoracic Surgery*, 2017.
- 18- Lairez, Cognet, Derclé et al., « Prediction of All-Cause Mortality from Gated-SPECT Global Myocardial Wall Thickening », *Journal of Nuclear Cardiology*, 2014.
- 19- Derclé, Giraudmaillet, Pascal et al., « Is TOMPOOL (Gated Blood-Pool SPECT Processing Software) Accurate to Diagnose Right and Left Ventricular Dysfunction in a Clinical Setting? », *Journal of Nuclear Cardiology*, 2014.
- 20- Baudry, Coutance, Dorent et al., « Prognosis value of Forrester's classification in advanced heart failure patients awaiting heart transplantation », *ESC Heart Failure*, 2022.
- 21- Corrà, Agostoni, Anker et al., « Role of Cardiopulmonary Exercise Testing in Clinical Stratification in Heart Failure. A Position Paper from the Committee on Exercise Physiology and Training of the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology », *European Journal of Heart Failure*, 2018.
- 22- Baudry, Coutance, Dorent et al., « Diuretic dose is a strong prognostic factor in ambulatory patients awaiting heart transplantation », *ESC Heart Failure*, 2023
- 23- Cazalbou, Chong, Petermann et al., « What Is the Most Useful Imaging Parameter to Explore the Prognostic Value of the Right Ventricular Function at the Time of Multimodality Cardiovascular Imaging? », *Echocardiography*, 2020.
- 24- Cohen, Thomas, Freed et al., « Echocardiography and Continuous-Flow Left Ventricular Assist Devices », *JACC: Heart Failure*, 2015.
- 25- Medvedofsky, Mor-Avi, Sayer et al., « Residual Native Left Ventricular Function Optimization Using Quantitative 3D Echocardiographic Assessment of Rotational Mechanics in Patients with Left Ventricular Assist Devices », *Echocardiography*, 2018.

- 26- Uriel, Burkhoff, Rich et al, « Impact of hemodynamic ramp test guided HVAD speed and medication adjustments on clinical outcomes: The RAMP-IT-UP Multicenter Study », *Circulation: Heart Failure*, 2019.
- 27- Imamura, Jeevanandam, Kim et al, « Optimal hemodynamics during left ventricular assist device support are associated with reduced readmission rates », *Circulation: Heart Failure*, 2019.
- 28- Akosah, Song, Guerraty et al, « Echocardiographic evaluation of patients with a left ventricular device », *ASAIO Journal*, 1998.
- 29- Ranganath, Smith, Moazami et al, « The Achille's heel of left ventricular assist device therapy: right ventricle », *Current Opinion in Organ Transplantation*, 2018.
- 30- Gill, Weissman, Meirovich et al., « Reproducibility of Semi-Automated Three-Dimensional Volumetric Analysis Using Cardiac Computed Tomography in Patients With Left Ventricular Assist Device », *Cardiovascular Revascularization Medicine*, 2019.
- 31- Yu, Han, Tadeka et al., « Role of Computed Tomography Angiography for HeartMate II Left Ventricular Assist Device Thrombosis », *The International Journal of Artificial Organs*, 2018.
- 32- Lairez, Delmas, Fournier et al., « Feasibility and Accuracy of Gated Blood Pool SPECT Equilibrium Radionuclide Ventriculography for the Assessment of Left and Right Ventricular Volumes and Function in Patients with Left Ventricular Assist Devices », *Journal of Nuclear Cardiology*, 2018.
- 33- Beneyto, Maury, Rollin et al., « Phase Analysis for Ventricular Arrhythmia Prediction », *Journal of Nuclear Cardiology*, 2022.
- 34- Mehra, Nayak, Morris et al., « Prediction of Survival After Implantation of a Fully Magnetically Levitated Left Ventricular Assist Device », *JACC: Heart Failure*, 2022.
- 35- .Kormos, Cowger, Pagani et al., « The Society of Thoracic Surgeons Intermacs Database Annual Report », *The Journal of Heart and Lung Transplantation*, 2019.

Analyse de la place de la tomographie volumique isotopique du ventricule droit dans le bilan de faisabilité de l'implantation d'une assistance monoventriculaire gauche chez les patients en insuffisance cardiaque avancée

Contexte : L'insuffisance cardiaque avancée est une maladie fréquente et sévère. L'assistance monoventriculaire gauche (AMG) en est un traitement reconnu. L'évaluation et le suivi de la fonction ventriculaire droite sont cruciaux en pré et post implantation. A ce jour, les techniques d'imagerie disponibles présentent des limites de réalisation ou d'interprétation et la tomographie volumique isotopique du ventricule droit (FEV VD) pourrait être utile. Notre étude visait à analyser la corrélation de la FEV VD en pré implantation avec les paramètres fonctionnels usuels, biologiques, d'imagerie et de cathétérisme cardiaque droit.

Méthode : Notre population est l'ensemble des patients implantés d'une AMG au centre hospitalier universitaire (CHU) de Toulouse entre 2015 et 2022 ayant bénéficié de la réalisation pré implantatoire d'une FEV VD au CHU (n=48). A noter que deux patients ont été exclus en raison de FEV VD ininterprétables. Les caractéristiques des patients inclus ont été comparées à celles des patients n'ayant pas bénéficié de FEV VD sur la même période (assistance circulatoire aigue, cause inconnus). Des diagrammes de dispersion et des tests de Pearson ou Spermann ont été réalisés afin d'étudier la corrélation entre FEV VD et les paramètres clinico biologiques, échographiques et hémodynamiques des patients.

Résultats : Les patients ayant bénéficié de la réalisation d'une FEV VD pré implantatoire présentaient une insuffisance cardiaque avancée (ICA) plus ancienne (cardiopathie > 5 ans dans 50 vs 14,7% des cas, $p < 0,01$) avec une FEVG plus altérée (22,3 vs 18,8%, $p = 0,04$), des PAPs plus élevées (55 vs 40 mmHg, $p = 0,01$), une dénutrition et une anémie plus marquées (31 vs 24 mg/L, $p < 0,01$ d'albuminémie et 11 vs 10 g/dL, $p = 0,03$ d'hémoglobinémie respectivement) et étaient moins sous assistance circulatoire aigue (20,8 vs 70,6%, $p < 0,01$). Nous avons mis en évidence une corrélation statistiquement significative entre la FEV VD pré implantatoire et la bilirubine totale ($p < 0,01$, $r = - 0,45$) ainsi que la PAPd ($p = 0,046$, $r = - 0,31$), la PAPm ($p = 0,03$, $r = - 0,33$) et la PCP ($p = 0,01$, $r = - 0,36$).

Conclusion : Notre étude retrouve une corrélation statistiquement significative entre la FEV VD réalisée dans le bilan de faisabilité de l'implantation d'une AMG et des marqueurs de congestion systémique et cardiaque que sont la bilirubine totale et des paramètres hémodynamiques pulmonaires. Nous ne retrouvons en revanche pas de corrélation entre la FEV VD et les paramètres fonctionnels et d'échographie. D'autres études sont nécessaires pour mieux appréhender cette technique, notamment pour l'évaluation du ventricule droit sous AMG.

Analysis of the role of isotopic volume tomography of the right ventricle in the feasibility assessment of left ventricular assist device implantation in patients with advanced heart failure

DISCIPLINE ADMINISTRATIVE : Médecine spécialisée clinique

MOTS-CLÉS : Insuffisance cardiaque avancée, assistance monoventriculaire gauche, Heartmate 3, tomographie volumique isotopique du ventricule droit, ventricule droit

INTITULÉ ET ADRESSE DE L'UFR OU DU LABORATOIRE : Université Toulouse III-Paul Sabatier, Faculté de Santé de Toulouse, 37 Allées Jules Guesde 31000 Toulouse

Directeur de thèse : Dr Clément DELMAS