



HAL
open science

Performances diagnostiques de la TEP-TDM au 18FDG dans le bilan d'endocardite infectieuse

Florian Mallet

► **To cite this version:**

Florian Mallet. Performances diagnostiques de la TEP-TDM au 18FDG dans le bilan d'endocardite infectieuse. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03559933

HAL Id: dumas-03559933

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03559933v1>

Submitted on 7 Feb 2022

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

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

UNIVERSITÉ CLERMONT AUVERGNE
UFR DE MÉDECINE ET DES PROFESSIONS PARAMÉDICALES

THÈSE D'EXERCICE

pour le

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

Par

MALLET, Florian

Présentée et soutenue publiquement le 22 octobre 2021

PERFORMANCES DIAGNOSTIQUES DE LA TEP-TDM AU ¹⁸FDG DANS LE BILAN
D'ENDOCARDITE INFECTIEUSE

Directeur de thèse : Madame CHANCHOU Marion, Docteur, Centre Jean Perrin, service de Médecine Nucléaire

Président du jury : Monsieur CACHIN Florent, Professeur, UFR de Médecine et des Professions paramédicales de Clermont-Ferrand

Membre du jury : Monsieur CAMILLERI Lionel, Professeur, UFR de Médecine et des Professions paramédicales de Clermont-Ferrand

Monsieur CLERFOND Guillaume, Docteur, CHU de Clermont-Ferrand, Pôle de Cardiologie et Maladies Vasculaires

Madame VIDAL Magali, Docteur, CHU de Clermont-Ferrand, service de Maladies Infectieuses et Tropicales



UNIVERSITE CLERMONT AUVERGNE

PRESIDENTS HONORAIRES
UNIVERSITE D'AUVERGNE

: **JOYON** Louis
: **DOLY** Michel
: **TURPIN** Dominique
: **VEYRE** Annie
: **DULBECCO** Philippe
: **ESCHALIER** Alain

PRESIDENTS HONORAIRES
UNIVERSITE BLAISE PASCAL

: **CABANES** Pierre
: **FONTAINE** Jacques
: **BOUTIN** Christian
: **MONTEIL** Jean-Marc
: **ODOUARD** Albert
: **LAVIGNOTTE** Nadine

PRESIDENT DE L'UNIVERSITE et
PRESIDENT DU CONSEIL ACADEMIQUE PLENIER
PRESIDENT DU CONSEIL ACADEMIQUE RESTREINT
VICE-PRESIDENT DU CONSEIL D'ADMINISTRATION
VICE-PRESIDENT DE LA COMMISSION DE LA RECHERCHE
VICE PRESIDENTE DE LA COMMISSION DE LA
FORMATION ET DE LA VIE UNIVERSITAIRE
DIRECTEUR GENERAL DES SERVICES

: **BERNARD** Mathias
: **DEQUIEDT** Vianney
: **WILLIAMS** Benjamin
: **HENRARD** Pierre
: **PEYRARD** Françoise
: **PAQUIS** François



UFR DE MEDECINE ET DES PROFESSIONS PARAMEDICALES

DOYENS HONORAIRES

: **DETEIX** Patrice
: **CHAZAL** Jean

DOYEN
RESPONSABLE ADMINISTRATIVE

: **CLAVELOU** Pierre
: **ROBERT** Gaëlle

LISTE DU PERSONNEL ENSEIGNANT

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. BACIN Franck - BEGUE René-Jean - BOUCHER Daniel - BOURGES Michel - BUSSIÈRE Jean-Louis - CANO Noël - CASSAGNES Jean - CATILINA Pierre - CHABANNES Jacques - CHAZAL Jean - CHIPPONI Jacques - CHOLLET Philippe - COUDERT Jean - DASTUGUE Bernard - DEMEOCQ François - DE RIBEROLLES Charles - ESCANDE Georges - Mme FONCK Yvette - MM. GENTOU Claude - GLANDDIER Gérard - Mmes GLANDDIER Phyllis - LAVARENNE Jeanine - MM. LAVERAN Henri - LEVAI Jean-Paul - MAGE Gérard - MALPUECH Georges - MARCHEIX Jean-Claude - MICHEL Jean-Luc - MOLINA Claude - MONDIE Jean-Michel - PERI Georges - PETIT Georges - PHILIPPE Pierre - PLAGNE Robert - PLANCHE Roger - PONSONNAILLE Jean - RAYNAUD Elie - REY Michel - Mme RIGAL Danièle - MM. ROZAN Raymond - SCHOEFFLER Pierre - SIROT Jacques - SOUTEYRAND Pierre - TANGUY Alain - TERVER Sylvain - THIEBLOT Philippe - TOURNILHAC Michel - VANNEUVILLE Guy - VIALLET Jean-François - Mlle VEYRE Annie

PROFESSEURS EMERITES :

MM. - BEYTOUT Jean - BOITEUX Jean-Paul - BOMMELAER Gilles - CHAMOIX Alain - DAUPLAT Jacques - DETEIX Patrice - ESCHALIER Alain - IRTHUM Bernard - JACQUETIN Bernard - KEMENY Jean-Louis - Mme LAFEUILLE Hélène - MM. LEMERY Didier - LESOURD Bruno - LUSSON Jean-René - RIBAL Jean-Pierre

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

PROFESSEURS DE CLASSE EXCEPTIONNELLE

M. VAGO Philippe	Histologie-Embryologie Cytogénétique
M. AUMAITRE Olivier	Médecine Interne
M. LABBE André	Pédiatrie
M. AVAN Paul	Biophysique et Traitement de l'Image
M. DURIF Franck	Neurologie
M. BOIRE Jean-Yves	Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication
M. BOYER Louis	Radiologie et Imagerie Médicale option Clinique
M. POULY Jean-Luc	Gynécologie et Obstétrique
M. CANIS Michel	Gynécologie-Obstétrique
Mme PENNAULT-LLORCA Frédérique	Anatomie et Cytologie Pathologiques
M. BAZIN Jean-Etienne	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale
M. BIGNON Yves Jean	Cancérologie option Biologique
M. BOIRIE Yves	Nutrition Humaine
M. CLAVELOU Pierre	Neurologie
M. DUBRAY Claude	Pharmacologie Clinique
M. GILAIN Laurent	O.R.L.

M.	LEMAIRE Jean-Jacques	Neurochirurgie
M.	CAMILLERI Lionel	Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire
M.	DAPOIGNY Michel	Gastro-Entérologie
M.	LLORCA Pierre-Michel	Psychiatrie d'Adultes
M.	PEZET Denis	Chirurgie Digestive
M.	SOUWEINE Bertrand	Réanimation Médicale
M.	BOISGARD Stéphane	Chirurgie Orthopédique et Traumatologie
M.	CONSTANTIN Jean-Michel	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale
Mme	DUCLOS Martine	Physiologie
M.	SCHMIDT Jeannot	Thérapeutique

PROFESSEURS DE
1ère CLASSE

M.	DECHELOTTE Pierre	Anatomie et Cytologie Pathologique
M.	CAILLAUD Denis	Pneumo-phtisiologie
M.	VERRELLE Pierre	Radiothérapie option Clinique
M.	CITRON Bernard	Cardiologie et Maladies Vasculaires
M.	D'INCAN Michel	Dermatologie -Vénérologie
Mme	JALENQUES Isabelle	Psychiatrie d'Adultes
Mle	BARTHELEMY Isabelle	Chirurgie Maxillo-Faciale
M.	GARCIER Jean-Marc	Anatomie-Radiologie et Imagerie Médicale
M.	GERBAUD Laurent	Epidémiologie, Economie de la Santé et Prévention
M.	SOUBRIER Martin	Rhumatologie
M.	TAUVERON Igor	Endocrinologie et Maladies Métaboliques
M.	MOM Thierry	Oto-Rhino-Laryngologie
M.	RICHARD Ruddy	Physiologie
M.	RUIVARD Marc	Médecine Interne
M.	SAPIN Vincent	Biochimie et Biologie Moléculaire
M.	BAY Jacques-Olivier	Cancérologie
M.	BERGER Marc	Hématologie
M.	COUDEYRE Emmanuel	Médecine Physique et de Réadaptation
Mme	GODFRAIND Catherine	Anatomie et Cytologie Pathologiques
M.	ROSSET Eugénio	Chirurgie Vasculaire
M.	ABERGEL Armando	Hépatologie
M.	LAURICHESSE Henri	Maladies Infectieuses et Tropicales
M.	TOURNILHAC Olivier	Hématologie
M.	CHIAMBARETTA Frédéric	Ophtalmologie
M.	FILAIRE Marc	Anatomie – Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire
M.	GALLOT Denis	Gynécologie-Obstétrique
M.	GUY Laurent	Urologie
M.	TRAORE Ousmane	Hygiène Hospitalière
M.	ANDRE Marc	Médecine Interne
M.	BONNET Richard	Bactériologie, Virologie
M.	CACHIN Florent	Biophysique et Médecine Nucléaire
M.	COSTES Frédéric	Physiologie
M.	FUTIER Emmanuel	Anesthésiologie-Réanimation
Mme	HENG Anne-Elisabeth	Néphrologie
M.	MOTREFF Pascal	Cardiologie
Mme	PICKERING Gisèle	Pharmacologie Clinique

PROFESSEURS DE

2^{ème} CLASSE

Mme CREVEAUX Isabelle	Biochimie et Biologie Moléculaire
M. FAICT Thierry	Médecine Légale et Droit de la Santé
Mme KANOLD LASTAWIECKA Justyna	Pédiatrie
M. TCHIRKOV Andréï	Cytologie et Histologie
M. CORNELIS François	Génétique
M. DESCAMPS Stéphane	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique
M. POMEL Christophe	Cancérologie – Chirurgie Générale
M. CANAVESE Fédérico	Chirurgie Infantile
M. LESENS Olivier	Maladies Infectieuses et Tropicales
M. RABISCHONG Benoît	Gynécologie Obstétrique
M. AUTHIER Nicolas	Pharmacologie Médicale
M. BROUSSE Georges	Psychiatrie Adultes/Addictologie
M. BUC Emmanuel	Chirurgie Digestive
M. CHABROT Pascal	Radiologie et Imagerie Médicale
M. LAUTRETTE Alexandre	Néphrologie Réanimation Médicale
M. AZARNOUSH Kasra	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire
Mme BRUGNON Florence	Biologie et Médecine du Développement et de la Reproduction
Mme HENQUELL Cécile	Bactériologie Virologie
M. ESCHALIER Romain	Cardiologie
M. MERLIN Etienne	Pédiatrie
Mme TOURNADRE Anne	Rhumatologie
M. DURANDO Xavier	Cancérologie
M. DUTHEIL Frédéric	Médecine et Santé au Travail
Mme FANTINI Maria Livia	Neurologie
M. SAKKA Laurent	Anatomie – Neurochirurgie
M. BOURDEL Nicolas	Gynécologie-Obstétrique
M. GUIEZE Romain	Hématologie
M. POINCLOUX Laurent	Gastroentérologie
M. SOUTEYRAND Géraud	Cardiologie

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

M. CLEMENT Gilles	Médecine Générale
Mme MALPUECH-BRUGERE Corinne	Nutrition Humaine
M. VORILHON Philippe	Médecine Générale

PROFESSEURS ASSOCIES DES UNIVERSITES

Mme BOTTET-MAULOUBIER Anne	Médecine Générale
M. CAMBON Benoît	Médecine Générale

**MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES -
PRATICIENS HOSPITALIERS**

***MAITRES DE CONFERENCES
HORS CLASSE***

Mme CHAMBON Martine	Bactériologie Virologie
Mme BOUVELOUP Corinne	Nutrition

***MAITRES DE CONFERENCES DE
1ère CLASSE***

M. MORVAN Daniel	Biophysique et Traitement de l'Image
Mle GOUMY Carole	Cytologie et Histologie, Cytogénétique
Mme FOGLI Anne	Biochimie Biologie Moléculaire
Mle GOUAS Laetitia	Cytologie et Histologie, Cytogénétique
M. MARCEAU Geoffroy	Biochimie Biologie Moléculaire
Mme MINET-QUINARD Régine	Biochimie Biologie Moléculaire
M. ROBIN Frédéric	Bactériologie
Mle VERONESE Lauren	Cytologie et Histologie, Cytogénétique
M. DELMAS Julien	Bactériologie
Mle MIRAND Andrey	Bactériologie Virologie
M. OUCHCHANE Lemlih	Biostatistiques, Informatique Médicale et Technologies de Communication
M. LIBERT Frédéric	Pharmacologie Médicale
Mle COSTE Karen	Pédiatrie
M. EVRARD Bertrand	Immunologie
Mle AUMERAN Claire	Hygiène Hospitalière
M. POIRIER Philippe	Parasitologie et Mycologie
Mme CASSAGNES Lucie	Radiologie et Imagerie Médicale
M. LEBRETON Aurélien	Hématologie

***MAITRES DE CONFERENCES DE
2ème CLASSE***

Mme PONS Hanaë	Biologie et Médecine du Développement et de la Reproduction
M. JABAUDON-GANDET Matthieu	Anesthésiologie – Réanimation Chirurgicale
M. BOUVIER Damien	Biochimie et Biologie Moléculaire
M. BUISSON Anthony	Gastroentérologie
M. COLL Guillaume	Neurochirurgie
Mme SARRET Catherine	Pédiatrie
M. MAQDASY Salwan	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques
Mme NOURRISSON Céline	Parasitologie - Mycologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme BONHOMME Brigitte	Biophysique et Traitement de l'Image
Mme VAURS-BARRIERE Catherine	Biochimie Biologie Moléculaire
M. BAILLY Jean-Luc	Bactériologie Virologie
Mle AUBEL Corinne	Oncologie Moléculaire
M. BLANCHON Loïc	Biochimie Biologie Moléculaire
Mle GUILLET Christelle	Nutrition Humaine
M. BIDET Yannick	Oncogénétique
M. MARCHAND Fabien	Pharmacologie Médicale
M. DALMASSO Guillaume	Bactériologie
M. SOLER Cédric	Biochimie Biologie Moléculaire
M. GIRAUDET Fabrice	Biophysique et Traitement de l'Image
Mme VAILLANT-ROUSSEL Hélène	Médecine Générale
Mme LAPORTE Catherine	Médecine Générale
M. LOLIGNIER Stéphane	Neurosciences – Neuropharmacologie
Mme MARTEIL Gaëlle	Biologie de la Reproduction
M. PINEL Alexandre	Nutrition Humaine

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DES UNIVERSITES

M. TANGUY Gilles	Médecine Générale
M. BERNARD Pierre	Médecine Générale
Mme ESCHALIER Bénédicte	Médecine Générale
Mme RICHARD Amélie	Médecine Générale

Dédicaces personnelles

A mes parents, ma marraine et mes sœurs, pour leur immense soutien durant toutes ces années.

A mes cousins, pour ces bons moments d'évasion loin du contexte "médecine".

A ma grand-mère, mes tantes, mes oncles et les amis de mes parents pour les repas festifs et les bons moments partagés.

A ma famille parisienne de m'avoir si bien accueilli pour Saclay.

A Mathilde pour m'avoir supporté pendant ces derniers mois intenses.

A ma bande d'externat/internat : Julien, Arnaud, Théop, Ben, Naouf, Yann, Martin, Paul, Benoit, Florence, Ballout, Kévin, Gafas, Jerem et bien d'autres, pour ces soirées inoubliables (ou pas).

Aux médecins nucléaires de Jean Perrin, pour la super ambiance tout en assurant une excellente formation. Mention spéciale à Charles, mon entraîneur de cardio. Ainsi qu'aux anciens cointernes.

Aux Pr Agostini et Manrique, pour m'avoir tant appris en cardiologie nucléaire. A Kévin, mes cointernes et le reste de l'équipe pour ce semestre génial à Caen.

A l'équipe de manip, radiopharmaciens, physiciens etc de Jean Perrin pour leur travail au quotidien dans d'agréables conditions.

Aux cardiologues de Moulins pour avoir musclé mon sens clinique cardio, qui m'a été et sera très utile.

A Antoine pour mes progrès en radiologie, pas entravés malgré les conditions.

Aux oncologues du Puy pour m'avoir transmis les bases cliniques.

Aux "ptits potes" d'Aurillac.

Aux teams d'internat du Puy, Moulins, Caen et Aurillac, partout on s'est bien marré.

A la team Saclay des maudits et Albertine.

A mon instituteur de CP pour m'avoir remis sur le droit chemin.

A Léo pour son travail en amont et son point de vue clinique.

Remerciements

A notre président de Thèse :

A Monsieur le Professeur CACHIN Florent,

Vous nous faites l'honneur de présider mon jury de thèse. Je vous remercie de m'avoir fait découvrir la Médecine Nucléaire dès mes premières années d'études. Je vous remercie également de votre implication dans ma formation, de votre rigueur et de votre disponibilité.

A notre Jury de Thèse

A Monsieur le Professeur CAMILLERI Lionel,

Vous nous faites l'honneur de siéger dans ce jury. Je vous remercie d'y apporter votre expertise.
Veuillez recevoir l'expression de mon profond respect.

A Madame le Docteur VIDAL Magali,

Je vous remercie d'avoir accepté de participer à ce jury, pour juger ce travail qui s'inscrit dans la continuité du vôtre au sein de la RCP Endocardite.

A Monsieur le Docteur CLERFOND Guillaume,

Je vous remercie d'être présent parmi nos juges et d'apporter votre expertise dans ce domaine passionnant de l'imagerie cardio-vasculaire. J'espère avoir l'opportunité de collaborer avec vous sur ce sujet dans le futur.

A ma Directrice de Thèse, Madame le Docteur CHANCHOU Marion,

Je te remercie de m'avoir confié ce travail sur ce sujet de l'endocardite qui te tient particulièrement à cœur. Merci pour ton implication, ta rigueur et tes recommandations à chaque étape du projet. Merci pour tes nombreux conseils à mon arrivée dans le service et par la suite.

Table des matières

1	Introduction.....	12
1.1	Endocardite infectieuse.....	12
1.2	Tomographie par émission de positons	14
1.3	Objectifs de l'étude :	16
2	Matériels et méthodes.....	17
2.1	Population.....	17
2.2	Diagnostic d'endocardite infectieuse ou d'infection de dispositif cardiaque implantable :	18
2.3	Imagerie TEP-TDM au ¹⁸ FDG.....	199
2.4	Analyse statistique	22
3	Résultats	23
3.1	Population.....	23
3.2	Performances diagnostiques de l'analyse visuelle en TEP-TDM	27
3.3	Performances de l'analyse quantitative de la TEP-TDM.....	30
3.4	Efficacité du régime de suppression myocardique.....	34
3.5	Analyse quantitative selon le micro-organisme responsable.....	36
4	Discussion :	36
	Conclusion :	44
	Références :	46
	Annexe I. Critères de Duke modifiés, adaptés aux recommandations 2015 de l'ESC	53
	Annexe II. Consignes du régime pauvre en glucides avant TEP-TDM au ¹⁸ FDG au centre Jean Perrin	54
	Annexe III. Description de la population selon le diagnostic final.....	55
	Annexe IV. SUVmax et SUVmax ratio selon la décision RCP, sur l'ensemble de la population et dans les sous-groupes	57
	Annexe V. SUVmax de la paroi myocardique latérale et de la paroi myocardique septale selon la suppression myocardique visuelle.....	59

Liste des abréviations :

AUC : Aire sous la courbe

EI : Endocardite infectieuse

ESC : Société Européenne de Cardiologie

ETO : Echographie transoesophagienne

ETT : Echographie transthoracique

FN : Faux négatif

FP : Faux positif

MBq/kg : Mégabecquerel par kilogramme

RCP : Réunion de Concertation Pluridisciplinaire

ROC : Receiver Operating Characteristic

SUVmax : Valeur de fixation normalisée maximale

SUVmax ratio : Valeur de fixation normalisée maximale du foyer suspect d'infection divisée par la valeur de fixation normalisée maximale du bruit de fond aortique

SUVmean : Valeur de fixation normalisée moyenne

TEP-TDM au ¹⁸F-FDG : Tomographie par émission de positons au ¹⁸F-fluorodésoxyglucose

VN : Vrai négatif

VOI : Volume d'intérêt

VP : Vrai positif

1 Introduction

1.1 Endocardite infectieuse

L'endocardite infectieuse (EI) correspond à l'infection de valve cardiaque, de prothèse valvulaire ou autre dispositif cardiaque implantable. C'est une pathologie grave présentant une mortalité de 30% à 1 an(1). Si elle reste rare, son incidence de 3 à 10 pour 100 000 personnes est en augmentation ces dernières années (2,3). Son profil épidémiologique s'est modifié : *Staphylococcus aureus* est devenu la première bactérie responsable en France (25-30%) devant les streptocoques oraux (12-18%)(3,4) ; l'âge des patients est en augmentation(5). Le diagnostic des EI causées par *Staphylococcus aureus* est un enjeu critique car *Staphylococcus aureus* est un facteur de risque indépendant de mortalité et d'embolie à distance(6,7).

Les facteurs de risques d'EI sont : cardiopathie congénitale, valve prothétique ou valvuloplastie, stimulateurs et autres dispositifs intracardiaque, valvulopathie congénitale (bicuspidie aortique) ou acquise, antécédent d'endocardite infectieuse, usage de drogue intraveineuse, diabète, dialyse, antécédent de cancer et cathéter vasculaire longue durée(8,9). Les valvulopathies rhumatismales sont devenues très rares en France mais demeurent le principal facteur de risque dans les pays en développement (10).

L'endocardite infectieuse reste un challenge diagnostique. L'évolution peut être aigüe, subaigüe ou chronique avec des signes peu spécifiques.

Les tableaux cliniques peuvent être extrêmement variés et impliquer tous les organes. La fièvre est le symptôme le plus fréquent (78%), suivie par l'insuffisance cardiaque (27%). A l'admission, les complications emboliques symptomatiques sont présentes chez un quart des patients (4).

Les critères de Duke décrits en 1994(11), modifiés en 2000 (10) puis 2015 (annexe I) restent la pierre angulaire du diagnostic d'EI. Les critères majeurs associent des données microbiologiques spécifiques à des signes échocardiographiques d'atteinte de l'endocarde. Les critères mineurs sont principalement cliniques et immunologiques. L'ensemble classe les patients en endocardite « certaine », « possible » ou « rejetée ».

L'échographie transthoracique (ETT) est l'examen de première intention. Elle doit être réalisée devant toute suspicion d'endocardite. L'échographie transoesophagienne (ETO) est recommandée en cas d'échographie transthoracique non contributive ou négative avec forte suspicion d'EI. Si l'ETT est positive, l'ETO est réalisée à la recherche de complication locale. L'ETO est également recommandée chez les patients porteurs de valve prothétique. Les lésions évocatrices d'EI sont les végétations, les abcès, pseudo-anévrysmes et les nouvelles déhiscences de valve prothétique (8).

La prise en charge thérapeutique de l'endocardite repose sur une antibiothérapie intraveineuse pendant 2 à 6 semaines, voire plus pour les valves prothétiques(8). La chirurgie est réalisée dans 40-50% des cas d'EI

(12). Le diagnostic précoce est crucial car le pronostic dépend de la rapidité d'initiation du traitement antibiotique ou chirurgical (13,14).

Le caractère protéiforme de l'EI et la complexité de son diagnostic et de sa prise en charge nécessitent une approche multidisciplinaire regroupant de nombreux spécialistes. Ainsi la Société Européenne de Cardiologie (ESC) recommande depuis 2015 la formation d'une "équipe endocardite". Le recours à cette équipe permet de diminuer significativement la mortalité en permettant l'initiation plus précoce d'une antibiothérapie appropriée et de traitement chirurgical(15,16). Au CHU de Clermont-Ferrand, la réunion de concertation pluridisciplinaire (RCP) Endocardite infectieuse et infection de dispositif cardiaque implantable se réunit chaque semaine. Son rôle est d'indiquer d'éventuels examens complémentaires, de préconiser un traitement anti-infectieux adéquat, de sélectionner les indications chirurgicales et d'organiser le suivi (17). L'équipe est composée de cardiologues, infectiologues, chirurgiens cardiaques, microbiologistes, radiologues et réanimateurs. Depuis 2018, un médecin nucléaire complète cette équipe.

1.2 Tomographie par émission de positons

En 2015, les recommandations de l'ESC ont introduit dans l'arsenal diagnostique de l'EI la tomographie par émission de positons au ^{18}F -fluorodésoxyglucose (TEP-TDM au ^{18}F FDG) et la scintigraphie aux leucocytes marqués. La TEP-TDM au ^{18}F FDG présente une meilleure

sensibilité alors que la scintigraphie aux leucocytes marqués offre une meilleure spécificité(18). Toutes deux permettent, en plus de l'atteinte cardiaque, la recherche de lésions emboliques à distance, avec un fort impact sur la prise en charge thérapeutique (19). La TEP-TDM a l'avantage de présenter de meilleures disponibilité, résolution spatiale, facilité et durée de réalisation.

La présence de valve prothétique perturbe l'analyse par échocardiographie et par conséquent diminuent les performances diagnostiques des critères de Duke modifiés. La TEP-TDM au ¹⁸FDG présente une bonne spécificité quelque soit le type d'EI, sa sensibilité est bonne pour les EI sur valve prothétique (86%) et dispositif cardiaque (72%) mais mauvaise sur les valves natives (31%)(20). La TEP-TDM au ¹⁸FDG est recommandée depuis 2015 par l'ESC en cas de valve prothétique pour les « endocardites possibles » ou « endocardites rejetées » avec persistance d'une forte suspicion clinique. Elle peut également être proposée dans tous les cas pour la recherche d'embolie septique. L'ESC 2015 ajoute aux critères de Duke modifié l'hyperfixation autour de la prothèse valvulaire comme critère majeur et la présence d'un embolie septique comme critère mineur. L'ajout de la TEP-TDM augmente considérablement la sensibilité de ces critères (21).

Une des limites de la TEP-TDM au ¹⁸FDG pour le diagnostic d'EI est la fixation physiologique intense du myocarde qui gêne l'analyse cardiaque. Un régime alimentaire riche en lipides mais pauvre en glucides pendant

au moins 24h suivi d'un jeûne de 4 à 12h permet de supprimer la fixation myocardique physiologique dans 69 à 95% des cas (22-24). La composition et la durée exacte de ce régime ne sont pas consensuelles et varient selon les centres. Il est donc nécessaire d'évaluer le protocole utilisé dans notre structure.

Certaines études ont évalué les performances diagnostiques de l'analyse quantitative en TEP-TDM en mesurant la valeur de fixation normalisée maximale (SUVmax) de la valve ou encore des rapports de SUVmax de la valve divisée par le bruit de fond vasculaire estimé par la SUVmax ou la valeur de fixation normalisée moyenne (SUVmean) dans l'aorte descendante ou l'oreillette droite(25). Le manque de standardisation entre les centres, de la préparation du patient à l'analyse des images en passant par l'acquisition et la reconstruction, rendent difficile l'adoption d'un seuil universel au-dessus duquel la fixation valvulaire serait en faveur d'une EI.

1.3 Objectifs de l'étude :

L'objectif principal de l'étude était de mesurer les performances diagnostiques de l'interprétation visuelle de la TEP-TDM au ¹⁸FDG pour le diagnostic d'EI et d'infection de dispositif cardiaque implantable chez les patients adressés pour une TEP-TDM à visée infectiologique. Les objectifs secondaires étaient d'une part d'évaluer les performances diagnostiques de l'analyse quantitative de la TEP-TDM et l'efficacité du régime pauvre en

glucides et d'autre part de comparer quantitativement la fixation des endocardites et infections de dispositif cardiaque implantable liées à *Staphylococcus aureus* à celle des autres micro-organismes responsables.

2 Matériel et méthode

2.1 Population

Cette étude rétrospective rassemblait les patients présentés en RCP Endocardite au CHU de Clermont-Ferrand du 1^{er} janvier 2017 au 31 décembre 2018 et ayant bénéficié d'une TEP-TDM au ¹⁸FDG pour indication infectiologique au cours de l'épisode. L'indication infectiologique regroupait : bilan d'endocardite, bilan de bactériémie, recherche de foyer infectieux profond, contexte de fièvre, recherche d'infection vasculaire, suspicion d'infection de dispositif cardiaque implantable. Les patients ayant présenté deux épisodes d'EI distincts ont été analysés comme deux patients. Pour les patients ayant bénéficié de plusieurs TEP-TDM lors d'un même épisode, l'examen choisi était le plus ancien comportant une demande de régime pauvre en glucides. Les données cliniques, biologiques et radiologiques étaient collectées au CHU de Clermont-Ferrand via le logiciel DxCare, à partir des comptes rendus de RCP ou autres documents d'hospitalisation et consultation.

Les critères d'exclusion étaient : prise en charge uniquement en hôpital périphérique, patient mineur, données incomplètes, absence de

demande ou non-respect avéré du régime pauvre en glucides. En cas d'échec du régime avec mauvaise suppression myocardique rendant impossible l'analyse de la ou des valves suspectes, les patients étaient exclus de toutes les analyses, exceptée celle du critère secondaire d'efficacité du régime.

2.2 Diagnostic d'endocardite infectieuse ou d'infection de dispositif cardiaque implantable :

Le diagnostic final était défini par la décision de la RCP Endocardite au cours de l'épisode ou après le suivi. La RCP Endocardite s'appuyait sur les données cliniques, biologiques, échocardiographiques, opératoires et sur les explorations radiologiques ou isotopiques. Les différentes décisions de la RCP étaient : endocardite certaine, endocardite très probable, endocardite probable, possible ou négative (rejetée). Les patients jugés « Endocardite probable » ou « Endocardite très probable » étaient regroupés comme endocardite certaine dans le cadre de cette étude. Pour l'ensemble des analyses de cette étude, nous avons considéré comme diagnostic final « EI positive » les patients des groupes EI certaine et EI possible selon la RCP ; les patients classés EI négative par la RCP étaient considérés comme diagnostic final « EI négative ». Nous avons considéré les EI possibles selon la RCP comme diagnostic final positif car leur prise en charge thérapeutique était la même que celle des EI certaines, notamment l'antibiothérapie prolongée.

2.3 Imagerie TEP-TDM au ^{18}F FDG

Pour supprimer la fixation physiologique du myocarde et permettre l'analyse cardiaque, les patients ont suivi un régime pauvre en glucides pendant 24 heures suivi de 6 heures de jeûne. Des adaptations étaient effectuées pour les patients diabétiques. Les services d'hospitalisations disposaient d'une carte indiquant les aliments autorisés, les aliments interdits et des idées de menus types (annexe II). Une acquisition corps entier était réalisée 60 minutes après injection intraveineuse de 2.5 à 5 MBq/kg de ^{18}F FDG.

Les analyses étaient réalisées en connaissance des données cliniques, biologiques et échocardiographiques mais en aveugle de la décision de la RCP, en utilisant Advantage Windows Server (General Electric Healthcare systems).

Pour l'analyse visuelle du critère principal les examens étaient classés en positif ou négatif. L'examen était considéré positif en cas de fixation anormale de la valve, de la région péri-valvulaire ou du dispositif cardiaque implantable. La fixation anormale devait être confirmée sur les images corrigées de l'atténuation et non corrigées.

Pour l'analyse quantitative du diagnostic d'EI, la SUVmax était mesurée par un volume d'intérêt (VOI) sphérique de 1 à 3 cm³ adapté à la morphologie de chaque patient, tracé manuellement sur la fixation suspecte. Le VOI était placé en évitant d'éventuelles fixations physiologiques. En l'absence de fixation suspecte, le VOI était placé sur la

valve ou la portion du matériel cardiaque implantable suspecte d'infection sur les données cliniques, biologiques et échocardiographiques. Le bruit de fond vasculaire était mesuré par la SUVmax dans un VOI sphérique de 1 à 2 cm³ tracé manuellement dans l'aorte descendante à hauteur de la bifurcation du tronc pulmonaire. Le VOI occupait le diamètre maximum de la lumière aortique en excluant les parois. Le bruit de fond hépatique était mesuré par la SUVmax dans un VOI sphérique de 3 cm³ tracé manuellement dans le foie.

Pour l'efficacité du régime de suppression myocardique, une évaluation qualitative visuelle et une évaluation quantitative ont été réalisées. Visuellement, les examens étaient classés en 3 catégories : bonne suppression, suppression partielle ou mauvaise suppression. La suppression myocardique était jugée bonne si fixation physiologique nulle ou négligeable, partielle si fixation modérée, mauvaise si fixation intense nuisant à l'analyse cardiaque. Pour l'analyse quantitative, la SUVmax de la fixation myocardique physiologique était mesurée par deux VOI sphériques de 0.7 à 1 cm³ selon les patients : un VOI sur la paroi latéro-médiane du ventricule gauche et un VOI sur la paroi septo-médiane.

Les différents VOI précédemment décrits sont illustrés en figure 1.

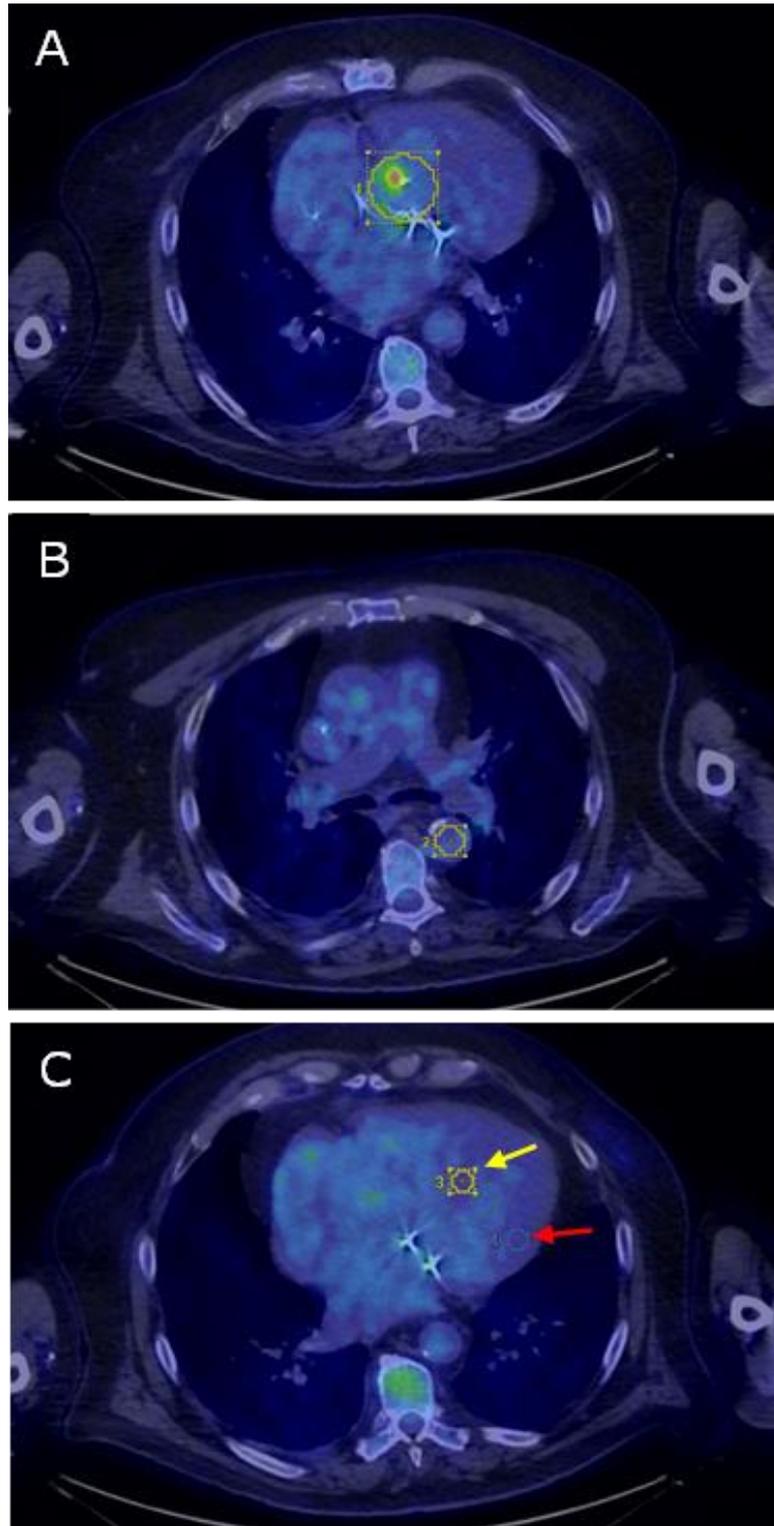


Figure 1 : Coupes axiales fusionnées de TEP-TDM au ^{18}F FDG. Les cercles représentent les VOI pour la mesure du SUVmax du foyer suspect d'infection (**A**) (ici foyer de fixation de la valve aortique prothétique), du bruit de fond aortique (**B**), de la suppression de la fixation myocardique physiologique (**C**) sur la paroi septale (flèche jaune) et latérale (flèche rouge) du ventricule gauche.

2.4 Analyse statistique

Pour le critère de jugement principal, un vrai positif (VP) est défini par un patient dont l'analyse visuelle de la TEP-TDM est positive, avec une EI classée positive selon la RCP. Un faux positif (FP) est défini par une analyse visuelle positive avec une EI classée négative selon la RCP. Un vrai négatif (VN) est défini par une analyse visuelle négative avec une EI classée négative selon la RCP. Un faux négatif (FN) est défini par une analyse visuelle négative avec une EI classée positive selon la RCP.

Les analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel R, version 4.1.0 (R-Project, GNU GPL, <http://cran.r-project.org/>). Chaque variable d'intérêt est exprimée par des résumés statistiques classiques. Les variables catégorielles sont présentées par les fréquences absolues et relatives. Les variables continues sont synthétisées par : nombre des valeurs disponibles pour chaque variable, mesure de tendance centrale (moyenne et médiane), mesure de dispersion (écart-type et intervalle interquartile), valeurs extrêmes. Une description en sous-groupes a été aussi réalisée : patients porteurs de valve native, patients porteurs de valve prothétique, patients porteurs de dispositif cardiaque implantable, délai de pose de valve prothétique supérieur à 12 mois, délai de pose de valve prothétique inférieur à 12 mois, délai entre l'antibiothérapie et la TEP-TDM supérieure à 15 jours, délai entre l'antibiothérapie et la TEP-TDM inférieur à 15 jours. Pour l'analyse quantitative, nous avons utilisé la courbe ROC et deux méthodes de détermination de seuils optimaux

(méthode du meilleur compromis entre sensibilité et spécificité et méthode de Youden) sur le SUVmax de la valve et le ratio SUVmax de la valve divisée par la SUVmax du bruit de fond aortique (SUVmax ratio). Une analyse de performances pour les mêmes sous-groupes que pour l'analyse visuelle a été réalisée, si l'effectif était suffisant, sans correction pour tests multiples.

3 Résultats

3.1 Population

Entre le 1^{er} janvier 2017 et le 31 décembre 2018, 474 patients ont été présentés à la RCP Endocardite. 42 patients n'ont été inclus en raison d'une prise en charge uniquement en hôpital périphérique, de données manquantes ou de l'âge mineur. Parmi les 432 patients restants, 108 ont bénéficié d'un TEP-TDM au ¹⁸FDG toutes indications confondues. Trente patients ont été exclus car la TEP-TDM était réalisée pour une indication non infectiologique. Cinq patients ont été exclus car les examens TEP-TDM n'étaient pas disponibles sur notre base de données, faute de transfert après leur acquisition dans un autre centre que le Centre Jean Perrin. Un patient a été exclu car son examen était incomplet et n'explorait pas l'ensemble du cœur. Le régime pauvre en glucides n'a pas été demandé pour 2 examens qui ont donc été exclus. Malgré la demande, le non-respect du régime a été avéré pour un patient qui a lui aussi été exclu. 68 patients ont finalement été inclus pour l'analyse de l'étude. L'un d'entre

eux a présenté deux épisodes distincts d'EI, qui ont donc été analysés comme deux patients pour un total de 69 épisodes. Le diagramme de flux des patients de la population étudiée est visible en figure 2.

Après décision de la RCP, 39 patients étaient classés endocardite certaine, 2 patients endocardite possible et 29 patients endocardite négative. Ainsi, 41 patients étaient considérés diagnostic final « EI positive » selon la RCP et 29 patients étaient considérés diagnostic final « EI négative » selon la RCP.

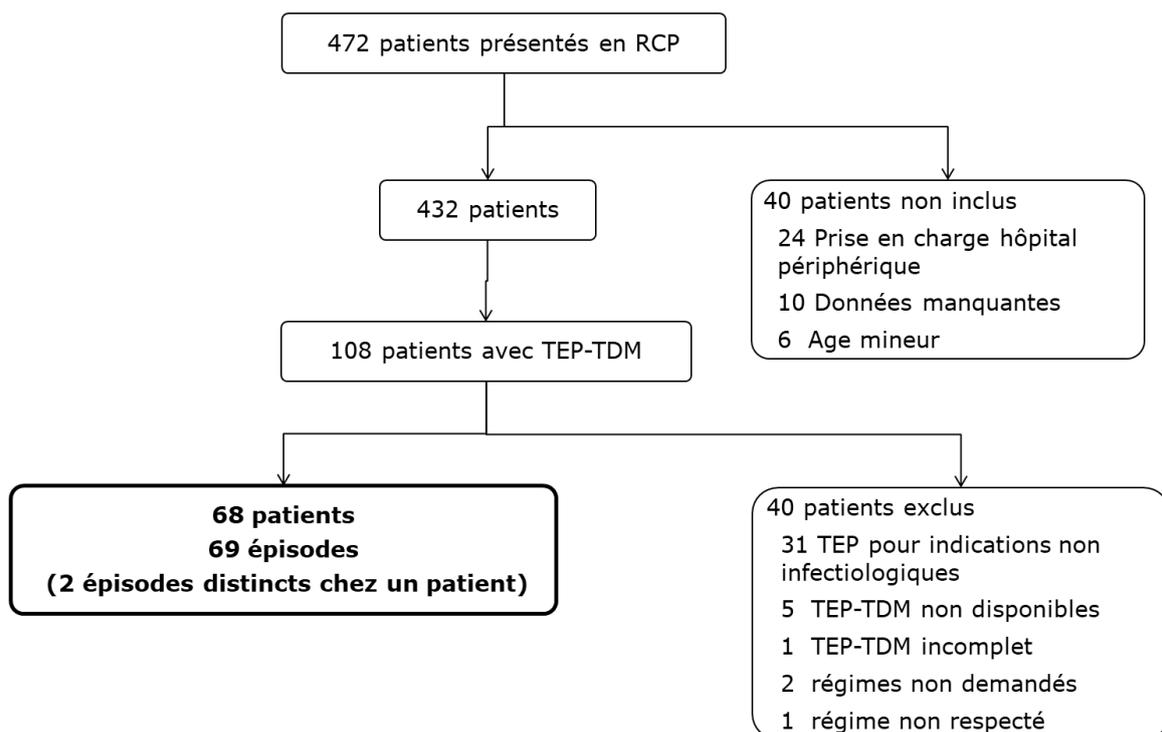


Figure 2 : Flowchart de la population étudiée

L'âge médian des 69 patients était de 70 ans, 55 (80%) étaient des hommes. 18 patients (27%) étaient diabétiques. Une valve prothétique ou

valvuloplastie étaient présentes chez 36 patients (52%), un dispositif cardiaque implantable chez 24 (35%). Parmi les porteurs de valve prothétique ou valvuloplastie, le délai de pose était supérieur à 1 an pour 24 patients (73%). Un patient était porteur de dispositif d'assistance circulatoire mécanique. Un patient atteint d'EI a bénéficié de remplacement de la valve aortique et mitrale les jours précédant la réalisation de la TEP-TDM et n'a donc pas été inclus dans les analyses liées au diagnostic d'EI. Les caractéristiques de la population sont détaillées dans le tableau 1. Les caractéristiques des patients selon le diagnostic final sont détaillées dans l'annexe III.

Concernant l'épisode étudié, la fièvre a été mise en évidence chez 48 patients (70%) et des végétations en échographie chez 24 patients (35%). Le délai médian entre le début de l'antibiothérapie et la réalisation de la TEP-TDM était de 93 jours ; il était supérieur à 15 jours chez 52 patients (75%) ; 9 n'ont pas reçu d'antibiothérapie avant la TEP-TDM. Un microorganisme responsable a été identifié chez 57 patients (83%), dont 35% de *Staphylococcus aureus*(20 patients).

Pour 23 (33%) patients, la TEP-TDM a retrouvé une ou plusieurs localisations secondaires : une localisation unique pour 16 patients (24%), deux localisations pour 6 patients (9%) et trois localisations pour 1 patients.

Tableau I : Caractéristiques des patients

Caractéristiques des patients	n (%)
Sexe masculin	55 (80)
Antécédent d'EI	5 (7)
Diabète	18 (26)
Fièvre	48 (70)
Valve	
native	36 (52)
prothétique	33 (48)
Valve prothétique	33 (48)
aortique biologique / TAVI	17 (52)
aortique mécanique	10 (33)
mitrale biologique	4 (12)
mitrale mécanique	2 (6)
valvuloplastie mitrale	2 (6)
valvuloplastie tricuspide	4 (12)
Dispositif cardiaque	24 (35)
Délai de pose valve (mois)	
<3	1 (3)
3-12	8 (24)
>12	24 (73)
Végétations	24 (35)
aortique	15 (63)
mitrale	7 (29)
tricuspide	1 (4)
sondes PM / DAI	3 (13)
Micro-organisme identifié	57 (83)
Staphylococcus aureus	20 (35)
Streptocoques	16 (28)
Entérocoques	11 (19)
Autres	12 (21)
Délai antibiothérapie-TEP	
aucune antibiothérapie	9 (13)
< 15 jours	8 (12)
> 15 jours	75
Localisations secondaires en TEP	
0	46 (67)
1	16 (24)
2	6 (9)
3	1 (1)
	Médiane (écart-type)
Age en année	70 (14)
Taille plus grande végétations en mm	7 (4,2)
CRP lors de la TEP en mg/L	26 (46)

3.2 Performances diagnostiques de l'analyse visuelle en TEP-TDM

En raison d'une mauvaise efficacité du régime de suppression myocardique rendant impossible l'interprétation cardiaque, 10 patients ont été exclus des analyses portant sur le diagnostic d'EI. Un patient a été exclu de ces analyse car la valve aortique et la valve mitrale ont été remplacées chirurgicalement entre le début de l'épisode et la réalisation de la TEP-TDM. La décision positive de la RCP portait sur ces deux valves natives infectées alors que la TEP-TDM réalisée après la chirurgie a exploré les valves prothétiques, présentant une fixation inflammatoire du fait de leur remplacement récent.

Parmi les 58 patients restants, 19 (33%) ont été classés visuellement positifs, en raison d'une fixation suspecte d'infection valvulaire, péri-valvulaire ou en regard du dispositif cardiaque. Parmi eux, 18 (95%) étaient des VP et 1 était FP (5%). Trente-neuf patients (67%) ont été classés visuellement négatifs. Parmi eux, 22 (56%) étaient des VN et 17 (44%) étaient des FN. A noter, les 2 patients classés endocardite possible par la RCP étaient négatifs visuellement en TEP-TDM. La sensibilité et la spécificité de la TEP-TDM au ^{18}F FDG étaient respectivement de 51% et 96%. La figure 3 montre un exemple de VP et de VN de l'analyse visuelle.

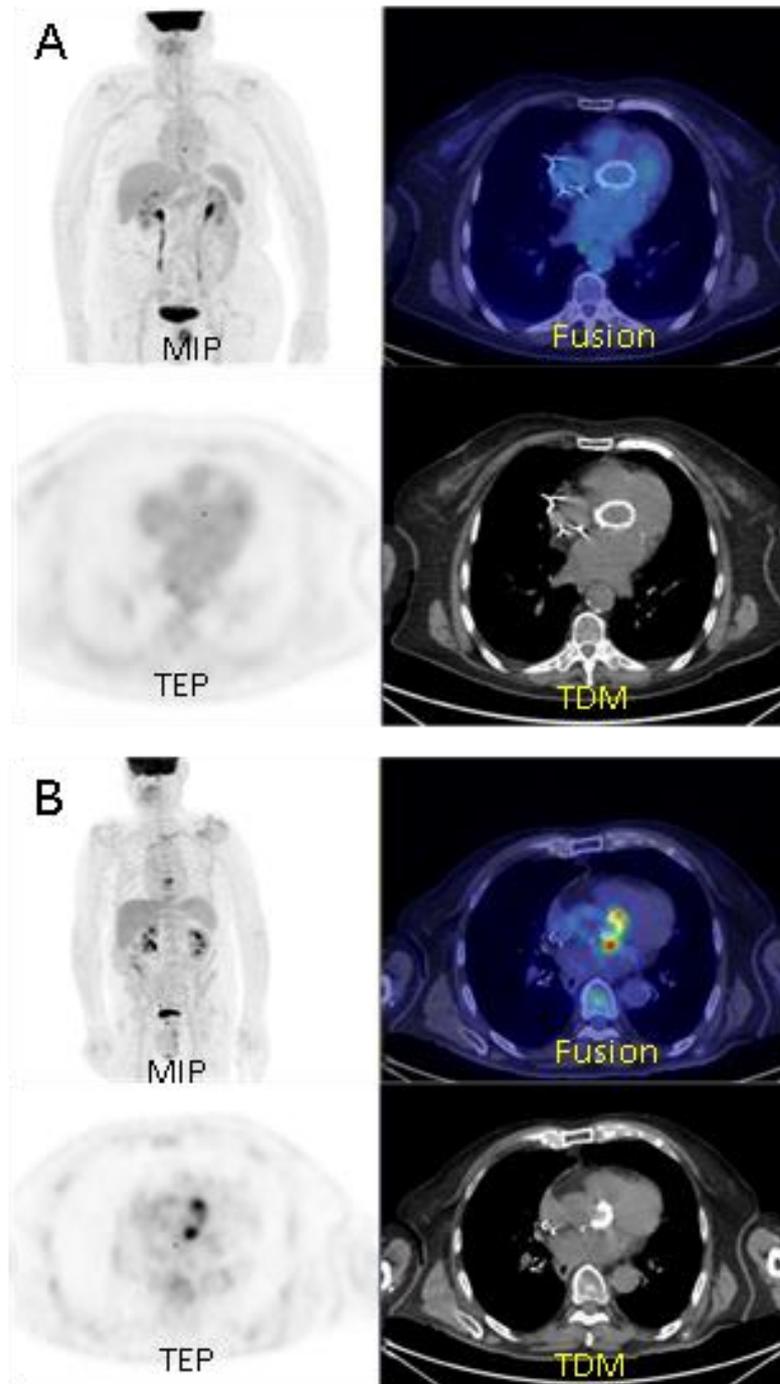


Figure 3 : Exemples d'analyse visuelle de la TEP-TDM pour le diagnostic d'EI avec MIP, coupes axiales TEP et TDM fusionnées, coupes axiales TEP et coupes axiales TDM. **A.** Analyse visuelle négative en l'absence de fixation suspecte d'infection chez un patient porteur d'un TAVI avec un diagnostic final d'EI négatif selon la RCP. **B.** Analyse visuelle positive en raison de deux fixations valvulaires focalisées chez un patient porteur de valve aortique biologique avec un diagnostic final d'EI positif selon la RCP.

Tableau II Analyse visuelle de la TEP-TDM selon la décision de la RCP

Analyse visuelle	Décision RCP positive	Décision RCP négative	Sensibilité (%)	Spécificité (%)
Population totale				
Positive	18	1	51	96
Négative	17	22		
Valve native				
Positive	3	0	23	100
Négative	10	16		
Valve prothétique				
Positive	15	1	68	86
Négative	7	6		
Valve prothétique pose > 12 mois				
Positive	13	1	76	80
Négative	4	4		
Dispositif cardiaque implantable				
Positive	7	1	64	89
Négative	4	8		
Délai antibio-TEP > 15 jours				
Positive	15	1	50	93
Négative	15	13		

La sensibilité et la spécificité de l'analyse visuelle étaient respectivement de 23% et 100% dans le sous-groupe des patients porteurs de valve native, de 68% et 86% chez les porteurs de valve prothétique, 64% et 89% chez les porteurs de dispositif cardiaque implantable. Chez les porteurs de valve prothétique posée depuis plus de 12 mois, la sensibilité était de 76% et la spécificité de 80%. Chez les patients dont le délai entre le début de l'antibiothérapie efficace et la réalisation de la TEP-TDM était supérieur à 15 jours la sensibilité était de 50% et la spécificité de 93%. Les effectifs du tableau de contingence sont détaillés dans le tableau II.

Les effectifs étaient insuffisants pour permettre l'analyse dans le sous-groupe des patients porteurs de valve prothétique posée depuis moins de 12 mois et dans le sous-groupe des patients dont le délai entre l'antibiothérapie et la TEP-TDM était inférieur à 15 jours.

3.3 Performances de l'analyse quantitative de la TEP-TDM

Sur l'ensemble de la population, la SUVmax du foyer suspect d'infection était significativement plus élevée pour les EI positives selon la RCP que pour les EI négatives : en moyenne 5.70 vs 3.18 ($p=0.003$). L'aire sous la courbe ROC (AUC) était de 0.73. L'index de Youden identifiait un seuil de SUVmax à 4.17 avec une sensibilité de 51% et une spécificité de 91%. Le meilleur compromis entre sensibilité et spécificité identifiait le seuil de SUVmax de 3.25 avec une sensibilité de 74% et une spécificité de

61%.Le SUVmax ratio était significativement plus élevé chez les EI positives selon la RCP que pour les EI négatives : en moyenne 2.20 contre 1.35, $p=0.002$. L'AUC était de 0.73. L'index de Youden identifiait un seuil à 1.59 avec une sensibilité de 63% et une spécificité de 78%.Les données complémentaires de cette analyse sont disponibles en annexe IV.

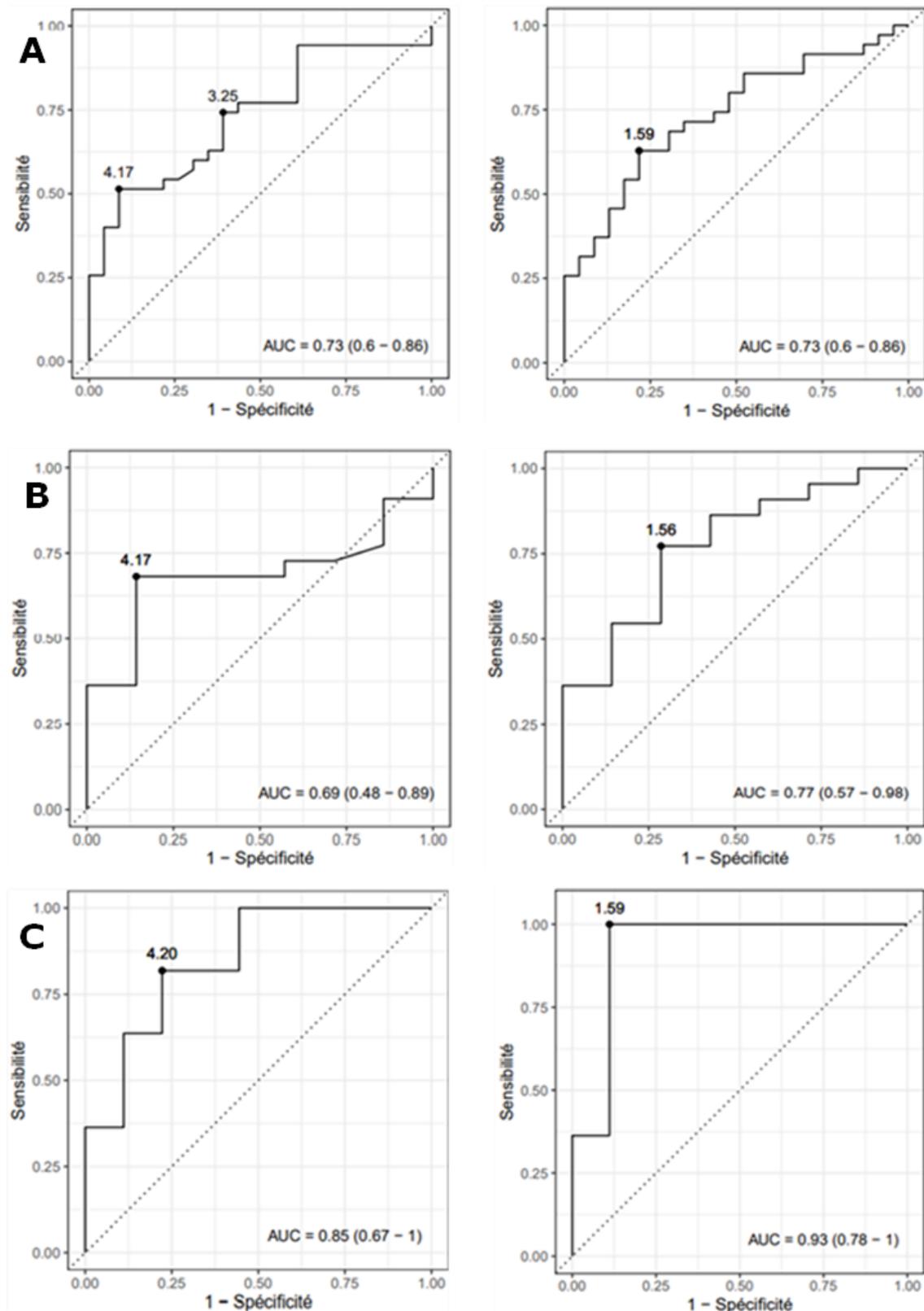


Figure 4 : Courbe ROC de la SUVmax (à gauche) et du SUVmax ratio (à droite) sur l'ensemble de la population **(A)**, les patients porteurs de valve prothétique **(B)** et les patients porteurs de dispositif cardiaque implantable **(C)**.

Chez les patients porteurs de valve native, la SUVmax du foyer suspect d'infection et le SUVmax ratio n'étaient pas significativement différents entre les patients classés selon la RCP EI positive et ceux classés EI négative : 2.75 contre 4.75 ($p=0.17$) et 1.81 contre 1.27 ($p=0.5$) respectivement.

Chez les patients porteurs de valve prothétique, la SUVmax du foyer suspect d'infection n'était pas significativement différente entre les EI positive selon la RCP et les EI négatives : en moyenne 6.25 contre 4.16, $p=0.15$. En revanche le SUVmax ratio était significativement plus élevé pour les EI positives selon la RCP par rapport aux EI négatives : 2.43 contre 1.52, $p=0.032$. L'AUC était de 0.77. Le seuil optimal de 1.56 entraînait une sensibilité de 77% et une spécificité de 71%.

Chez les patients porteurs de dispositifs cardiaque implantable, la SUVmax était significativement plus élevée chez les patients classés EI positive selon la RCP par rapport aux patients classés EI négative : 6.76 contre 3.57, $p=0.01$. L'AUC était de 0.85. Le seuil optimal de SUVmax de 4.20 entraînait une sensibilité de 82% et une spécificité de 78%. Le SUVmax ratio était significativement plus élevé pour les EI positives par rapport aux EI négatives : 2.72 contre 1.33, $p=0.001$. L'AUC était de 0.93. Le seuil optimal de SUVmax ratio de 1.59 entraînait une sensibilité de 100% et une spécificité de 89%.

3.4 Efficacité du régime de suppression myocardique

Parmi les 69 patients, la suppression myocardique via le régime pauvre en glucide était bonne pour 46 patients (67%), partielle pour 6 (9%) et mauvaise pour 17 (25%). Un exemple pour chacun de ces trois groupes de qualité de suppression est donné en figure 5.

La moyenne des SUVmax mesurées dans le VOI de la paroi latérale et le VOI de la paroi septale du ventricule gauche était de 1.98 pour les patients présentant visuellement une bonne suppression, 3.18 pour les suppressions partielles et 5.69 pour les mauvaises suppressions. La SUVmax était significativement différente entre les trois groupes de qualité de suppression, comparés deux à deux ($p < 0.01$).

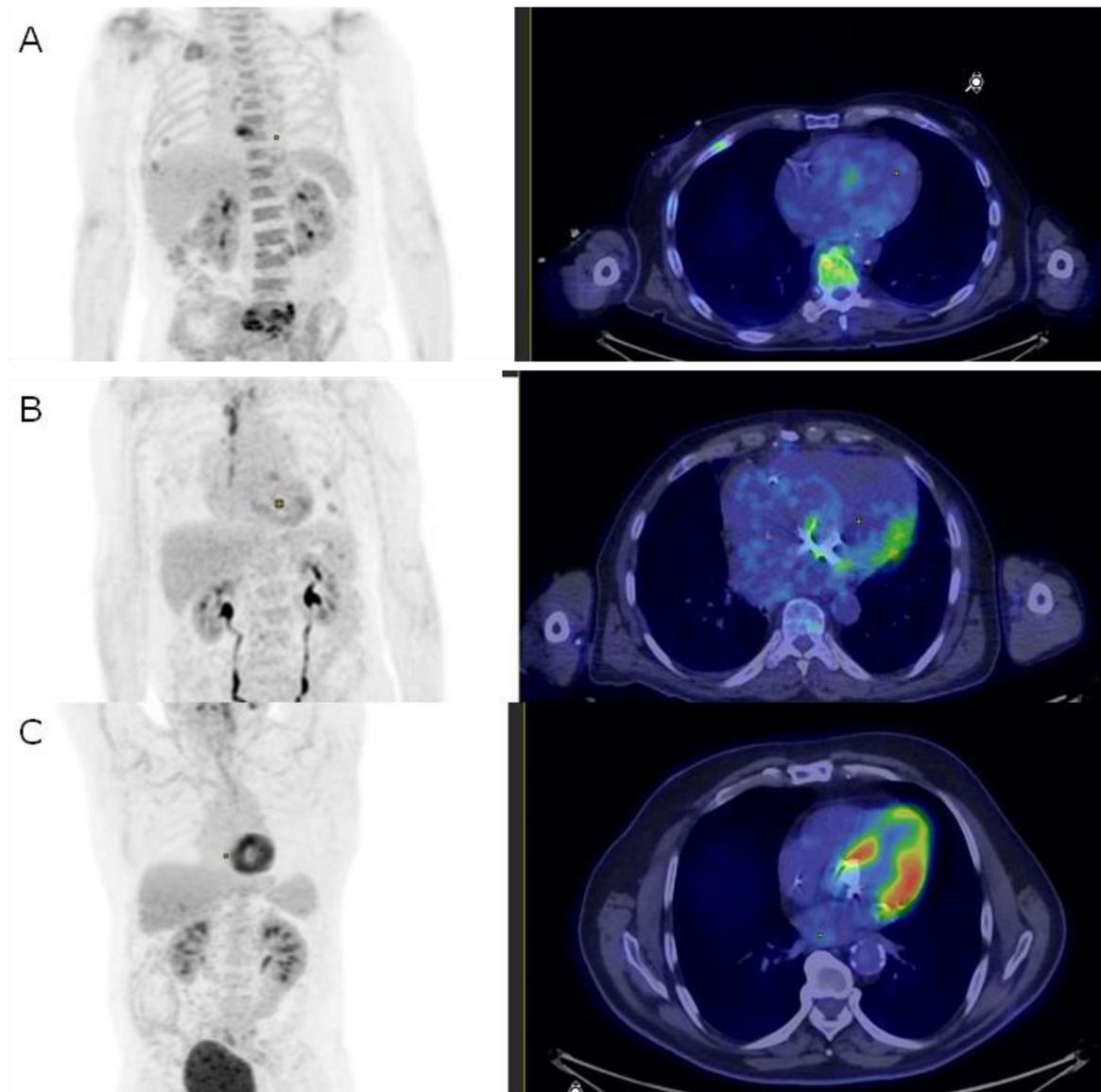


Figure 5: Exemples de suppression de la fixation myocardique physiologique évaluée visuellement avec MIP (à gauche) et coupes axiales fusionnés TEP-TDM (à droite). **A.** Bonne suppression myocardique. **B.** Suppression myocardique partielle. **C.** Mauvaise suppression myocardique rendant l'interprétation impossible, ce patient a été exclu des analyses selon le diagnostic d'EI.

3.5 Analyse quantitative selon le micro-organisme responsable

La SUVmax et le SUVmax ratio du foyer suspect d'infection étaient en moyenne de 5.88 et 2.06 lorsque *Staphylococcus aureus* était responsable, contre 4.45 et 1.84 pour les autres micro-organismes. La différence n'était pas significative ($p=0.36$ et $p=0.55$; annexe V).

4 Discussion :

L'analyse visuelle de la TEP-TDM au ^{18}F FDG pour le diagnostic d'EI chez l'ensemble des 58 patients a montré une sensibilité de 51% et une excellente spécificité, de 96%. Quantitativement, la SUVmax du foyer suspect d'infection et le SUVmax ratio étaient significativement plus élevés pour les patients classés EI positive selon la RCP que pour les patients classés EI négative. Le régime pauvre en glucide a permis une bonne suppression myocardique chez la majorité des patients, en évaluation qualitative visuelle et quantitative. La SUVmax du foyer suspect d'infection et le SUVmax ratio n'était pas significativement différents entre les EI liées à *Staphylococcus aureus* et les EI liées aux autres micro-organismes.

Dans cette étude l'analyse visuelle de la TEP-TDM au ^{18}F FDG a montré une excellente spécificité pour chacun des trois groupes valvulaires : 100% pour les porteurs de valve native, 86% pour les porteurs de valve prothétique et 89% pour les porteurs de dispositif cardiaque implantable.

La méta-analyse de Wang (20) retrouvait des valeurs similaires avec 88% toutes endocardites confondues et respectivement 98%, 84% et 83% pour les trois groupes valvulaires précités. La sensibilité insuffisante l'était notamment chez les patients porteurs de valve native (23%). La sensibilité était plus élevée chez les patients porteurs de valve prothétique et de dispositif cardiaque implantable mais restait de valeur modeste (respectivement 68% et 64%). Ces résultats sont également cohérents avec la méta-analyse de Wang (20) qui retrouvait une sensibilité de 74% tous types d'endocardite confondues, 31% pour les valves natives, 86% pour les valves prothétiques et 72% pour les dispositifs cardiaques implantables. La plus grande proportion de valve native (52%) dans notre population explique en partie la plus faible sensibilité sur l'ensemble de la population.

Parmi les patients porteurs de valve prothétiques, les performances diagnostiques étaient similaires lorsque le délai de pose était supérieur à 12 mois : sensibilité de 76% et spécificité de 80% contre 68% et 86% sur l'ensemble de la population. Cependant ce sous-groupe représente la quasi-totalité des patients porteurs de valve prothétiques (72%). Ainsi le nombre de patients dont le délai de pose de valve prothétique était inférieur à 12 mois était insuffisant pour calculer et comparer les performances diagnostiques. Au cours de la première année après la pose, particulièrement les trois premiers mois, les valves prothétiques et dispositifs cardiaques implantables peuvent présenter des fixations en

TEP-TDM au ¹⁸FDG en l'absence d'infection(18,26). Ces fixations seraient en rapport avec des phénomènes inflammatoires post-opératoires et de réaction avec le matériel implanté. La diminution dans le temps de l'intensité de ces fixations n'est pas consensuelle dans la littérature (27).

Le délai médian entre le début de l'antibiothérapie efficace et la réalisation de la TEP-TDM était de 93 jours. Ce délai était supérieur à 15 jours pour 75% des patients. Ces chiffres sont très élevés et pourraient expliquer un manque de sensibilité de la TEP-TDM. Les performances diagnostiques étaient comparables dans le sous-groupe des patients dont le délai d'antibiothérapie était supérieur à 15 jours par rapport à la population totale. Cependant ce sous-groupe représente la quasi-totalité des patients de la population totale. Ainsi le nombre de patients sans antibiothérapie ou inférieur à 15 jours était insuffisant pour calculer et comparer les performances diagnostiques. L'antibiothérapie pourrait diminuer la fixation du traceur et donc entraîner des faux négatifs (31). Dans l'étude de Bensimhon et al(32) évaluant les performances diagnostiques de la TEP-TDM au ¹⁸FDG pour l'infection de sonde de dispositif cardiaque implantable, la durée d'antibiothérapie était significativement plus longue pour les cas de faux négatifs que pour les vrais positifs. D'autres études sont nécessaires pour confirmer l'effet de l'antibiothérapie sur la fixation en TEP-TDM et son impact sur les performances diagnostiques. Il apparaît d'ores et déjà judicieux de diminuer drastiquement notre délai entre l'antibiothérapie et la réalisation

de la TEP-TDM, notamment en réalisant l'examen plus précocement. La RCP endocardite avec la présence d'un médecin nucléaire et l'implémentation croissante de la TEP-TDM dans la prise en charge diagnostique de cette pathologie avec l'adhésion des médecins cliniciens vont dans ce sens depuis la période de notre étude (2017-2018).

La SUVmax et le SUVmax ratio du foyer suspect d'infection étaient significativement supérieurs chez les patients classés EI positive selon la RCP par rapports à ceux classés EI négative dans la population totale et dans le sous-groupe des patients porteurs de dispositif cardiaque implantable. Le SUVmax ratio dans le sous-groupe des patients porteurs de valve prothétique était significativement supérieur chez les patients classés EI positive selon la RCP par rapport à ceux classés EI négative. Pour le sous-groupe des patients porteurs de valve native, le faible nombre de patients (29) peut expliquer l'absence de significativité. Les performances diagnostiques des seuils de SUVmax et SUVmax ratio étaient globalement similaires à celles de l'analyse visuelle : sur la population totale, le seuil de SUVmax de 4.17 offrait une sensibilité de 51% et une spécificité de 91% contre respectivement 51% et 96% pour l'analyse visuelle. L'usage de certains seuils permettait d'obtenir un meilleur équilibre entre sensibilité et spécificité : sur la population totale, le seuil de SUVmax de 3.25 offrait une sensibilité de 74% et une spécificité de 61%.

L'utilisation de la SUVmax ou du SUVmax ratio affichait des performances similaires. L'AUC de la SUVmax et du SUVmax ratio étaient respectivement de 0.73 et 0.73 dans la population totale, 0.65 et 0.58 dans le sous-groupe des porteurs de valve native, 0.69 et 0.77 dans le sous-groupe des porteurs de valve prothétique, 0.85 et 0.93 dans le sous-groupe des porteurs de dispositif cardiaque implantable. La mesure de la SUVmax sans le ratio du bruit de fond vasculaire semble donc suffisante pour l'analyse quantitative de la TEP-TDM pour le diagnostic d'EI. Aucune étude n'a rapporté de données probantes sur l'analyse quantitative de la fixation en TEP-TDM des EI sur valves natives ; Primos et al (28) ayant retrouvé une AUC de 0.55 pour le SUVmax ratio. Au sein d'une population composée de porteurs de valve prothétique et de dispositif cardiaque implantable, Pizzi et al (29) ont rapporté une AUC de 0.89 pour la SUVmax et le SUVmax ratio. Dans notre étude, les performances moins élevées de l'analyse quantitative pour les valves prothétiques peuvent être liées au délai important entre le début de l'antibiothérapie efficace et la réalisation de la TEP-TDM. Dans notre population, la CRP lors de la TEP-TDM est relativement basse (médiane de 26mg/L), ce qui témoigne d'une faible activité inflammatoire. L'antibiothérapie efficace explique en partie cette faible valeur. La SUVmax est fortement influencée par les facteurs qui modifient l'activité inflammatoire. Swart et al ont observé une nette amélioration des performances diagnostiques en excluant les patients dont la CRP était inférieure à 40mg/L(30).

Le régime pauvre en glucides en vigueur à Clermont-Ferrand a permis visuellement une bonne suppression de la fixation myocardique physiologique chez la plupart des patients (66%) et une suppression partielle chez 9%. La composition et les modalités de ce régime varient selon les centres. Sankaran et al ont obtenu une bonne suppression chez 69% des patients avec un régime pauvre en glucides et riche en lipides pendant 24 heures suivi de 12-18h de jeûne. Gazzilli et al ont obtenu une meilleure suppression (96% de bonne suppression) via un régime pauvre en glucides mais riche en lipides et protéines pendant 72h suivi d'un jeûne pendant la nuit(23). Une durée prolongée du régime semble plus efficace mais exposerait à une observance plus aléatoire.

L'analyse quantitative n'a pas retrouvé de différence significative entre la fixation des EI liées à *Staphylococcus aureus* et celle des EI liées aux autres micro-organismes, que ce soit la SUVmax du foyer infectieux ou le SUVmax ratio. Il s'agissait de la première étude s'intéressant à la fixation en TEP-TDM au ¹⁸FDG selon le micro-organisme responsable de l'EI. L'EI à *Staphylococcus aureus* est la plus fréquente et est particulièrement agressive, son diagnostic est donc un enjeu majeur dans la prise en charge des patients.

La taille médiane des végétations observées en échocardiographie était de 7mm (écart interquartile 4.75-11). De nombreuses végétations avaient donc une taille inférieure à la résolution spatiale en TEP-TDM, entraînant une sous-estimation voire une absence de visualisation de la

fixation. Cet effet pourrait être à l'origine de faux négatif ou perturber la quantification. La taille des végétations étaient significativement plus faible chez les patients faux négatifs de la TEP-TDM que chez les vrais positifs dans l'étude d'Abikhzer et al (33).

Une limite de notre étude est le biais d'incorporation : le diagnostic final est défini par la décision de la RCP endocardite, qui inclut dans sa réflexion les résultats de la TEP-TDM. Cependant dans cette maladie complexe qu'est l'endocardite, un unique examen clinique, biologique ou d'imagerie ne permet pas un diagnostic de certitude. La décision de la RCP endocardite reste à l'heure actuelle l'option la plus pertinente et la plus utilisée dans les publications récentes.

Une autre limite de cette étude est le faible nombre de patient inclus. C'est une problématique récurrente à la fois dans l'EI qui est une pathologie rare et en médecine nucléaire avec l'accès relativement limité à la TEP-TDM.

Notre étude incluait les patients dans l'analyse des performances diagnostiques quelle que soit la décision de la RCP, y compris ceux dont la décision était : «possible EI », « probable EI ». Nous avons choisi de les considérer comme un diagnostic final positif car leur prise en charge thérapeutique était la même que celle de l'EI certaine. Cependant ce groupe de patients présente volontiers des tableaux clinico-biologiques plus atypiques, hétérogènes ou incomplets. Les performances des divers tests diagnostiques sont donc plus aléatoires. Ceci diminue les

performances retrouvées en TEP-TDM par rapport à certaines études qui n'analysaient que les patients classés EI certaine et EI négative (rejetée) (21). Dans notre étude, les deux patients classés « EI possible » par la RCP avaient une TEP-TDM négative visuellement et étaient donc considérés comme des faux négatifs. Néanmoins la prise en compte de ces patients permet de mettre en évidence les performances réelles de la TEP-TDM en routine.

Notre protocole de suppression myocardique n'incluait pas l'injection intraveineuse d'héparine. L'héparine induit la lipolyse et augmente la concentration sanguine en acide gras libres, ce qui diminuerait la fixation myocardique du ^{18}FDG . Il n'y a pas de recommandations et les résultats de la littérature sont variables à ce sujet. L'étude de Scholtens a retrouvé une meilleure efficacité du protocole associant l'injection intraveineuse d'héparine au régime pauvre en glucides par rapport au régime pauvre en glucides seul (34). Morooka et al ont obtenu une meilleure suppression avec un jeûne de 18h qu'avec un jeûne de 12h associée à l'injection intraveineuse d'héparine (35), suggérant que le régime alimentaire est le mécanisme dominant dans la suppression myocardique. Devant le manque de consensus ainsi que les risques hémorragiques et immunologiques liés à l'administration d'héparine, nous avons décidé de ne pas l'inclure dans notre protocole.

Conclusion :

Cette étude rassemblait rétrospectivement 69 patients adressés pour une TEP-TDM à visée infectiologique par la RCP Endocardite du CHU de Clermont-Ferrand pour évaluer les performances diagnostiques de la TEP-TDM au ^{18}F FDG dans le bilan d'endocardite infectieuse et infection de dispositif cardiaque implantable. Le diagnostic final était défini par la décision de la RCP Endocardite infectieuse. L'analyse qualitative a présenté une spécificité élevée (96%) sur l'ensemble de la population. Sa sensibilité était insuffisante chez les patients porteurs de valve natives (23%) mais plus élevée chez les patients porteur de valve prothétique (68%) ou de dispositif cardiaque implantable (64%), conformément aux précédentes études. Dans ces trois sous-groupes, l'analyse visuelle présentait une spécificité élevée, respectivement de 100%, 86% et 89%.

La SUVmax de la fixation cardiaque suspecte était en moyenne significativement plus élevée chez les patients classés EI certaine ou possible (5.70) par rapport aux patients classés EI négative (3.18). Le rapport SUVmax de la fixation divisée par le SUVmax du bruit de fond aortique était également significativement plus élevée pour les EI certaines ou possibles (2.20) que pour les EI négatives (1.35).

Le régime pauvre en glucides en vigueur à Clermont-Ferrand a permis une bonne suppression de la fixation myocardique physiologique chez 67% des patients et une suppression partielle chez 9% des patients.

En analyse quantitative, l'intensité de la fixation cardiaque suspecte des EI liées à *Staphylococcus aureus* n'est pas significativement différente de celle des EI liées aux autres microorganismes.

La fixation du foyer suspect d'infection est plus intense lors du diagnostic initial chez les patients atteints d'EI par rapport aux patients négatifs. La TEP-TDM au ^{18}F FDG pourrait ainsi avoir un rôle prometteur dans le suivi thérapeutique de l'EI, à l'image de ce qui existe déjà largement dans plusieurs pathologies oncologiques. A notre connaissance, il n'existe aucune donnée concernant ce rôle dans l'EI. De nouvelles études sont donc nécessaires pour définir et évaluer l'apport de la TEP-TDM dans le traitement de l'EI.

Pr Laurent CAGNIEN

Pierre CLAVELOU
Doyen-Directeur



Références :

1. Cahill TJ, Prendergast BD. Infective endocarditis. *Lancet Lond Engl.* 27 févr 2016;387(10021):882-93.
2. Pant S, Patel NJ, Deshmukh A, Golwala H, Patel N, Badheka A, et al. Trends in infective endocarditis incidence, microbiology, and valve replacement in the United States from 2000 to 2011. *J Am Coll Cardiol.* 19 mai 2015;65(19):2070-6.
3. Selton-Suty C, Célard M, Le Moing V, Doco-Lecompte T, Chirouze C, Iung B, et al. Preeminence of *Staphylococcus aureus* in infective endocarditis: a 1-year population-based survey. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am.* mai 2012;54(9):1230-9.
4. Habib G, Erba PA, Iung B, Donal E, Cosyns B, Laroche C, et al. Clinical presentation, aetiology and outcome of infective endocarditis. Results of the ESC-EORP EURO-ENDO (European infective endocarditis) registry: a prospective cohort study. *Eur Heart J.* 14 oct 2019;40(39):3222-32.
5. Correa de Sa DD, Tleyjeh IM, Anavekar NS, Schultz JC, Thomas JM, Lahr BD, et al. Epidemiological trends of infective endocarditis: a population-based study in Olmsted County, Minnesota. *Mayo Clin Proc.* mai 2010;85(5):422-6.
6. Fowler VG, Miro JM, Hoen B, Cabell CH, Abrutyn E, Rubinstein E, et al. *Staphylococcus aureus* Endocarditis A Consequence of Medical Progress. *JAMA.* 22 juin 2005;293(24):3012-21.

7. Chu VH, Cabell CH, Benjamin DK, Kuniholm EF, Fowler VG, Engemann J, et al. Early Predictors of In-Hospital Death in Infective Endocarditis. *Circulation*. 13 avr 2004;109(14):1745-9.
8. Habib G, Lancellotti P, Antunes MJ, Bongiorni MG, Casalta J-P, Del Zotti F, et al. 2015 ESC Guidelines for the management of infective endocarditis: The Task Force for the Management of Infective Endocarditis of the European Society of Cardiology (ESC) Endorsed by: European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS), the European Association of Nuclear Medicine (EANM). *Eur Heart J*. 21 nov 2015;36(44):3075-128.
9. Murdoch DR, Corey GR, Hoen B, Miró JM, Fowler VG Jr, Bayer AS, et al. Clinical Presentation, Etiology, and Outcome of Infective Endocarditis in the 21st Century: The International Collaboration on Endocarditis—Prospective Cohort Study. *Arch Intern Med*. 9 mars 2009;169(5):463-73.
10. Gouriet F, Chaudet H, Gautret P, Pellegrin L, de Santi VP, Savini H, et al. Endocarditis in the Mediterranean Basin. *New Microbes New Infect*. nov 2018;26:S43-51.
11. Durack DT, Lukes AS, Bright DK. New criteria for diagnosis of infective endocarditis: utilization of specific echocardiographic findings. Duke Endocarditis Service. *Am J Med*. mars 1994;96(3):200-9.
12. Prendergast BD, Tornos P. Surgery for infective endocarditis: who and when? *Circulation*. 9 mars 2010;121(9):1141-52.

13. Lodise TP, McKinnon PS, Swiderski L, Rybak MJ. Outcomes Analysis of Delayed Antibiotic Treatment for Hospital-Acquired Staphylococcus aureus Bacteremia. Clin Infect Dis. 1 juin 2003;36(11):1418-23.
14. Dickerman SA, Abrutyn E, Barsic B, Bouza E, Cecchi E, Moreno A, et al. The relationship between the initiation of antimicrobial therapy and the incidence of stroke in infective endocarditis: An analysis from the ICE Prospective Cohort Study (ICE-PCS). Am Heart J. 1 déc 2007;154(6):1086-94.
15. Botelho-Nevers E, Thuny F, Casalta JP, Richet H, Gouriet F, Collart F, et al. Dramatic reduction in infective endocarditis-related mortality with a management-based approach. Arch Intern Med. 27 juill 2009;169(14):1290-8.
16. Kaura A, Byrne J, Fife A, Deshpande R, Baghai M, Gunning M, et al. Inception of the « endocarditis team » is associated with improved survival in patients with infective endocarditis who are managed medically: findings from a before-and-after study. Open Heart. 2017;4(2):e000699.
17. Sauvat L. Analyse des pratiques de la réunion de concertation pluridisciplinaire « endocardite infectieuse » : 177 dossiers présentés en 2017 au CHU de Clermont-Ferrand. 6 déc 2019;52.
18. Rouzet F, Chequer R, Benali K, Lepage L, Ghodbane W, Duval X, et al. Respective Performance of 18F-FDG PET and Radiolabeled Leukocyte Scintigraphy for the Diagnosis of Prosthetic Valve Endocarditis. J Nucl Med. 1 déc 2014;55(12):1980-5.

19. Orvin K, Goldberg E, Bernstine H, Groshar D, Sagie A, Kornowski R, et al. The role of FDG-PET/CT imaging in early detection of extra-cardiac complications of infective endocarditis. *Clin Microbiol Infect Off Publ Eur Soc Clin Microbiol Infect Dis.* janv 2015;21(1):69-76.
20. Wang TKM, Sánchez-Nadales A, Igbinomwanhia E, Cremer P, Griffin B, Xu B. Diagnosis of Infective Endocarditis by Subtype Using ¹⁸F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography: A Contemporary Meta-Analysis. *Circ Cardiovasc Imaging [Internet].* juin 2020 [cité 17 janv 2021];13(6). Disponible sur: <https://www.ahajournals.org/doi/10.1161/CIRCIMAGING.120.010600>
21. Saby L, Laas O, Habib G, Cammilleri S, Mancini J, Tessonier L, et al. Positron emission tomography/computed tomography for diagnosis of prosthetic valve endocarditis: increased valvular ¹⁸F-fluorodeoxyglucose uptake as a novel major criterion. *J Am Coll Cardiol.* 11 juin 2013;61(23):2374-82.
22. Sankjmiron SS, Kyprianou K, Cherk MH, Nadebaum DP, Beech PA, Khor R, et al. Excellent suppression of physiological myocardial FDG activity in patients with cardiac sarcoidosis. *J Med Imaging Radiat Oncol.* févr 2021;65(1):54-9.
23. Gazzilli M, Albano D, Durmo R, Cerudelli E, Mesquita Tinoco C, Bertagna F, et al. Improvement of diagnostic accuracy of ¹⁸fluorine-fluorodeoxyglucose PET/computed tomography in detection of infective endocarditis using a 72-h low carbs protocol. *Nucl Med Commun.* août 2020;41(8):753-8.

24. Larson SR, Pieper JA, Hulten EA, Ficaró EP, Corbett JR, Murthy VL, et al. Characterization of a highly effective preparation for suppression of myocardial glucose utilization. *J Nucl Cardiol Off Publ Am Soc Nucl Cardiol.* juin 2020;27(3):849-61.
25. Scholtens AM, Swart LE, Kolste HJT, Budde RPJ, Lam MGEH, Verberne HJ. Standardized uptake values in FDG PET/CT for prosthetic heart valve endocarditis: a call for standardization. *J Nucl Cardiol Off Publ Am Soc Nucl Cardiol.* déc 2018;25(6):2084-91.
26. Sarrazin J-F, Philippon F, Tessier M, Guimond J, Molin F, Champagne J, et al. Usefulness of fluorine-18 positron emission tomography/computed tomography for identification of cardiovascular implantable electronic device infections. *J Am Coll Cardiol.* 1 mai 2012;59(18):1616-25.
27. Mathieu C, Mikail N, Benali K, Iung B, Duval X, Nataf P, et al. Characterization of 18F-Fluorodeoxyglucose Uptake Pattern in Noninfected Prosthetic Heart Valves. *Circ Cardiovasc Imaging.* 1 mars 2017;10(3):e005585.
28. Primus CP, Clay TA, McCue MS, Wong K, Uppal R, Ambekar S, et al. 18F-FDG PET/CT improves diagnostic certainty in native and prosthetic valve Infective Endocarditis over the modified Duke Criteria. *J Nucl Cardiol Off Publ Am Soc Nucl Cardiol.* 24 juin 2021;
29. Improving the Diagnosis of Infective Endocarditis in Prosthetic Valves and Intracardiac Devices With 18F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography/Computed Tomography Angiography [Internet]. [cité 17 mars

2021].

Disponible

sur:

<https://www.ahajournals.org/doi/epub/10.1161/CIRCULATIONAHA.115.0153>

16

30. Swart Laurens E., Gomes Anna, Scholtens Asbjørn M., Sinha Bhanu, Tanis Wilco, Lam Marnix G.E.H., et al. Improving the Diagnostic Performance of 18F-Fluorodeoxyglucose Positron-Emission Tomography/Computed Tomography in Prosthetic Heart Valve Endocarditis. *Circulation*. 2 oct 2018;138(14):1412-27.
31. Scholtens AM, van Aarnhem EEHL, Budde RP. Effect of antibiotics on FDG-PET/CT imaging of prosthetic heart valve endocarditis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. nov 2015;16(11):1223.
32. Bensimhon L, Lavergne T, Hugonnet F, Mainardi J-L, Latremouille C, Maunoury C, et al. Whole body [(18) F]fluorodeoxyglucose positron emission tomography imaging for the diagnosis of pacemaker or implantable cardioverter defibrillator infection: a preliminary prospective study. *Clin Microbiol Infect Off Publ Eur Soc Clin Microbiol Infect Dis*. juin 2011;17(6):836-44.
33. Abikhzer G, Martineau P, Grégoire J, Finnerty V, Harel F, Pelletier-Galarneau M. [18F]FDG-PET CT for the evaluation of native valve endocarditis. *J Nucl Cardiol Off Publ Am Soc Nucl Cardiol*. 16 mars 2020;
34. Scholtens AM, Verberne HJ, Budde RPJ, Lam MGEH. Additional Heparin Preadministration Improves Cardiac Glucose Metabolism Suppression over

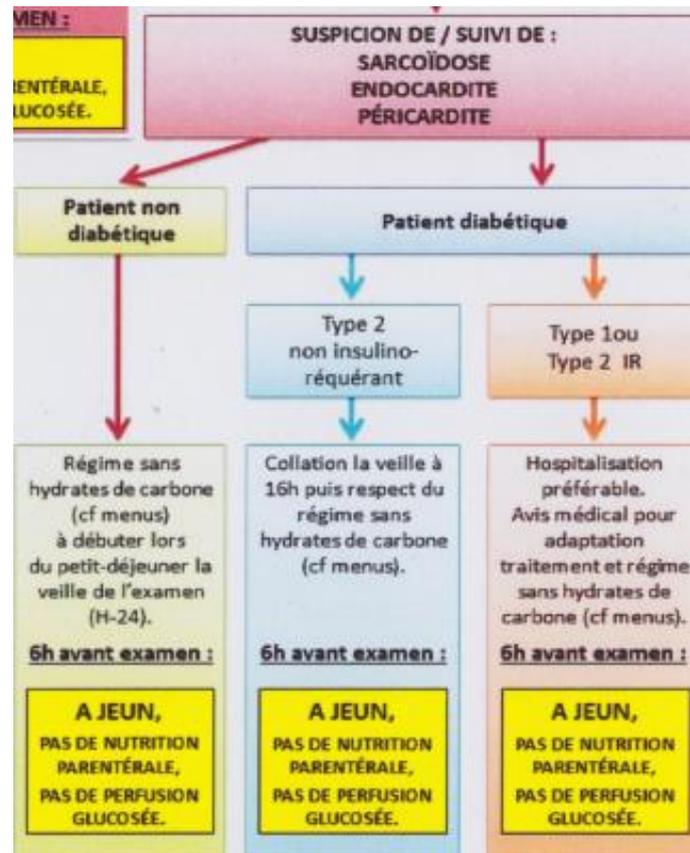
Low-Carbohydrate Diet Alone in ^{18}F -FDG PET Imaging. J Nucl Med Off Publ Soc Nucl Med. avr 2016;57(4):568-73.

35. Morooka M, Moroi M, Uno K, Ito K, Wu J, Nakagawa T, et al. Long fasting is effective in inhibiting physiological myocardial ^{18}F -FDG uptake and for evaluating active lesions of cardiac sarcoidosis. EJNMMI Res. 2 janv 2014;4(1):1.

Annexe I. Critères de Duke modifiés, adaptés aux recommandations 2015 de l'ESC

Critères majeurs	Critères mineurs	Imagerie
<p>1. Micro-organismes typiques mis en évidence sur 2 prélèvements séparés; - <i>Streptocoques Viridans</i>, <i>Bovis</i>, groupe <i>HACEK</i>, <i>Staphylocoque doré</i> - <i>Entérocoque</i> (sans foyer primaire); ou</p> <p>2. Micro-organismes compatibles avec; - ≥ 2 hémocultures positives à > 12 h d'intervalle - Un ensemble de 3 à 4 hémocultures séparées (avec 1 h d'intervalle entre le premier et le dernier échantillon); ou</p> <p>3. Une seule hémoculture positive pour <i>Coxiella burnetii</i> ou un taux d'anticorps IgG en phase I $> 1/800$</p>	<p>1. Pathologies cardiaques prédisposantes ou toxiques</p> <p>2. Fièvre définie par une $T^{\circ} > 38^{\circ}\text{C}$.</p> <p>3. Phénomènes vasculaires (incluant ceux détectés uniquement par l'imagerie); embolie artérielle, infarctus pulmonaire septique, anévrisme mycotique, hémorragie intracrânienne, hémorragie conjonctivale, lésion de Janeway.</p> <p>4. Phénomènes immunologiques; glomérulo-néphrites, nodule d'Osler, tache de Roth, facteur rhumatoïde</p> <p>5. Hémocultures positives ne remplissant pas les critères majeurs ou sérologies compatibles</p>	<p>1. Echographie positive : - Végétations, - Abscès, pseudo-anévrismes, fistule intracardiaque - Perforation valvulaire ou anévrisme - Déhiscence de prothèse</p> <p>2. Activité anormale sur le site d'une prothèse valvulaire détectée par ^{18}F-FDG PET-CT (après 3 mois de la date implantatoire) ou par la scintigraphie aux leucocytes marqués</p> <p>3. Lésions paravalvulaires décrites au CT-scan cardiaque</p>
<p>EI est confirmée par : - La preuve histologique - 2 critères majeurs - 1 critère majeur et 3 mineurs - 5 critères mineurs</p> <p>EI est possible par : - 1 critère majeur et 1 critère mineur - 3 critères mineurs</p> <p>EI est rejetée par : - Autre pathologie identifiée - Résolution des symptômes suggérant une EI avec une antibiothérapie de ≤ 4 jours - Absence d'évidence d'EI à la chirurgie ou à l'autopsie avec une antibiothérapie de ≤ 4 jours - Ne répondant pas aux critères d'EI possible</p>		

Annexe II. Consignes du régime pauvre en glucides avant TEP-TDM au ¹⁸FDG au centre Jean Perrin



ALIMENTATION PAUVRE EN HYDRATES DE CARBONE POUR TEP CARDIAQUE OU SARCOÏDOSE

Pendant 24 à 48 heures avant l'examen, le patient doit observer un régime pauvre en hydrates de carbone afin de limiter les fixations cardiaques physiologiques et permettre une interprétation fiable de l'examen.

IDÉES DE MENUS TYPES

Petit Déjeuner

Thé, tisane ou café sans sucre ni lait
Fromage type St Nectaire, cantal, comté...
Jambon blanc

Déjeuner

Salade verte vinaigrette
Saucisson / Poisson frit / Steak grillé
Endives braisées / Courgettes
Fromage des Pyrénées / Brie
Eau

Dîner

Potage de courgettes
Poulet rôti / Côte de porc
Gouda / Gruyère
Eau

	ALIMENTS AUTORISÉS	ALIMENTS INTERDITS
VIANDE POISSON ŒUF	Toutes viandes grillées, rôties Poisson poché, frit Œufs durs, au plat, en omelette Charcuteries	Panées, en sauce Plats cuisinés
LÉGUMES VERTS	Légumes peu sucrés : salade, tomates, endives, courgettes	Tous les autres
FÉCULENTS	Aucun	Riz, pâte, semoule complet ou non, Pomme de terre quelle que soit la préparation, Lentilles, pois chiche, flageolets, quinoa, tapioca, Farine, maizéna
PAIN	Aucun	Tous les pains (complet, campagne...), biscottes, pain de mie, Brioche, viennoiseries, pâtisseries, biscuits secs, Céréales pour petit déjeuner
PRODUITS LAITIERS	Fromages à pâte dure type St Nectaire, Cantal, Pyrénées..	Tous types de lait (entier, demi écrémé, écrémé, concentré ou non), yaourts, fromages blancs, petits suisses aromatisés ou non, Pâtes à tartiner
MATIÈRES GRASSES	Beurre, margarine, huiles, saindoux, crème	Chantilly
FRUITS	Aucun	Tous les fruits frais, secs, en compote, au sirop mais également les confitures, préparations de fruits ou marmelade
PRODUITS SUCRÉS	Aucun	Sucre, miel, chocolat, bonbons, chewing-gum
BOISSONS	Eau plate ou gazeuse	Eau aromatisée ou édulcorée, sirop, jus de fruits, soda, boissons alcoolisées

Annexe III. Description de la population selon le diagnostic final

No	Variable	Niveaux	n total certaine	n certaine	Freq certaine	n total possible	n possible	Freq possible	n total negative	n negative	Freq negative
1	Sexe	feminin	38	3	7.9%	2	2	100%	29	9	31%
		masculin		35	92.1%		0	0%		20	69%
2	Antecedent.EI	non	38	34	89.5%	2	2	100%	29	28	96.6%
		oui		4	10.5%		0	0%		1	3.4%
3	Valve.native	non	38	23	60.5%	2	1	50%	29	9	31%
		oui		15	39.5%		1	50%		20	69%
4	Valve.aortique	biologique	21	14	66.7%	1	0	0%	9	3	33.3%
		mécanique		5	23.8%		1	100%		4	44.4%
		native		2	9.5%		0	0%		2	22.2%
5	Valve.mitrale	biologique	21	3	14.3%	1	0	0%	9	1	11.1%
		mécanique		1	4.8%		0	0%		1	11.1%
		native		15	71.4%		1	100%		7	77.8%
		valvuloplastie		2	9.5%		0	0%		0	0%
6	Valve.tricuspide	native	21	18	85.7%	1	1	100%	9	8	88.9%
		valvuloplastie		3	14.3%		0	0%		1	11.1%
7	Valve.pulmonaire	biologique	21	0	0%	1	0	0%	9	1	11.1%
		native		21	100%		1	100%		8	88.9%
8	Dispositif.cardiaque	non	38	26	68.4%	2	2	100%	29	17	58.6%
		oui		12	31.6%		0	0%		12	41.4%
9	Prothese.vasculaire	non	38	35	92.1%	2	2	100%	29	25	86.2%
		oui		3	7.9%		0	0%		4	13.8%
10	Delai.pose.valve.mois.cat	<3	23	1	4.3%	1	0	0%	9	0	0%
		3-12		5	21.7%		0	0%		3	33.3%
		>12		17	73.9%		1	100%		6	66.7%
11	Delai.pose.materiel.mois.cat	<3	14	1	7.1%	0	0		15	6	40%
		3-12		1	7.1%		0			0	0%
		>12		12	85.7%		0			9	60%
12	Diabete	non	38	27	71.1%	2	2	100%	28	21	75%
		oui		11	28.9%		0	0%		7	25%
13	Fievre	non	38	10	26.3%	2	0	0%	29	11	37.9%
		oui		28	73.7%		2	100%		18	62.1%
14	Delai.antibio.TEP.jours.cat	sans.antibio	38	3	7.9%	2	0	0%	29	6	20.7%
		<15		3	7.9%		0	0%		5	17.2%
		>15		32	84.2%		2	100%		18	62.1%

No	Variable	Niveaux	n total certaine	n certaine	Freq certaine	n total possible	n possible	Freq possible	n total negative	n negative	Freq negative
15	Vegetation	non	38	18	47.4%	2	2	100%	29	25	86.2%
		oui		20	52.6%		0	0%		4	13.8%
16	Siege.aortique	non	20	7	35%	0	0		4	2	50%
		oui		13	65%		0			2	50%
17	Siege.mitral	non	20	14	70%	0	0		4	3	75%
		oui		6	30%		0			1	25%
18	Siege.tricuspide	non	20	19	95%	0	0		4	4	100%
		oui		1	5%		0			0	0%
19	Sondes.PM.DAI	non	20	18	90%	0	0		4	3	75%
		oui		2	10%		0			1	25%
20	Microorganisme	non	38	2	5.3%	2	1	50%	29	9	31%
		oui		36	94.7%		1	50%		20	69%
21	Microorganisme2	non aureus	36	23	63.9%	1	1	100%	20	13	65%
		staph aureus		13	36.1%		0	0%		7	35%
22	TEP.visuelle	negative	33	15	45.5%	2	2	100%	23	22	95.7%
		positive		18	54.5%		0	0%		1	4.3%
23	Suppr.myocard.qual	bonne	38	27	71.1%	2	2	100%	29	17	58.6%
		partielle		4	10.5%		0	0%		2	6.9%
		mauvaise		7	18.4%		0	0%		10	34.5%
24	Suppr.myocard.qual2	bon.part	38	31	81.6%	2	2	100%	29	19	65.5%
		mauvaise		7	18.4%		0	0%		10	34.5%
25	Loc.second.TEP.nombre	0	38	24	63.2%	2	2	100%	29	20	69%
		1		7	18.4%		0	0%		9	31%
		2		6	15.8%		0	0%		0	0%
		3		1	2.6%		0	0%		0	0%
26	Porte.entree.TEP.nombre	0	37	32	86.5%	2	2	100%	29	23	79.3%
		1		5	13.5%		0	0%		6	20.7%
27	Loc.second.base.nombre	0	38	21	55.3%	2	1	50%	29	20	69%
		1		13	34.2%		1	50%		9	31%
		2		3	7.9%		0	0%		0	0%
		3		1	2.6%		0	0%		0	0%
28	Decision.RCP	certaine	38	38	100%	2	0	0%	29	0	0%
		possible		0	0%		2	100%		0	0%
		negative		0	0%		0	0%		29	100%
29	Decision.RCP2	cert.poss	38	38	100%	2	2	100%	29	0	0%
		negative		0	0%		0	0%		29	100%

No	Variable	Decision.RCP	<i>n</i>	Mean	Med	SD	Min	Max	IQI
1	Age	certaine	38	70.32	70.00	11.72	29.00	92.00	(65 – 79)
		possible	2	60.50	60.50	4.95	57.00	64.00	(58.75 – 62.25)
		negative	29	70.31	73.00	17.13	24.00	89.00	(63 – 85)
2	CRP.TEP	certaine	36	43.03	28.50	39.64	0.00	124.00	(8.75 – 68.75)
		possible	2	46.50	46.50	58.69	5.00	88.00	(25.75 – 67.25)
		negative	29	42.45	22.00	54.05	0.00	261.00	(7 – 59)
3	Delai.antibio.TEP.jours	certaine	35	103.77	93.00	70.77	4.00	303.00	(51.5 – 135.5)
		possible	2	173.50	173.50	23.33	157.00	190.00	(165.25 – 181.75)
		negative	23	89.17	61.00	101.51	7.00	393.00	(20.5 – 108)
4	Taille.plus.grande	certaine	16	8.31	8.00	4.48	2.00	15.00	(5.5 – 11.5)
		possible	0						
		negative	4	6.25	6.00	2.22	4.00	9.00	(4.75 – 7.5)
5	TEP.quant.SUVmax	certaine	33	5.91	4.21	4.57	1.45	24.27	(3.5 – 6.97)
		possible	2	2.17	2.17	0.74	1.65	2.69	(1.91 – 2.43)
		negative	23	3.18	2.92	1.07	1.92	6.35	(2.38 – 3.88)
6	Bruit.aortique	certaine	38	2.54	2.46	0.49	1.47	3.73	(2.21 – 2.85)
		possible	2	1.77	1.77	0.01	1.77	1.78	(1.77 – 1.78)
		negative	29	2.41	2.30	0.67	1.37	4.48	(2.08 – 2.73)
7	Ratio.bruit.aortique	certaine	33	2.26	1.66	1.66	0.99	8.29	(1.35 – 2.43)
		possible	2	1.22	1.22	0.41	0.93	1.51	(1.08 – 1.37)
		negative	23	1.35	1.24	0.36	0.90	2.29	(1.06 – 1.54)
8	Bruit.hepatique	certaine	38	3.92	3.71	0.93	2.76	6.57	(3.46 – 4.03)
		possible	2	3.38	3.38	0.86	2.77	3.99	(3.08 – 3.68)
		negative	29	3.60	3.56	0.83	2.25	6.03	(3.14 – 3.87)
9	Ratio.bruit.hepatique	certaine	33	1.53	1.14	1.27	0.25	6.52	(0.89 – 1.56)
		possible	2	0.63	0.63	0.06	0.60	0.67	(0.62 – 0.65)
		negative	23	0.90	0.77	0.29	0.64	1.98	(0.69 – 1.05)
10	Suppr.myocard.lateral	certaine	38	3.18	2.22	2.60	1.15	12.56	(1.72 – 3.22)
		possible	2	1.83	1.83	0.20	1.69	1.97	(1.76 – 1.9)
		negative	29	3.00	2.53	1.72	1.33	8.82	(1.77 – 3.57)
11	Suppr.myocard.septal	certaine	38	3.01	2.21	2.46	1.18	12.18	(1.76 – 3.02)
		possible	2	1.65	1.65	0.01	1.65	1.66	(1.65 – 1.66)
		negative	29	2.91	2.34	1.83	1.31	10.43	(1.87 – 3.57)

Annexe IV. SUVmax et SUVmax ratio selon la décision RCP, sur l'ensemble de la population et dans les sous-groupes porteurs de valve native, porteurs de valve prothétique et porteur de dispositif cardiaque implantable

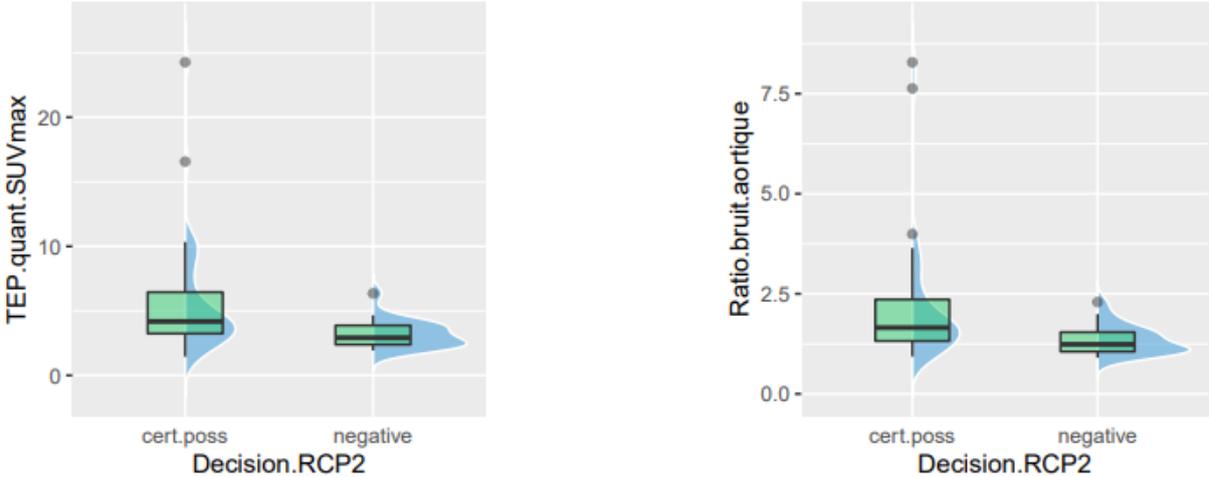


Figure 6 : SUVmax et SUVmax ratio selon la décision RCP sur l'ensemble de la population

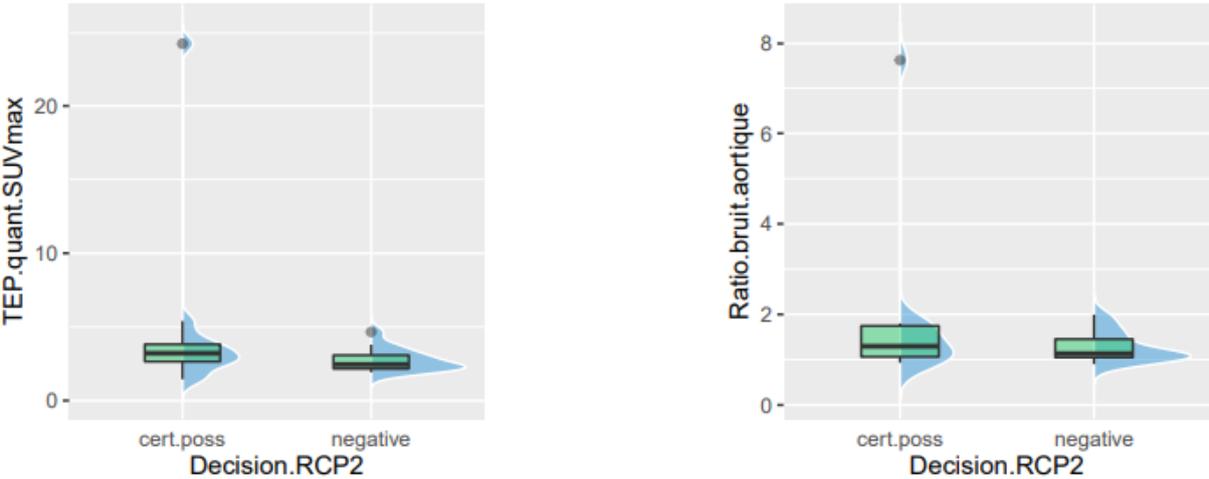


Figure 7 : SUVmax et SUVmax ratio selon la décision RCP dans le groupe valve native

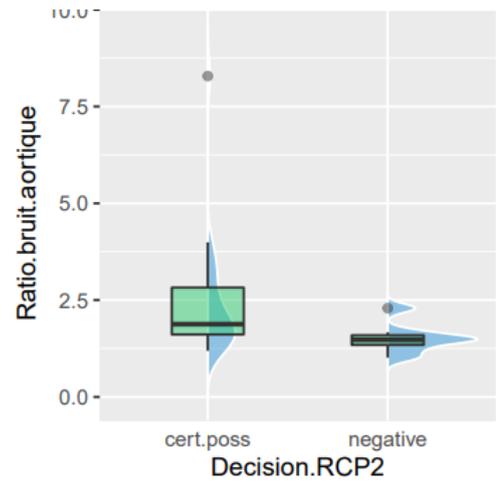
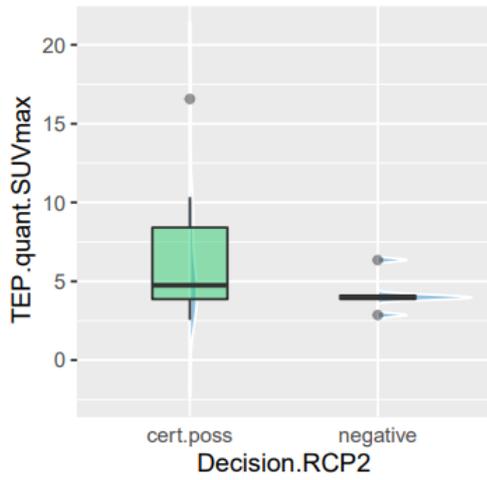


Figure 8 : SUVmax et SUVmax ratio selon la décision RCP dans le groupe valve native

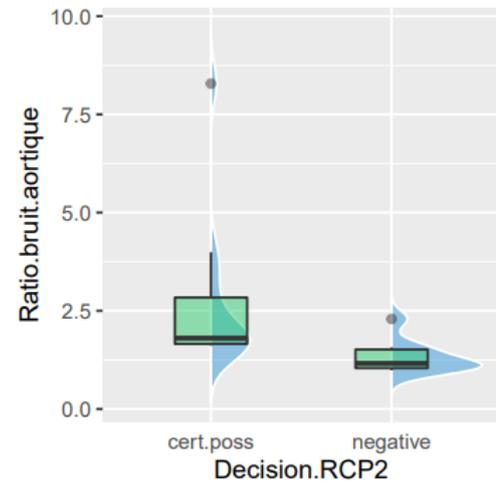
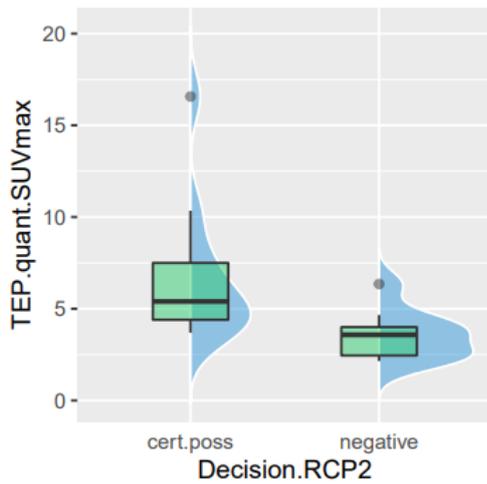
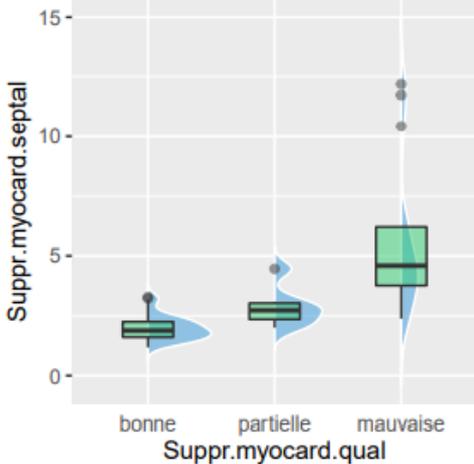
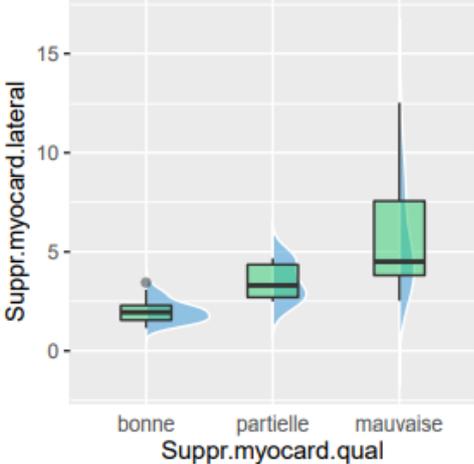


Figure 9 : SUVmax et SUVmax ratio selon la décision RCP chez les porteurs de dispositif cardiaque implantable

Annexe V. SUVmax de la paroi myocardique latérale et de la paroi myocardique septale selon la suppression myocardique visuelle



Annexe VI. SUVmax et SUVmax ratio selon le micro-organisme responsable

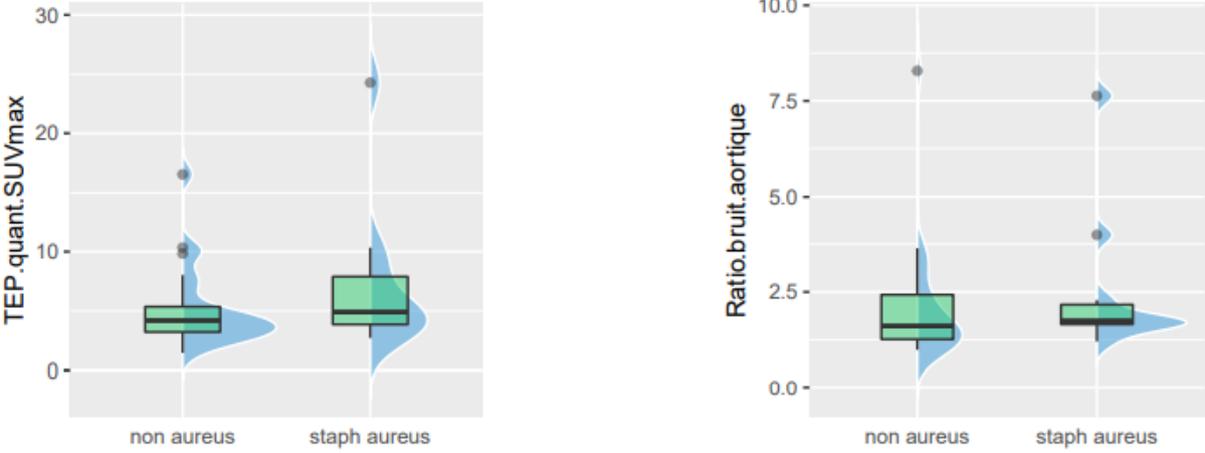


Figure 10 : SUVmax et SUVmax ratio selon le micro-organisme responsable

(Conseil national de l'ordre des médecins)

SERMENT D'HIPPOCRATE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Nom, Prénom

Signature

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette FACULTE et de mes chers CONDISCIPLES, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'Honneur et de la Probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent et je n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me seront confiés et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Respectueux et reconnaissant envers mes MAÎTRES, je rendrai à leurs enfants l'instruction que j'ai reçue de leurs pères.

Que les HOMMES m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses. Que je sois couvert d'OPPROBRE et méprisé de mes confrères si j'y manque.

Nom, Prénom

Signature

PERFORMANCES DIAGNOSTIQUES DE LA TEP-TDM AU ¹⁸FDG DANS LE BILAN D'ENDOCARDITE INFECTIEUSE

Résumé :

CONTEXTE : La société européenne de cardiologie (ESC) recommande depuis 2015 la TEP-TDM au ¹⁸FDG pour le diagnostic d'endocardite infectieuse (EI) sur valve prothétique et pour la recherche d'embolie septique. L'objectif de cette étude est d'évaluer les performances diagnostiques de la TEP-TDM au ¹⁸FDG dans le bilan d'endocardite infectieuse des patients adressés par la réunion de concertation pluridisciplinaire (RCP) « Endocardite » du CHU de Clermont-Ferrand. L'objectif secondaire est de mesurer l'efficacité du régime pauvre en glucides, préconisé avant l'examen, pour supprimer la fixation myocardique physiologique.

MÉTHODE : Cette étude rétrospective monocentrique portait sur 69 patients adressés pour une TEP-TDM au ¹⁸FDG à visée infectiologique en 2017 et 2018 par la RCP Endocardite du CHU de Clermont-Ferrand. Le diagnostic final était défini par la décision de la RCP Endocardite. Les performances diagnostiques étaient évaluées à partir d'analyse qualitative visuelle et quantitative de la fixation. L'analyse visuelle recherchait une fixation suspecte de foyer infectieux valvulaire, de la région péri-valvulaire ou du dispositif cardiaque implantable. L'analyse quantitative correspondait à la mesure de la SUVmax dans un volume d'intérêt (VOI) tracé manuellement sur la fixation cardiaque suspecte et au rapport de cette SUVmax divisée par la SUVmax du bruit de fond vasculaire mesuré dans l'aorte descendante. La fixation myocardique physiologique était classée visuellement en bonne suppression, suppression partielle et mauvaise suppression. La fixation myocardique physiologique était également évaluée quantitativement par moyenne des SUVmax mesurées dans un VOI tracé dans la paroi septo-médiane du ventricule gauche et un VOI tracé dans la paroi latéro-médiane.

RÉSULTATS : 11 (16%) patients ont été exclus de l'analyse principale en raison d'une mauvaise suppression myocardique empêchant l'interprétation cardiaque. La sensibilité et la spécificité de l'analyse qualitative visuelle étaient respectivement de 51% et 96% sur l'ensemble de la population, de 23% et 100% pour les patients porteurs de valve native, de 68% et 86% pour les porteurs de valve prothétique et de 64% et 89% pour les porteurs de dispositif cardiaque implantable. La SUVmax du foyer suspect d'infection était en moyenne significativement supérieure pour les patients classés EI certaine ou possible par rapport aux patients classés EI négative (5.70 contre 3.18). L'aire sous la courbe ROC était de 0.73 pour la mesure de la SUVmax du foyer infectieux sur l'ensemble de la population. Le régime pauvre en glucides a permis une bonne suppression myocardique chez 46 patients (67%), une suppression partielle chez 6 patients (9%) et une mauvaise suppression chez 17 patients (25%). La SUVmax de la fixation cardiaque suspecte n'était pas significativement différente entre les EI liées à *Staphylococcus aureus* et celle des EI liées aux autres micro-organismes.

CONCLUSION : L'analyse visuelle de la TEP-TDM au ¹⁸FDG a présenté une spécificité élevée pour le bilan d'endocardite infectieuse sur l'ensemble de la population étudiée et pour chacun des groupes valvulaires. La sensibilité était insuffisante pour les valves natives mais plus élevée chez les patients porteurs de valve prothétique et de dispositif cardiaque implantable.

Professeur Florent CACHIN
Directeur Scientifique
Responsable Universitaire Département d'Imagerie
PU-PM Médecine nucléaire
RPPS : 10003170320
Centre Jean PERKIN - B.P. 392
63011 CLERMONT-FERRAND cedex 1
France

MOTS-CLEFS : Endocardite, TEP-TDM au ¹⁸FDG, Performances diagnostiques, Réunion de concertation pluridisciplinaire