



HAL
open science

Facteurs scanographiques prédictifs de récurrence après cryoablation de fibrillation atriale persistante

Loïc Louin

► **To cite this version:**

Loïc Louin. Facteurs scanographiques prédictifs de récurrence après cryoablation de fibrillation atriale persistante. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03523290

HAL Id: dumas-03523290

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03523290v1>

Submitted on 12 Jan 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.

**UNIVERSITE DE PICARDIE JULES VERNE
FACULTE DE MEDECINE D'AMIENS**

ANNEE 2021

NUMERO : 2021-154



**FACTEURS SCANOGRAPHIQUES PREDICTIFS DE RECIDIVE APRES
CRYOABLATION DE FIBRILLATION ATRIALE PERSISTANTE**

THESE

POUR LE DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN MEDECINE

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT

LE

1^{er} OCTOBRE 2021

PAR

LOÏC LOUIN

JURY

Président :

Monsieur le Professeur Jean-Marc CONSTANS

Assesseurs :

Monsieur le Professeur Laurent LEBORGNE

Monsieur le Docteur Alexis HERMIDA

Directeur de Thèse :

Monsieur le Docteur Jérémie VIAL

Au président de jury,

Monsieur le Professeur Jean-Marc CONSTANS

Responsable du centre d'activité de Neuroradiologie

Coresponsable de l'équipe Universitaire CHIMERE

Coordonnateur du DES d'Imagerie Médicale

Responsable Médical et de la recherche clinique sur l'IRM de recherche du GIE Faire Faces

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Radiologie et Imagerie médicale)

Pôle Imagerie

Merci d'avoir accepté de présider cette thèse, de m'avoir soutenu et encouragé au cours de mon internat de radiologie.

Vous me faites l'honneur de présider ce jury et de juger mon travail.

Soyez assuré de mon profond respect.

Aux membres du jury,

Monsieur le Professeur Laurent LEBORGNE

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier

(Cardiologie)

Responsable du service Unité de Soins Intensifs de Cardiologie et Unité de Douleur

Thoracique

Pôle "Coeur - Thorax - Vaisseaux"

Merci de vous être rendu disponible pour ce travail de thèse, vous me faites l'honneur de juger mon travail. Soyez assuré de tout mon respect et de ma profonde gratitude.

Monsieur le Docteur Alexis Hermida

Praticien Hospitalier

(Cardiologie)

Pôle "Coeur - Thorax - Vaisseaux"

Merci pour le travail de fond fourni pendant cette thèse, pour la base de données, pour l'aide statistique, pour vos conseils et votre réactivité.

Ce fut un réel plaisir de travailler avec vous.

Soyez assuré de mon plus grand respect. Sincères remerciements.

A mon directeur de thèse,

Monsieur le Docteur Jérémie Vial,

Praticien Hospitalier

Chef de service du centre hospitalier de Montdidier

(Radiologie et imagerie médicale)

Pôle "Imagerie"

Merci Jérémie de m'avoir accompagné pour ce travail, de te rendre toujours disponible et merci également pour ta gentillesse et tes connaissances encyclopédiques.

Tu es un modèle à suivre pour moi tant au niveau professionnel qu'humain.

Liste des abréviations

Act : activated clotting time
AG : atrium gauche
ARG : auricule gauche
AVC : accident vasculaire cérébral
BAV : bloc atrio-ventriculaire
CT score : score calcique quantitatif
DAG : diamètre transverse de l'atrium gauche
DAT : diamètre de l'anneau tricuspide
DS : différence significative
ECG : électro-cardiogramme
EIQ : écart inter-quartile
FA : fibrillation atriale
HR : hazard ratio
HTA : hypertension artérielle
IC : intervalle de confiance
IMC : indice de masse corporel
IVA : interventriculaire antérieure
RARG : remplissage total de l'auricule gauche
SAG : surface de l'atrium gauche
SC : surface corporelle
TCD : tronc commun droit
TCG : tronc commun gauche
VAG : volume de l'atrium gauche
VAGi : volume de l'atrium gauche indexé à la surface corporelle
VARG : volume de l'auricule gauche
VASD : veine accessoire supérieure droite
VD : ventricule droit
VG : ventricule gauche
VMD : veine médiale droite
VP : veine pulmonaire

RESUME

Objectifs : Évaluer les facteurs de risque scanographiques de récurrence de fibrillation atriale persistante après cryoablation.

Matériels et méthodes : De façon rétrospective, il a été inclus tous les patients ayant subi une cryoablation pour fibrillation atriale persistante au CHU d'Amiens entre septembre 2012 et septembre 2018. Pour chaque patient, un scanner de l'atrium gauche a été réalisé avant le geste permettant d'évaluer : le volume de l'atrium gauche sans inclure l'auricule, le volume de l'auricule gauche, le volume de l'atrium gauche en incluant l'auricule, le volume de l'atrium gauche indexé à la surface corporelle sans inclure l'auricule gauche, le rapport des volumes de l'atrium et de l'auricule gauche, la morphologie de l'auricule gauche, le diamètre de l'atrium gauche, le rapport du diamètre du ventricule droit sur celui du ventricule gauche, le diamètre de l'anneau tricuspide, la surface de l'oreillette gauche, l'absence de remplissage de l'auricule gauche, l'anatomie veineuse pulmonaire, et un score calcique coronaire quantitatif.

Résultats : 278 patients ont été inclus dans notre étude, entre septembre 2012 et 2018. La moyenne de suivi était de 38,4 mois. 169 patients ont récidivé (61%), avec une médiane de récurrence de 7 [3 ; 20] mois. Après analyse multivariée, les facteurs de risques de récurrence étaient l'augmentation du volume de l'atrium gauche sans l'auricule HR=1.009[1.005;1.013] p<0.001, le volume de l'atrium gauche avec l'auricule gauche HR=1.009[1.005;1.012] p<0.001, et le volume de l'atrium gauche indexé sur la surface corporelle HR=1.014[1.008;1.021] p<0.001. Il a été établi une valeur seuil de récurrence pour le volume de l'atrium gauche de 121.8cm³.

Conclusion : Le volume de l'atrium gauche sans l'auricule notamment supérieur à 121,8 cm³, le volume de l'atrium gauche avec l'auricule gauche, le volume de l'atrium gauche indexé sur la surface corporelle apparaissent comme les plus importants facteurs de risque de récurrence de FA persistante après cryoablation.

Mots-clés : fibrillation atriale persistante, cryoablation, scanner, récurrence, atrium gauche.

ABSTRACT

Objective: To assess the computed tomography (CT) risk factors of persistent atrial fibrillation recurrence after cryoballoon pulmonary vein isolation.

Methods: This retrospective study included all patients who underwent cryoballoon pulmonary vein isolation at Amiens University Hospital between September 2012 and September 2018. A cardiac CT was performed on all patients before procedure and we assessed left atrial volume without left appendage, left appendage volume, left atrial volume with left appendage, left atrial volume indexed on body surface, left atrial volume on left appendage volume ratio, left appendage morphology, left atrial diameter, right ventricle diameter on left ventricle diameter ratio, ring tricuspid diameter, left atrial area, no filling up of left appendage, pulmonary vein anatomy and quantitative coronary artery calcium score.

Results: 278 patients were included between September 2012 and September 2018. The mean follow-up was 38.4 months. 169 patients (61%) experienced recurrence, with a median of 7.00 [3.00; 20.0] months. A multivariate analysis was conducted and found significant predictors of recurrence as increasing of left atrial volume without left appendage HR=1.009[1.005;1.013] $p<0.001$, left atrial volume with left appendage HR=1.009[1.005;1.012] $p<0.001$, and left atrial volume indexed on body surface HR=1.014[1.008;1.021] $p<0.001$. We found a significant cut-off value for recurrence that was increasing of Left atrial volume above 121.8cm³

Conclusion: This study shows that increasing of left atrial volume without left appendage especially greater than 121,8cm³, left atrial volume with left appendage and left atrial volume indexed on body surface were predictors of atrial fibrillation recurrence.

Keywords: persistent atrial fibrillation, cryoballoon, computed tomography, recurrence, left atrial.

Table des matières

I. INTRODUCTION	17
II. GENERALITES	18
A. FIBRILLATION ATRIALE	18
B. SCANNER CARDIAQUE.....	19
C. CRYOABLATION	20
1. Intérêts.....	20
2. Technique	20
3. Complications.....	20
4. Réussite.....	21
III. OBJECTIF DE L'ETUDE	22
IV. MATERIELS ET METHODES	23
A. CARACTERISTIQUES DE L'ETUDE	23
B. CRYOABLATION	23
C. SCANNER CARDIAQUE	24
D. RECUEIL DE DONNEES	25
E. SUIVI	29
F. RECIDIVE	30
G. ANALYSE DE DONNEES.....	30
V. RESULTATS	31
A. CARACTERISTIQUES PATIENTS	31
B. DONNEES SCANOGRAPHIQUES.....	33
C. FACTEURS DE RISQUE DE RECIDIVE : ANALYSE UNIVARIEE	35
D. FACTEURS DE RISQUE DE RECIDIVE : ANALYSE MULTIVARIEE.....	38
E. COURBES ROC ET DE KAPLAN-MEIER.....	38
VI. DISCUSSION	40
VII. CONCLUSION	43
VIII.LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES	43
A. LISTE DES FIGURES.	43
B. LISTE DES TABLEAUX.	43
IX. BIBLIOGRAPHIE.	44

I. INTRODUCTION

Le scanner cardiaque a une place prépondérante avant la cryoablation de fibrillation atriale (FA), permettant une évaluation morphologique et anatomique cardiaque, principalement de l'atrium gauche (AG).

Plusieurs études ont montré qu'il existait des facteurs prédictifs scanographiques de récurrence à court terme de FA après cryoablation, notamment liés aux changements morphologiques de l'atrium gauche au cours de la FA : le volume de l'atrium gauche (VAG) [1–4], le volume indexé de l'atrium gauche sur la surface corporelle (VAGi) [5–7], le volume de l'auricule gauche (VARG) [8], et le diamètre de l'atrium gauche (DAG) [9].

D'autres critères sont débattus, notamment l'anatomie non modale des veines pulmonaires (VP) [13–15][10–12] et la présence de calcifications coronaires [13,14].

D'autre part, peu d'études ont exploré les facteurs de risque scanographiques de récurrence avec un suivi de plus de 3 ans. Seulement deux études présentent des médianes de survie de 53 et 37 mois et concluent à l'implication, pour la première, du VAGi [5] et, pour la deuxième, de la morphologie type « cauliflower » de l'auricule gauche [15].

II. GENERALITES

A. FIBRILLATION ATRIALE

La fibrillation atriale (FA) est le trouble du rythme le plus fréquent en France, avec une prévalence d'environ 1% dans la population générale, elle touche entre 500 000 et 750 000 personnes, avec une prédominance masculine et une fréquence qui augmente avec l'âge [16].

La FA correspond à une tachycardie irrégulière d'origine supraventriculaire, dont le diagnostic est confirmé par l'électrocardiogramme (ECG) 12 dérivations retrouvant un rythme non sinusal, sans onde P individualisable, avec espaces R-R irréguliers, sur une dérivation, pendant au moins 30 secondes [17].

Cette tachycardie supraventriculaire est liée à la présence de multiples foyers de réentrée et à la mise en jeu du système nerveux autonome à l'origine d'activités automatiques anormales, le tout entraînant une désorganisation complète de l'activité électrique de l'atrium gauche.

Cette pathologie entraîne une perte de l'efficacité hémodynamique des oreillettes, et évolue vers la fibrose de l'atrium gauche et la dilatation atriale.

Ses deux complications majeures sont l'insuffisance cardiaque et le risque thrombo-embolique par stase atriale, avec embolies systémiques, responsable d'un sixième des accidents vasculaires cérébraux.

La FA est classée en plusieurs groupes :

- paroxystique : lorsque le retour en rythme sinusal se fait en moins de 7 jours
- persistante : lorsque le retour en rythme sinusal se fait spontanément en plus de 7 jours ou suite à une cardioversion médicamenteuse ou par choc électrique externe
- permanente : en cas de non utilisation ou de non efficacité de la cardioversion
- premier épisode : si non classable.

Le traitement de la FA repose sur plusieurs principes : les médicaments anticoagulants et/ou anti-arythmiques, la cardioversion, ou sur les techniques d'ablation par isolation des veines pulmonaires.

Pour rappel, les zones impliquées dans la FA sont situées à la jonction atrium gauche/veine pulmonaire, avec présence de fibres anormales de myocarde connectées au tissu de l'atrium gauche. Le principe de la cryoablation est donc de créer une barrière électrique entre ces zones et le tissu de l'atrium gauche.

Les techniques d'ablation par isolation des veines pulmonaires sont notamment [17] :

- recommandées en cas de FA paroxystique ou persistante, après premier échec ou intolérance de traitement par antiarythmiques
- envisagées en première ligne, si FA symptomatique avec :
 - o épisodes de FA paroxystique
 - o FA persistante sans facteur de risque de récurrence de FA
 - o FA paroxystique ou persistante, dans le cadre d'une insuffisance cardiaque avec fraction d'éjection altérée

B. SCANNER CARDIAQUE.

Le scanner de l'AG avant cryoablation de FA a une place centrale permettant :

- une évaluation morphologique et anatomique cardiaque, principalement de l'atrium gauche
- une étude de l'anatomie des veines pulmonaires (VP) qui permet au cardiologue d'anticiper les variantes et de traiter toutes les veines
- de rechercher un thrombus au sein de l'auricule gauche (ARG), qui contre-indique la cryoablation

Ce scanner nécessite une injection de produit de contraste iodé, permettant une opacification satisfaisante de l'AG et de l'ARG.

Il n'est pas réalisé de synchronisation cardiaque dans le cadre de la fibrillation atriale persistante du fait de l'arythmie.

Le protocole d'acquisition adapte les paramètres techniques du scanner en respectant le principe ALARA "As Low As Reasonably Achievable" qui implique de réduire au maximum la dose d'irradiation tout en conservant une qualité d'interprétation satisfaisante.

C. CRYOABLATION

1. Intérêts

La cryoablation est une technique d'isolation des veines pulmonaires qui permet de traiter de façon définitive la FA et ses complications, d'éviter la iatrogénie médicamenteuse, et donc d'améliorer la qualité de vie des patients.

Il a également été montré que la cryoablation en cas d'insuffisance cardiaque permettait d'améliorer la fraction d'éjection ventriculaire gauche [18].

2. Technique

Le geste est réalisé après anticoagulation orale, et après un scanner cardiaque de l'oreillette gauche.

Suite à un abord vasculaire par la veine fémorale, une gaine est montée sous scopie jusqu'à l'atrium droit pour atteindre l'atrium gauche après un passage transseptal interatrial, et est positionnée au niveau de l'interface veine pulmonaire/oreillette gauche.

De l'héparine saline est perfusée en continu à travers la gaine. Ensuite un ballonnet de cryoablation est déployé, permettant un abaissement contrôlé de la température grâce à la détente du protoxyde d'azote.

Un cathéter intraluminal est utilisé pendant la cryoapplication pour visualiser le bloc atrioventriculaire.

De plus, lors de la cryoablation des veines pulmonaires droites, un cathéter quadripolaire au sein de la veine cave supérieure stimule continuellement le nerf phrénique droit. En cas de perte de la contraction diaphragmatique, le geste est immédiatement stoppé [19].

3. Complications

Plusieurs complications au cours et au décours du geste existent :

- Hématome au point de ponction
- Fistule artérioveineuse
- Épanchement péricardique de faible abondance
- Tamponnade péricardique (1/1000)
- Fistule oesoatriale
- Pseudo-anévrisme vasculaire.

4. Réussite

La réussite per procédurale est la constatation d'un bloc atrio-veineux pour les 4 veines pulmonaires, dans le cas d'une anatomie modale (une veine pulmonaire supérieure et inférieure droite et gauche). Puis à distance, la réussite est déterminée par la survenue ou non d'une récurrence de FA.

III. OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif principal de notre étude était d'identifier les facteurs de risque scanographiques de récurrence de FA persistante après cryoablation avec un suivi à long terme.

Pour cela, plusieurs critères ont été étudiés : le volume de l'atrium gauche sans inclure l'auricule, le volume de l'auricule gauche, le volume de l'atrium gauche en incluant l'auricule (VAG + VARG), le volume de l'atrium gauche indexé à la surface corporelle sans inclure l'auricule gauche, VAG/VARG, la morphologie de l'auricule gauche, le diamètre de l'atrium gauche, le rapport du diamètre du ventricule droit sur celui du ventricule gauche (DVD/DVG), le diamètre de l'anneau tricuspide (DAT), la surface de l'oreillette gauche (SAG), l'absence de remplissage de l'auricule gauche (RARG) lors de la première acquisition scanographique, l'anatomie veineuse pulmonaire, et un score calcique coronaire quantitatif (CT score).

IV. MATERIELS ET METHODES

A. CARACTERISTIQUES DE L'ETUDE

L'étude a été déclarée et autorisée par la Commission Nationale de l'Informatique et des Libertés au numéro PI2021_843_016.

L'étude a été réalisée de façon rétrospective.

Les critères d'inclusion étaient : l'ensemble des patients atteints de FA persistante, symptomatique et résistante au traitement anti arythmique de classe I ou III, ayant subi une cryoablation entre le 17/09/2012 et le 03/09/2018 dans le service de cardiologie du CHU d'Amiens.

Les patients étaient considérés comme symptomatiques en cas de dyspnée, de palpitations et/ou d'une limitation de l'exercice physique.

Les critères de non inclusion étaient : antécédent d'ablation de FA, flutter atrial au moment de la cryoablation, valve cardiaque prothétique, patient mineur (<18 ans), absence de suivi après la cryoablation, absence de scanner cardiaque disponible avant la cryoablation.

B. CRYOABLATION

Un scanner cardiaque et un traitement anticoagulant oral d'une durée de 3 semaines étaient nécessaires avant le geste de cryoablation.

L'aiguille de ponction transseptale utilisée était de type SL1, St Jude Medical.

Le geste était réalisé sous sédation consciente. Après la ponction transseptale, un bolus d'héparine non fractionnée initial, puis une injection continue étaient utilisés pour maintenir un ACT (Activated Clotting Time) à 300sec.

Le ballonnet de cryoapplication était de diamètre 23 ou 28mm (Advance balloon, Cryocath, Medtronic, Dublin, Republic of Ireland). Une première cryoapplication de 4min était réalisée et, si la conduction atrioventriculaire persistait, une seconde cryoapplication était réalisée pour obtenir un bloc complet atrio-ventriculaire.

Le cathéter intra-luminal utilisé pour la surveillance du bloc atrioventriculaire était de type Achieve, Medtronic.

Si la FA n'était pas réduite à la fin de la procédure, une cardioversion était réalisée.

Pour les patients traités par antagoniste de la vitamine K, celui-ci était maintenu pour la procédure.

Pour les patients traités par un anticoagulant oral direct, selon les recommandations : jusqu'en octobre 2017, le traitement était arrêté 48H avant le geste, et à partir de novembre 2017, le traitement était maintenu.

C. SCANNER CARDIAQUE

Les acquisitions scanographiques centrées sur l'atrium gauche ont été réalisées sur 2 machines différentes, 64 barrettes, de marque General Electric Healthcare (Milwaukee, Winsconsin, USA) : scanner Discovery 750 HD et scanner Optima 660.

Après pose d'un accès veineux périphérique 18 gauge (vert), les patients étaient installés sur la table de scanner en décubitus dorsal, pieds premiers et bras en arrière.

Il était réalisé une injection biphasique, en utilisant une seringue de 60mL de produit de contraste iodé de concentration 350 ou 400mg/ml à 4ml/sec, et une seringue de 30ml de sérum physiologique à 3ml/sec.

Le centrage du scanner se faisait sur la fourchette sternale. Nous avons utilisé l'outil « smartprep » permettant un monitoring en temps réel de l'injection de produit de contraste dans une zone d'intérêt choisie, ici l'atrium gauche. Lorsque l'atrium gauche commençait à s'opacifier, l'acquisition était réalisée en respiration bloquée, dans le sens crânio-caudal, de l'arc aortique au diaphragme.

Les coupes étaient reconstruites en coupes de 0,625mm et en filtre standard. Une deuxième reconstruction était faite en filtre « lung » pour rechercher d'éventuelles anomalies parenchymateuses concomitantes.

Caractéristiques techniques d'acquisition du scanner :

Tension du tube (kV)	100
Intensité du tube (mA)	Modulation par rapport à l'index de bruit pour avoir une même qualité d'image en fonction des différents morphotypes.
Temps de rotation (sec)	0.5
Largeur détecteur (mm)	40
Épaisseur hélicoïdale (mm)	0.625
Pitch	1.375

En cas de non opacification totale de l'ARG, une hélice scanographique était immédiatement relancée.

D. RECUEIL DE DONNEES

Tous les examens ont été récupérés sur le système d'archivage du CHU d'Amiens Picardie. Puis ils ont été analysés sur consoles de post-traitement commerciales « Advantage Workstation 4.7 » (GE Healthcare), à l'aide du logiciel de visualisation avancée « Volume Viewer » (GE Healthcare). Un seul lecteur a relu l'ensemble des scanners de l'atrium gauche.

Pour chaque patient inclus, il a été noté :

- des données cliniques : taille, poids, index de masse corporelle (IMC), surface corporelle (SC), âge, sexe, ancienneté de la FA (temps entre la découverte de la FA et la date de la cryoablation), temps de suivi, diabète, HTA (définie par pression artérielle systolique >140mmHg et/ou pression artérielle diastolique >90mmHg), AVC.
- des données volumiques grâce au logiciel de post traitement « CardEp » (GE Healthcare) (figure 1) :
 - le volume de l'atrium gauche sans puis avec l'auricule gauche
 - le volume de l'atrium gauche indexé à la surface corporelle
 - le volume de l'auricule gauche
 - le rapport du volume de l'AG sur celui de l'ARG
- des mesures anatomiques sur une reconstruction cardiaque en coupe 4 cavités (figure 2) :
 - diamètre de l'AG
 - surface de l'AG
 - rapport des diamètres du VD et du VG
 - diamètre de l'anneau tricuspide

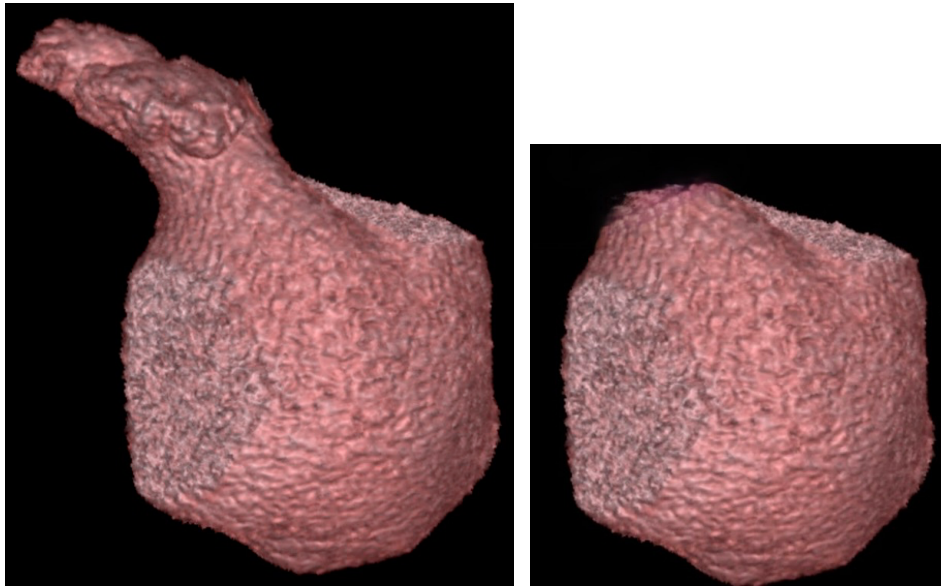
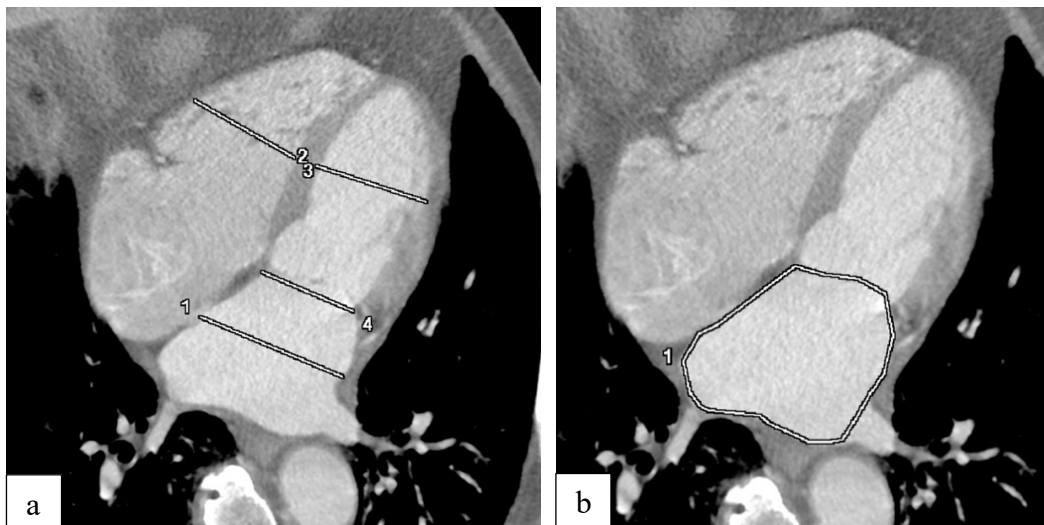


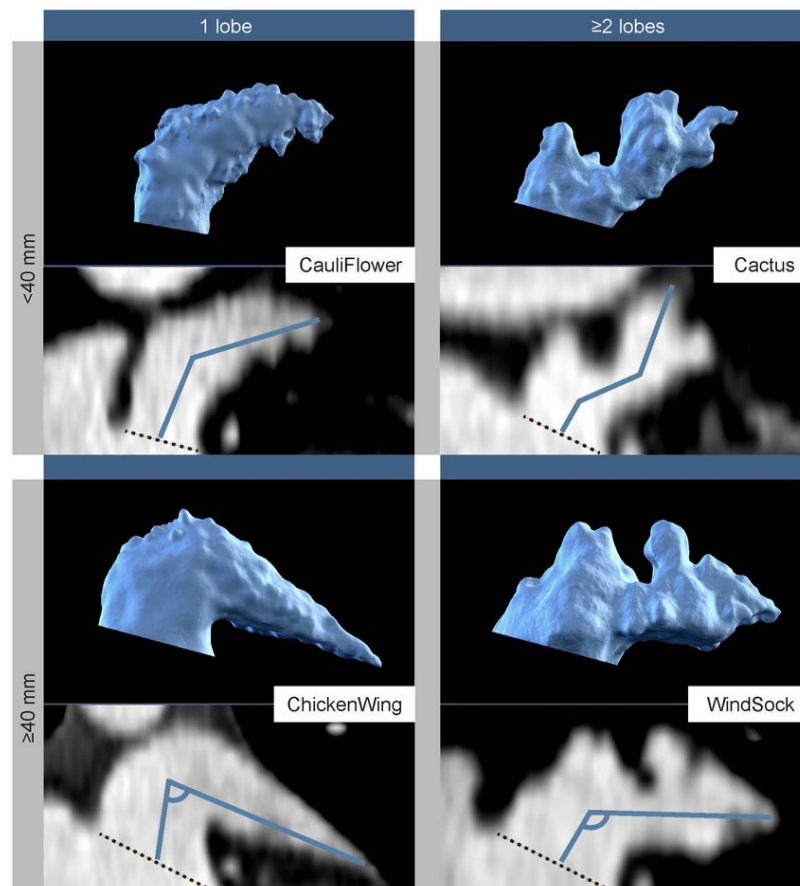
Figure 1: Reconstructions volumiques 3D de l'AG avec puis sans l'ARG.



*a) Mesures effectuées : 1-Diamètre transverse de l'AG, 2-Diamètre transverse du VD, 3-Diamètre transverse du VG, 4-Diamètre de l'anneau tricuspide.
b) Mesure de la surface de l'AG.*

Figure 2: Coupes scanographiques 4 cavités.

- des données morphologiques (figure 3) :
 - Le type de l'ARG selon la classification de Kimura et Wang [20] : « chicken wing », « windsock », « cactus », « cauliflower » [21,22]
 - L'anatomie veineuse pulmonaire. Nous avons distingué 7 types différents : anatomie modale, tronc commun gauche (TCG), veine médiale droite (VMD), tronc commun droit (TCD), veine médiale droite avec tronc commun gauche, troncs communs droit et gauche (TCB), veine accessoire supérieure droite (VASD)
 - Le remplissage de l'auricule gauche (RARG) total ou non total lors de la première acquisition scanographique



La ligne bleue représente l'angulation principale de l'ARG. La ligne en pointillé représente l'ostium de l'ARG.

Figure 3 : Classification morphologique de l'auricule gauche selon Kimura et Wang [22].

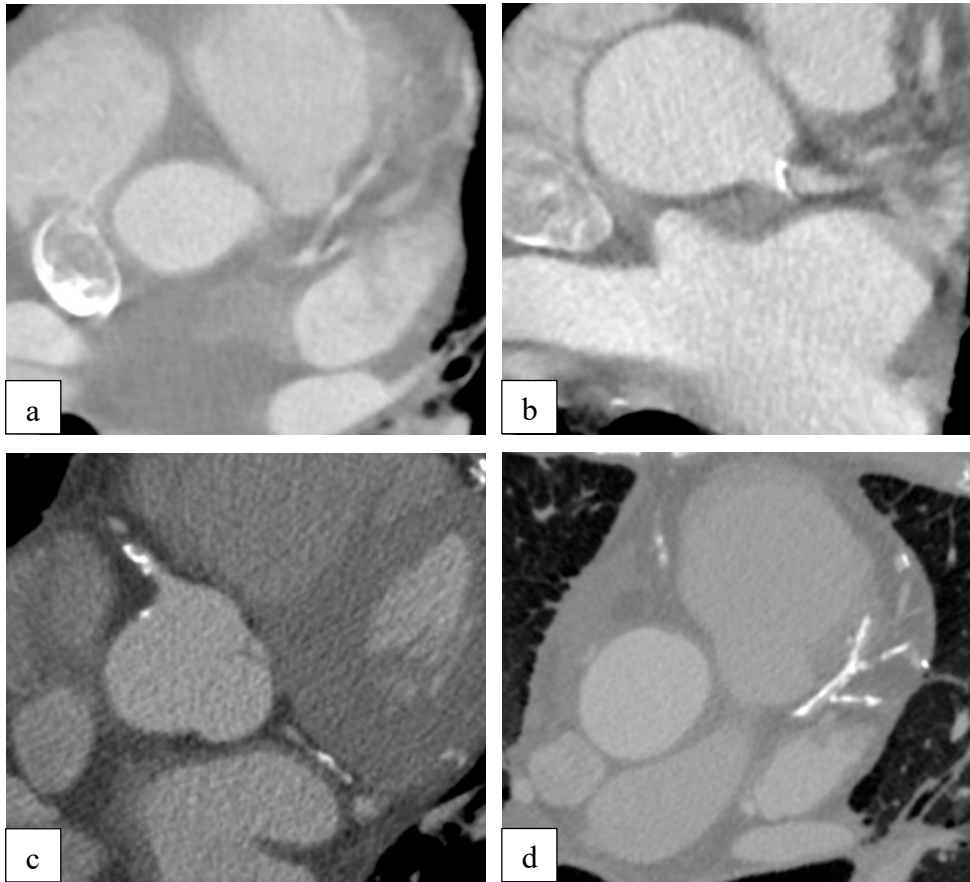
- le score calcique coronaire quantitatif, en utilisant une méthode déjà décrite [23] (figure 4). Les artères coronaires ont été segmentées en 10 portions :
 - l'artère coronaire droite séparée en 3 segments :
 - segment proximal : portion horizontale proximale
 - segment moyen : portion verticale
 - segment distal : portion horizontale distale
 - le tronc commun en un seul segment
 - l'artère interventriculaire antérieure (IVA), séparée en 3 segments :
 - segment proximal : jusqu'à la naissance de la première diagonale ou le premier centimètre de l'artère si la première diagonale n'est pas visualisée.
 - segment moyen : entre la première et la deuxième diagonale ou le second centimètre de l'artère si les diagonales ne sont pas visualisées.
 - segment distal : le reste de l'IVA.
 - l'artère circonflexe, séparée en 3 segments :
 - segment proximal : jusqu'à la naissance de la première marginale ou le premier centimètre de l'artère si la première marginale n'est pas visualisée.
 - segment moyen : entre la première et la deuxième marginale ou le second centimètre de l'artère si les marginales ne sont pas visualisées.
 - segment distal : le reste de l'artère circonflexe.

Chaque segment est noté de 0 à 3 :

- 0 correspond à l'absence de calcification coronaire ;
- 1 correspond à une atteinte légère, liée à la présence de plaques calcifiées isolées ;
- 3 correspond à une atteinte sévère, liée à la présence de plaques calcifiées continues ;
- 2 correspond à une atteinte modérée, liée à une atteinte plus importante que légère mais moindre que sévère.

Ensuite le score de chaque segment est additionné, à l'origine d'un score quantitatif visuel de 0 à 30.

A noter que 8 patients étaient porteurs de stent(s) coronaire(s). Chaque segment porteur d'un stent coronaire recevait par défaut le score maximum de 3.



*a) Score calcique à 0 au niveau du segment proximal et moyen de l'IVA.
 b) Score calcique à 1 au niveau du tronc commun gauche.
 c) Score calcique à 2 au niveau du segment proximal de la coronaire droite.
 d) Score calcique à 3 au niveau du segment proximal et moyen de l'IVA.*

Figure 4 : Coupes scanographiques de différentes artères coronaires.

E. SUIVI

Les patients ont été suivis au sein du CHU d'Amiens la première année après la cryoablation : à 3, 6 et 12 mois, avec un interrogatoire, un examen clinique, un ECG 12 dérivations et un Holter ECG 24h.

Après la première année, chaque patient a été suivi par son cardiologue au moins une fois par an avec réalisation d'un ECG 12 dérivations et d'un Holter ECG 24h.

En cas de symptôme, une évaluation par ECG 12 dérivations et Holter ECG 24h a été réalisée. Si le patient était porteur d'un défibrillateur cardiaque implantable double chambre ou d'un pacemaker, le matériel a été vérifié à chaque visite.

La date de point de notre étude était le 02/04/2021.

F. RECIDIVE

La récurrence de la tachyrythmie atriale était définie comme tout épisode de FA, de flutter ou de tachycardie atriale (symptomatique ou non) documentée pendant au moins 30sec sur un enregistrement du rythme cardiaque lors des consultations de suivi prévues ou lors de l'apparition de symptômes, au minimum 3 mois après la cryoablation.

G. ANALYSE DE DONNEES.

Les variables quantitatives continues ont été décrites par leur moyenne \pm déviation standard (DS), leur médiane avec leur écart interquartile (EIQ), leur valeur minimale et leur valeur maximale.

Les variables qualitatives ont été décrites par leur fréquence en pourcentage.

Le modèle à risque proportionnel de Cox a été utilisé pour identifier des facteurs de risque de récurrence, avec une estimation de l'Hazard Ratio (HR) et un intervalle de confiance (IC) à 95%.

Les variables avec $p < 0.1$ en analyse univariée ont été incluses dans un modèle de Cox multivarié, après que les variables liées soient séparées.

Ces analyses statistiques ont été réalisées avec le logiciel SPSS (statistical package for the social sciences) pour Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

De plus, des courbes ROC et des courbes de Kaplan-Meier ont été tracées à l'aide du logiciel R version 3.6 (R Core Team) et ses bibliothèques ROCR, Survival, Survminer.

Le calcul du seuil optimal a été réalisé grâce à l'index de Youden.

Un test du LogRank a permis de comparer les courbes de Kaplan-Meier.

La limite statistique significative a été établie à $p < 0.05$.

V. RESULTATS

A. CARACTERISTIQUES PATIENTS

302 patients répondaient aux critères d'inclusion de l'étude.

Parmi les 302 patients, 24 présentaient des critères de non inclusion : 3 patients étaient en flutter atrial au moment de la cryoablation, 18 patients ne présentaient pas de scanner cardiaque dans leur dossier et 3 patients ont été perdus de vue après la cryoablation (figure 5). L'étude portait donc sur une population de 278 patients, composée de 230 hommes (83%) et de 48 femmes (17%).

L'âge moyen était de 60,3 ans. L'ancienneté moyenne de la FA était de 18,3 mois, avec une donnée manquante.

136 patients étaient atteints d'HTA et 35 patients de diabète.

Les caractéristiques des patients ont été détaillées dans le tableau 1.

Tableau 1: Caractéristiques patients.

	moyenne (écart-type)	médiane [Q25-75]	min	max	n
Age (années)	60,3 (9,01)	61 [54; 67]	34	82	278
Taille (cm)	176 (8,87)	176 [170; 181]	146	198	278
Poids (kg)	90,9 (17,7)	89 [80; 102]	40	140	278
IMC (kg/m ²)	29,7 (5,14)	29,1 [26,2; 32,7]	16	48,8	278
Surface corporelle (m ²)	2,1 (0,235)	2,09 [1,94; 2,24]	1,32	2,7	278
Ancienneté FA (mois)	18,3 (19,3)	10 [6; 24]	1	108	277
Délai récidive (mois)	14,2 (16,2)	7 [3; 20]	3	86	169

	n (%)
Récidive de FA	169 (61%)
AVC	13 (4,7%)
Diabète	35 (13%)
HTA	136 (49%)
Sexe	
Homme	230 (83%)
Femme	48 (17%)

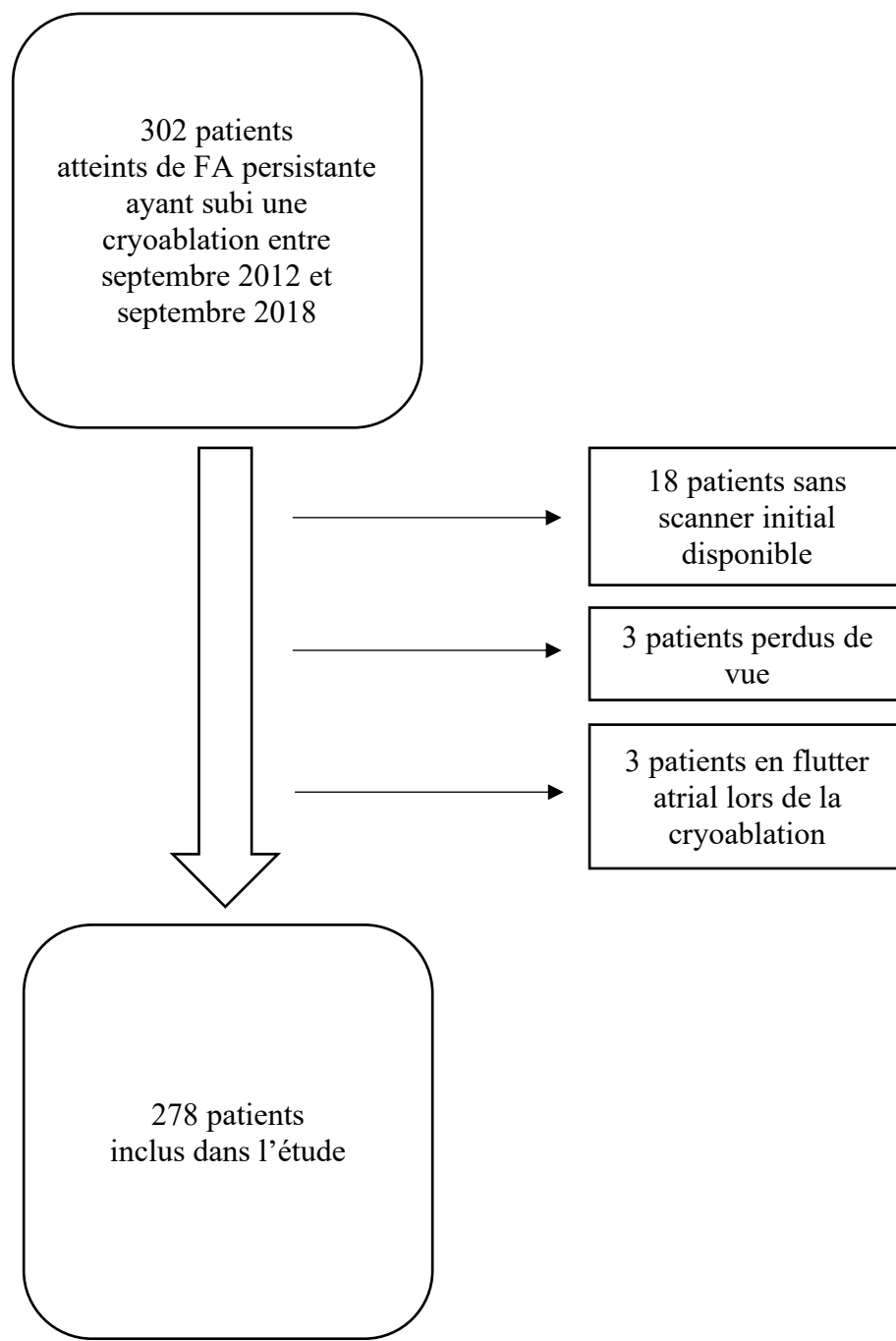


Figure 5 : Exclusion des patients à partir de la base de données.

B. DONNEES SCANOGRAPHIQUES

Le VAG moyen des 278 patients était de 140cm³, en rajoutant l'ARG gauche, le volume moyen atteignait 153 cm³.

La SAG moyenne était de 3311mm².

Le score calcique quantitatif moyen était de 4,77.

La morphologie de type « Windsock » de l'ARG était la plus répandue (44%), tout comme l'anatomie veineuse modale (73%).

Le RARG n'a pas été total chez 52 patients (19%).

Les données scanographiques ont été décrites dans le tableau 2.

Tableau 2 : Données scanographiques.

	moyenne (écart-type)	médiane [Q25-75]	min	max	n
VAG (cm ³)	140 (39,5)	139 [111; 164]	50,4	366	278
VAG +VARG (cm ³)	153 (42,8)	150 [121; 179]	55,8	381	278
VAGi (cm ³ /m ²)	67,2 (21,0)	65,6 [53,6; 79,8]	23,9	234	278
VARG (cm ³)	12,9 (8,46)	11,7 [8,9; 15,2]	0,4	120	278
DAG (mm)	53,5 (8,18)	53 [48,1; 58,9]	18,2	83,7	278
SAG (mm ²)	3311 (777)	3357 [2773; 3789]	348	6345	278
Volume AG/ARG	13,8 (21,5)	11,4 [9,02; 14,3]	1,2	358	278
DAT (mm)	40,2 (21,3)	39 [35,7; 42,2]	26	386	278
Diamètre VD/VG	0,809 (0,167)	0,801 [0,701; 0,916]	0,385	1,34	278
CT score	4,77 (5,80)	2 [0; 7]	0	23	278

		n (%)
Morphologie ARG	Chicken Wing	104 (37%)
	Windsock	122 (44%)
	Cactus	39 (14%)
	Cauliflower	13 (4,7%)
Anatomie des VP	Modale	204 (73%)
	VMD	43 (15%)
	TCG	22 (7,9%)
	TCD	2 (0,72%)
	VMD + TCG	5 (1,8%)
	TCB	1 (0,36%)
	VASD	1 (0,36%)
RARG	Oui	226 (81%)
	Non	52 (19%)

C. FACTEURS DE RISQUE DE RECIDIVE : ANALYSE UNIVARIEE

Le temps de suivi moyen a été de 38,4 mois (écart-type de 19,6 mois), avec une médiane de 35,6 mois. 169 patients ont récidivé (61%), avec un délai moyen de 14,2 mois.

Les résultats de nos analyses statistiques univariées (tableaux 3 et 4) montraient que :

Pour les données cliniques (tableau 3), seule l'HTA (HR=1.415[1.044;1.919], p=0.025) apparaissait comme facteur de risque de récurrence, les autres variables (âge, IMC, taille, poids, surface corporelle, et ancienneté de la FA, AVC, diabète,) n'étaient pas significatives.

Pour les données scanographiques volumiques (tableau 4), le VAG (HR=1,009[1,006;1,013], p<0.001), VAG+VARG (HR=1,009[1,005;1,012], p<0,001), le VAGi (HR=1,015[1,009;1,021], p<0,001), le VARG (HR=1,017[1,004;1,031], p<0,013) apparaissaient comme facteurs de risque de récurrence. Le rapport VAG/VARG n'apparaît toutefois pas significatif.

Pour les données morphologiques scanographiques (tableau 4), seul le DAG (HR=1,036[1,017;1,056], p=<0,001) apparaissait comme un facteur de risque de récurrence. Concernant la SAG (HR=1[1;1,001], p=<0,001), étant donné que l'intervalle de confiance de l'hazard ratio comprenait 1, nous ne pouvons pas conclure.

Le rapport DVD/DVG, le CT score, la morphologie de l'ARG, l'anatomie des VP, le remplissage non total de l'ARG n'étaient pas statistiquement significatifs. A noter que l'anatomie veineuse a été divisée en anatomie modale et non modale puis chaque entité non modale a été analysée séparément.

Tableau 3 : Analyse univariée des données cliniques

	Non récidive n=169 (61%)	Récidive n=109(39%)	HR univariée [95% IC]	p
Age (années)	60,4±9,3	60,2±8,8	1,005[0,988;1,022]	0,577
Taille (cm)	175,8±9,3	175,7±8,6	1[0,983;1,017]	0,998
Poids (kg)	89,7±17,9	91,6±17,6	1,003[0,994;1,011]	0,520
IMC (kg/m ²)	29,2±5	30±5,2	1,019[0,989;1,05]	0,209
Surface corporelle (m ²)	2,08±0,24	2,1±0,23	1,195[0,643;2,223]	0,575
Ancienneté FA	15,6±17,4	20,1±20,3	1,006[0,999;1,013]	0,071
Temps de suivi (mois)	33,8±18,9	41,3±19,6	0,994[0,986;1,003]	0,187

		HR univariée [95% IC]	p
Récidive FA	169 (61%)		
AVC	13 (4,7%)	0,754[0,333;1,706]	0,498
Diabète	35 (13%)	1,154[0,73;1,825]	0,54
HTA	136 (49%)	1,415[1,044;1,919]	0,025
Sexe masculin	230 (83%)	0,97[0,65;1,447]	0,88

Tableau 4 : Analyse univariée des données scanographiques.

	Non récidive n=169 (61%)	Récidive n=109(39%)	HR univariée [95% IC]	p
VAG (cm ³)	126,7 ±34,6	148,8±39,9	1,009[1,006;1,013]	<0,001
VAG +VARG (cm ³)	138,4±37,2	161,85±43,3	1,009[1,005;1,012]	<0,001
VAGi (cm ³ /m ²)	61±16,4	71,1±22,6	1,015[1,009;1,021]	<0,001
VARG (cm ³)	11,8±4,9	13,6±10	1,017[1,004;1,031]	0,013
DAG (mm)	51,75±8,1	54,6±8,1	1,036[1,017;1,056]	<0,001
SAG (mm ²)	3083,1±676,6	3457,4±804,1	1[1;1,001]	<0,001
Volume AG/ARG	12,2±5,8	14,8±27,1	1[0,995;1,005]	0,96
DAT (mm)	41,9±33,6	39,1±4,6	0,995[0,985;1,006]	0,376
Diamètre VD/VG	0,8±1,8	0,8±1,6	1,085[0,450;2,619]	0,8551
CT score	4,5±5,9	4,9±5,7	1,012[0,986;1,038]	0,37

			HR univariée [95% IC]	p
Morphologie ARG	Chicken	104 (37%)	0,958[0,697;1,317]	0,792
	Wing			
	Windsock	122 (44%)	1,028[0,882;1,197]	0,726
	Cactus	39 (14%)	1,008[0,877;1,159]	0,909
Anatomie des VP	Cauliflower	13 (4,7%)	0,994[0,832;1,187]	0,943
	Modale	204 (73%)	1,210[0,865;1,694]	0,265
	Non modale	74 (27%)	0,826[0,59;1,156]	0,265
	VMD	43 (15%)	1,406[0,946;2,09]	0,092
	TCG	22 (7,9%)	0,718[0,379;1,362]	0,311
	TCD	2 (0,72%)	1,108[0,155;7,942]	0,919
	VMD + TCG	5 (1,8%)	2,198[0,812;5,952]	0,121
	TCB	1 (0,36%)	1,242[0,174;8,890]	0,829
	VASD	1 (0,36%)	0,049[0;304,146]	0,499
RARG	Non	52 (19%)	1,122[0,772;1,632]	0,546

D. FACTEURS DE RISQUE DE RECIDIVE : ANALYSE MULTIVARIEE

Les variables présentant $p < 0,01$ étaient VAG, VAG+VARG, VAGi, l'HTA, l'ancienneté de la FA, la SAG, le VAG, le DAG, l'anatomie veineuse de type VMD.

Nous avons défini les variables VAG, VAG+VARG, et VAGi comme liées du fait qu'elles se basent toutes sur la mesure du VAG.

Nous avons donc réalisé trois analyses multivariées avec trois groupes de variables, en utilisant pour chacune une seule des variables liées :

- VAG, HTA, l'ancienneté de la FA, la SAG, le DAG, anatomie veineuse de type VMD
- VAGi, HTA, l'ancienneté de la FA, la SAG, le DAG, anatomie veineuse de type VMD sont indépendantes
- VAG+VARG, HTA, l'ancienneté de la FA, la SAG, le DAG, anatomie veineuse de type VMD

Après analyse multivariée du premier groupe, le facteur de risque de récurrence était VAG (HR=1.009[1.005;1.013] $p < 0.001$).

Après analyse multivariée du deuxième groupe, le facteur de risque de récurrence était VAGi (HR=1.014[1.008;1.021] $p < 0.001$).

Après analyse multivariée du troisième groupe, le facteur de risque de récurrence était VAG+VARG (HR=1.009[1.005;1.012] $p < 0.001$).

E. COURBES ROC ET DE KAPLAN-MEIER

L'analyse par courbes ROC des paramètres statistiquement significatifs : VAG (figure 6), VAGi, VAG+VARG versus la récurrence binaire retrouvait une aire sous la courbe (AUC) plus importante pour le VAG (VAG=0,65 ; VAGi=0,64 et VAG+VARG=0,64).

Une valeur seuil optimale du VAG a ainsi été calculée à $121,8 \text{ cm}^3$ (Se=0,73 ; Sp=0,51).

103 patients de l'étude présentaient un $\text{VAG} < 121,8 \text{ cm}^3$ et 175 patients un $\text{VAG} > 121,8 \text{ cm}^3$.

La comparaison des courbes de Kaplan-Meier (figure 7) entre ces deux groupes rapportait une augmentation significative de la récurrence dans le groupe des patients présentant un $\text{VAG} > 121,8 \text{ cm}^3$, avec un $p = 0,0002$.

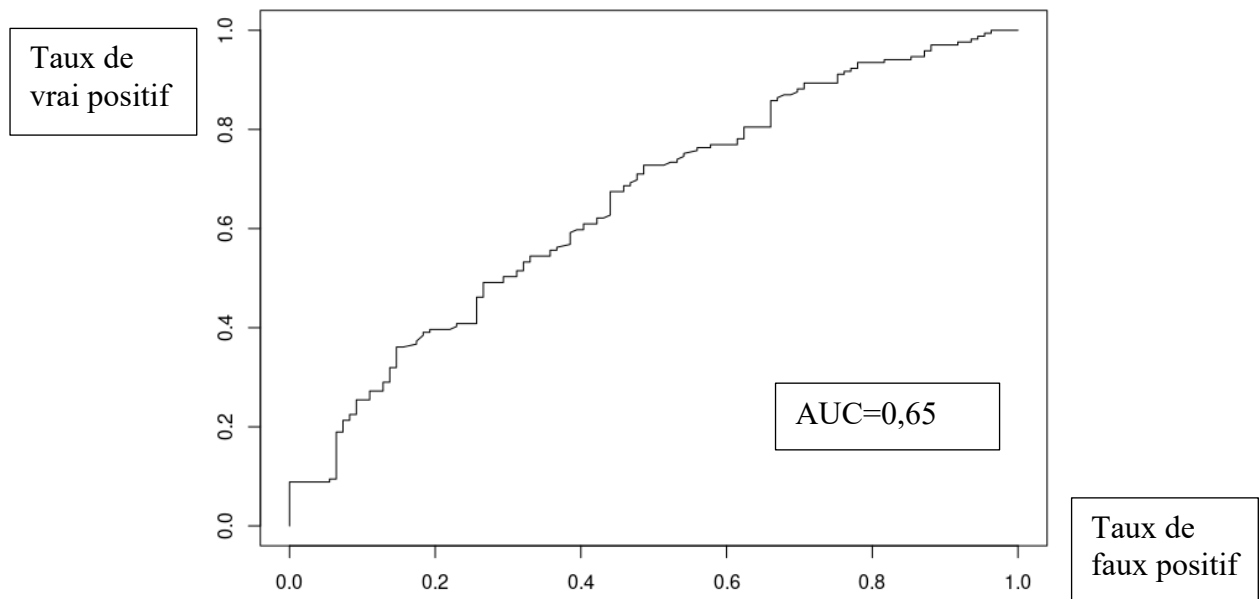
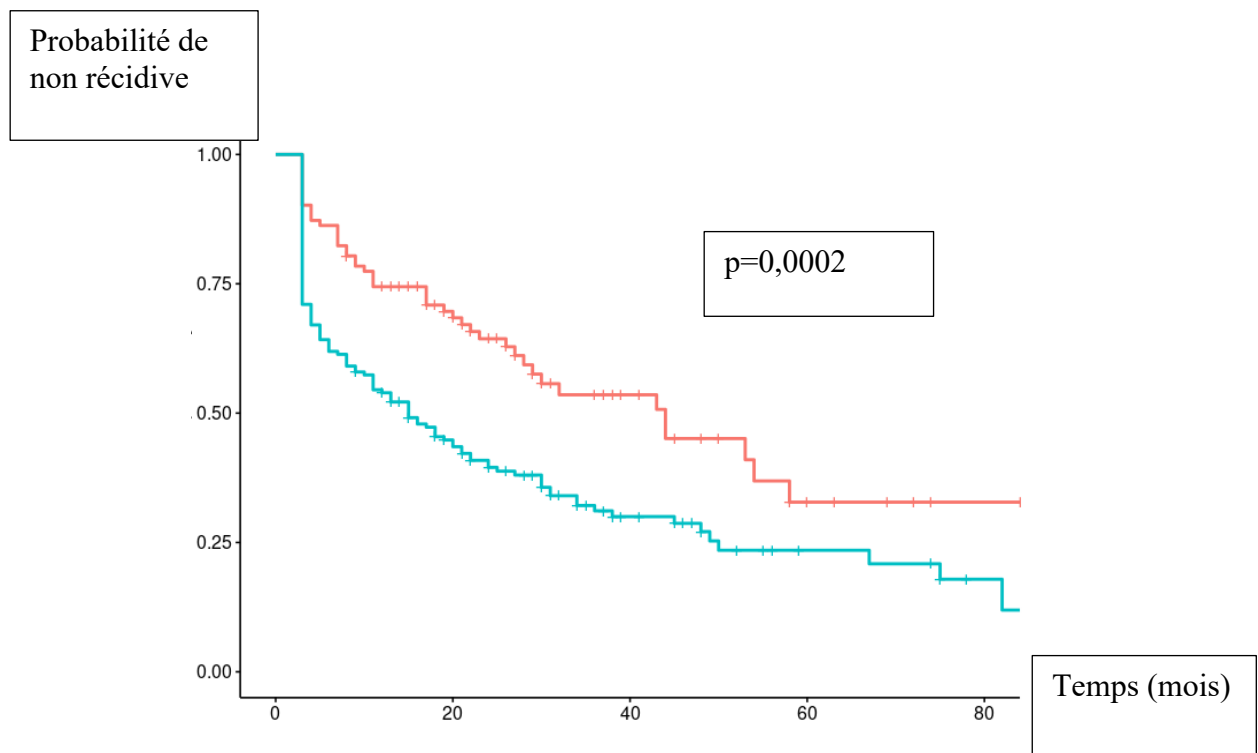


Figure 6 : Courbe ROC du VAG.



Rouge : groupe de patients avec $VAG < 121,8\text{cm}^3$, $n=103$.

Bleu : groupe de patients avec $VAG > 121,8\text{cm}^3$, $n=175$.

Figure 7 : Courbes de Kaplan-Meier en fonction de la valeur seuil optimale du VAG.

VI. DISCUSSION

Les facteurs de risque scanographiques de récurrence après cryoablation de FA persistante identifiés sont le VAG, le VAG+VARG et le VAGi. Ainsi, seule l'augmentation du volume de l'atrium gauche est impliquée dans la récurrence.

L'intérêt de notre étude résidait dans le fait que nous ayons testé un grand nombre de variables, dont 13 scanographiques, avec une base de données importante incluant 278 patients, et un temps suivi long avec une moyenne de 38.4 mois.

Seulement deux études présentaient comme nous un temps de suivi moyen de plus de 3 ans : L'étude de Maier et al.[5], portant sur 415 patients suivis sur une période médiane de 53 mois retrouvant également comme facteur de risque le VAGi.

L'étude de Kocyigit et al. [15] qui portait sur 359 patients, avec un temps de suivi médian de 37 mois, retrouvant le facteur de risque « morphologie cauliflower de l'ARG ». Toutefois 93 patients de cette étude présentaient une morphologie « cauliflower » contre 13 patients dans notre étude, ce résultat est donc à nuancer par un possible manque de puissance. Il existe également un manque de représentativité de notre population, avec une prédominance pour le type « windsock » (44%) dans notre étude qui ne correspond pas à la répartition de la morphologie de l'auricule gauche dans la population générale : « chicken wing » 48%, « cactus » 30%, « windsock » 19%, « cauliflower » 3% [24].

Nos résultats concernant le volume de l'atrium gauche concordent avec la littérature.

L'association entre l'augmentation du VAG et la récurrence a déjà été démontrée dans plusieurs études : l'étude de Medios et al.[1] qui portait sur 115 patients suivis sur une moyenne de 25 mois, dans l'étude de Costa et al.[3] qui portait sur 809 suivis sur une moyenne de 2.4 ans, dans l'étude de Sohns et al.[4] qui portait sur 279 patients suivis sur une moyenne de 356 jours, et dans l'étude de Strisciuglio et al.[2] qui portait sur 308 patients avec une médiane de suivi de 19 mois.

L'association entre augmentation du VAGi et la récurrence a également bien été montrée, dans l'étude de Celik et al.[6] portant sur 50 patients avec un suivi de 12 mois, et dans l'étude de Takarada et al.[7] qui portait sur 97 patients avec un suivi moyen de 22.1 mois.

Au contraire de l'étude de Teixeira et al.[8] qui portait sur 52 patients avec un temps de suivi de 24 mois, l'augmentation du VARG n'apparaît pas liée à la récurrence dans notre étude.

Concernant le score calcique coronaire, en accord avec l'étude de den Uijl et al.[14] qui portait sur 125 patients avec un suivi moyen de 12 mois, nous ne retrouvons pas de lien statistique avec la récurrence de FA. Cette étude utilisait un score calcique qualitatif (normal/significatif/non significatif/non interprétable), moins précis que le score utilisé dans notre étude.

L'absence d'implication de l'anatomie veineuse dans la récurrence de FA apparaît en accord avec certaines études : Yorgun et al.[9] qui portait sur 82 patients avec un suivi moyen de 31 mois et Hof et al.[12] qui portait sur 146 patients avec un suivi moyen de 19 mois. Mais des données contraires existent dans la littérature avec l'étude de Kubala et al. [11] qui portait sur 118 patients avec une moyenne de suivi de 13 mois, de Shigeta et al. [10] qui portait sur 324 patients avec un suivi moyen de 454 jours, et de Vaishnav et al.[25] qui portait sur 58 patients avec un suivi de 12 mois.

Notre résultat est à nuancer, car 204 des 278 patients de notre étude présentaient une anatomie veineuse modale, un manque de puissance est donc à envisager concernant l'anatomie non modale.

Le fait que le DAG ne soit pas identifié comme facteur de risque dans notre étude, mais le soit dans l'étude de Nedios et al.[26] qui portait sur 103 patients avec un suivi moyen de 26 mois peut-être expliqué par la méthode de mesure : dans le plan coronal pour l'étude citée et dans le plan axial pour notre étude.

L'absence de relation statistiquement significative entre la SAG et la récurrence dans notre étude, au contraire de l'étude de Akkaya et al.[27] qui portait sur 101 patients avec une médiane de suivi de 37 mois, peut s'expliquer par notre mesure scanographique plus précise que la mesure échographique de l'étude citée.

Le remplissage non total de l'auricule lors de l'acquisition scanographique initiale, jamais exploré dans la littérature, n'apparaît pas significativement lié à la récurrence de FA persistante après cryoablation.

Quant aux données cliniques, aucune n'apparaît significative dans notre étude, et notamment l'HTA qui est pourtant décrite dans la littérature, comme dans l'étude de Berruezo et al.[28] qui portait sur 148 patients avec moyenne de suivi de 13,1 mois.

La valeur seuil du VAG définie par notre étude à 121,8cm³ est intéressante pour la prédiction de récurrence de FA persistante après cryoablation dans la pratique quotidienne. D'autres valeurs seuils du VAG apparaissent dans la littérature comme dans l'étude de Abecasis et al.[29] qui portait sur 99 patients avec un temps de suivi moyen de 16,7 mois, avec une valeur à 145mL, ou encore dans l'étude de von Bary et al.[30] qui portait sur 213 patients avec un suivi moyen de 18 mois avec une valeur à 95mL. Ces deux études présentaient un nombre de patients et une durée de suivi moindres.

Concernant les limites de l'étude :

Cette étude était unicentrique et ses résultats ne peuvent donc être appliqués à d'autres centres. De plus, elle se heurte aux limites de l'analyse de données rétrospective.

Les analyses statistiques portaient sur une régression linéaire de Cox univariée, puis sur une analyse multivariée intégrant quatre critères scanographiques et deux critères cliniques : HTA et ancienneté de la FA. Toutefois, cette étude n'intégrait pas toutes les données cliniques du patient qui peuvent être à l'origine de facteurs de confusion, et n'intégrait pas non plus les données techniques de la procédure de cryoablation qui conditionnent de façon évidente l'efficacité du geste. Il faut aussi retenir que nous avons une donnée manquante concernant l'ancienneté de la FA et que nous avons écarté 24 patients de la base de données.

La durée de suivi des patients était variable, inhérent au fait que nous avons intégré des patients sur une longue période, entre septembre 2012 et septembre 2018. Il n'existait donc pas le même recul entre les premiers et les derniers patients. Il faut toutefois relativiser cette information car la durée moyenne de récurrence dans notre étude était de 14,2 mois et le modèle statistique de Cox permet une prise en compte de ces variations.

Nous pouvons donc imaginer qu'une nouvelle étude prospective, multicentrique avec prise en compte de données cliniques plus nombreuses, des données techniques de la procédure de cryoablation, et avec une durée de suivi identique pourrait être mise en place.

VII. CONCLUSION

Cette étude nous montre que les facteurs de risque de récurrence de FA persistante après cryoablation, sont le volume de l'atrium gauche sans l'auricule gauche, le volume de l'atrium gauche avec l'auricule gauche, et le volume de l'atrium gauche indexé sur la surface corporelle. Une valeur seuil pour le VAG de 121,8cm³ a été définie pour prédire la récurrence.

VIII. LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

A. LISTE DES FIGURES.

Figure 1: Reconstructions volumiques 3D de l'AG avec puis sans l'ARG.	26
Figure 2: Coupes scanographiques 4 cavités.....	26
Figure 3 : Classification morphologique de l'auricule gauche selon Kimura et Wang [22]...	27
Figure 4 : Coupes scanographiques de différentes artères coronaires.....	29
Figure 5 : Exclusion des patients à partir de la base de données.....	32
Figure 6 : Courbe ROC du VAG.....	39
Figure 7 : Courbes de Kaplan-Meier en fonction de la valeur seuil optimale du VAG.....	39

B. LISTE DES TABLEAUX.

Tableau 1: Caractéristiques patients.....	31
Tableau 2 : Données scanographiques.	34
Tableau 3 : Analyse univariée des données cliniques.....	36
Tableau 4 : Analyse univariée des données scanographiques.....	37

IX. BIBLIOGRAPHIE.

- [1] **Nedios S, Tang M, Roser M, Solowjowa N, Gerds-Li J-H, Fleck E, et al.** Characteristic changes of volume and three-dimensional structure of the left atrium in different forms of atrial fibrillation: predictive value after ablative treatment. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing* 2011;32:87–94.

- [2] **Strisciuglio T, Di Gioia G, Chatzikyriakou S, Silva Garcia E, Barbato E, Geelen P, et al.** Left atrial volume computed by 3D rotational angiography best predicts atrial fibrillation recurrence after circumferential pulmonary vein isolation. *Int J Cardiovasc Imaging* 2018;34:337–42.

- [3] **Costa FM, Ferreira AM, Oliveira S, Santos PG, Durazzo A, Carmo P, et al.** Left atrial volume is more important than the type of atrial fibrillation in predicting the long-term success of catheter ablation. *Int J Cardiol* 2015;184:56–61.

- [4] **Sohns C, Sohn JM, Vollmann D, Lühje L, Bergau L, Dorenkamp M, et al.** Left atrial volumetry from routine diagnostic work up prior to pulmonary vein ablation is a good predictor of freedom from atrial fibrillation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2013;14:684–91.

- [5] **Maier J, Blessberger H, Nahler A, Hrcic D, Fellner A, Reiter C, et al.** Cardiac Computed Tomography-Derived Left Atrial Volume Index as a Predictor of Long-Term Success of Cryo-Ablation in Patients With Atrial Fibrillation. *Am J Cardiol* 2021;140:69–77.

- [6] **Celik AI, Kanadasi M, Demir M, Deniz A, Akilli RE, Deveci OS, et al.** Predictors of the paroxysmal atrial fibrillation recurrence following cryoballoon-based pulmonary vein isolation: Assessment of left atrial volume, left atrial volume index, galectin-3 level and neutrophil-to-lymphocyte ratio. *Indian Pacing Electrophysiol J* 2019;19:9–14.

- [7] **Takarada K, Ströker E, de Asmundis C, Sieira J, Abugattas J-P, Coutiño H-E, et al.** Second-Generation Cryoballoon Ablation for Atrial Fibrillation - A Detailed Analysis of the Impact of Left Atrial Volume Index on Clinical Outcome. *Circ J Off J Jpn Circ Soc* 2018;83:84–90.
- [8] **Pinto Teixeira P, Martins Oliveira M, Ramos R, Rio P, Silva Cunha P, Delgado AS, et al.** Left atrial appendage volume as a new predictor of atrial fibrillation recurrence after catheter ablation. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing* 2017;49:165–71.
- [9] **Yorgun H, Canpolat U, Gümeler E, Okşul M, Şener YZ, Ateş AH, et al.** Immediate and long-term outcomes of cryoballoon catheter ablation in patients with atrial fibrillation and left common pulmonary vein anatomy. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing* 2020;59:57–65.
- [10] **Shigeta T, Okishige K, Yamauchi Y, Aoyagi H, Nakamura T, Yamashita M, et al.** Clinical assessment of cryoballoon ablation in cases with atrial fibrillation and a left common pulmonary vein. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2017;28:1021–7.
- [11] **Kubala M, Hermida J-S, Nadji G, Quenum S, Traulle S, Jarry G.** Normal pulmonary veins anatomy is associated with better AF-free survival after cryoablation as compared to atypical anatomy with common left pulmonary vein. *Pacing Clin Electrophysiol PACE* 2011;34:837–43.
- [12] Does Left Atrial Volume and Pulmonary Venous Anatomy Predict the Outcome of Catheter Ablation of Atrial Fibrillation? - HOF - 2009 - *Journal of Cardiovascular Electrophysiology* - Wiley Online Library n.d.
- [13] Anatomic predictors of recurrence after cryoablation for atrial fibrillation: a computed tomography based composite score | SpringerLink n.d.
- [14] **den Uijl DW, Boogers MJ, Compier M, Trines SA, Scholte AJHA, Zeppenfeld K, et al.** Impact of coronary atherosclerosis on the efficacy of radiofrequency catheter ablation for atrial fibrillation. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging* 2013;14:247–52.

- [15] **Kocyigit D, Yalcin MU, Gurses KM, Turk G, Ardali S, Canpolat U, et al.** Impact of anatomical features of the left atrial appendage on outcomes after cryoablation for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2019;13:105–12.
- [16] **Charlemagne A, Blacher J, Cohen A, Collet J-P, Diévert F, de Groot P, et al.** Epidemiology of atrial fibrillation in France: Extrapolation of international epidemiological data to France and analysis of French hospitalization data. *Arch Cardiovasc Dis* 2011;104:115–24.
- [17] 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) | *European Heart Journal* | Oxford Academic n.d.
- [18] **Marrouche NF, Brachmann J, Andresen D, Siebels J, Boersma L, Jordaens L, et al.** Catheter Ablation for Atrial Fibrillation with Heart Failure. *N Engl J Med* 2018;378:417–27.
- [19] **Andrade JG, Dubuc M, Guerra PG, Macle L, Rivard L, Roy D, et al.** Cryoballoon Ablation for Atrial Fibrillation. *Indian Pacing Electrophysiol J* 2012;12:39–53.
- [20] **Korhonen M, Parkkonen J, Hedman M, Muuronen A, Onatsu J, Mustonen P, et al.** Morphological features of the left atrial appendage in consecutive coronary computed tomography angiography patients with and without atrial fibrillation. *PLOS ONE* 2017;12:e0173703.
- [21] **Kimura T, Takatsuki S, Inagawa K, Katsumata Y, Nishiyama T, Nishiyama N, et al.** Anatomical characteristics of the left atrial appendage in cardiogenic stroke with low CHADS2 scores. *Heart Rhythm* 2013;10:921–5.
- [22] Left Atrial Appendage Studied by Computed Tomography to Help Planning for Appendage Closure Device Placement - WANG - 2010 - *Journal of Cardiovascular Electrophysiology* - Wiley Online Library n.d.

- [23] **Chiles C, Duan F, Gladish GW, Ravenel JG, Baginski SG, Snyder BS, et al.** Association of Coronary Artery Calcification and Mortality in the National Lung Screening Trial. *Radiology* 2015;276:82–90.
- [24] Laissy JP, Furber A, Société Française de Radiologie, Elsevier Masson, 01/2021 *Imagerie cardiaque, Imagerie cardiaque en coupes : scanner et IRM, chapitre 1 : Radioanatomie du cœur et des artères coronaires.*
- [25] **Vaishnav AS, Alderwish E, Coleman KM, Saleh M, Makker P, Bhasin K, et al.** Anatomic predictors of recurrence after cryoablation for atrial fibrillation: a computed tomography based composite score. *J Interv Card Electrophysiol* 2021;61:293–302. h
- [26] **Nedios S, Kosiuk J, Koutalas E, Kornej J, Sommer P, Arya A, et al.** Comparison of left atrial dimensions in CT and echocardiography as predictors of long-term success after catheter ablation of atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol* 2015;43:237–44.
- [27] **Akkaya E, Berkowitsch A, Zaltsberg S, Greiss H, Hamm CW, Sperzel J, et al.** Second-generation cryoballoon ablation for treatment of persistent atrial fibrillation: Three-year outcome and predictors of recurrence after a single procedure. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2018;29:38–45.
- [28] **Berruezo A, Tamborero D, Mont L, Benito B, Tolosana JM, Sitges M, et al.** Pre-procedural predictors of atrial fibrillation recurrence after circumferential pulmonary vein ablation. *Eur Heart J* 2007;28:836–41.
- [29] **Abecasis J, Dourado R, Ferreira A, Saraiva C, Cavaco D, Santos KR, et al.** Left atrial volume calculated by multi-detector computed tomography may predict successful pulmonary vein isolation in catheter ablation of atrial fibrillation. *Eur Eur Pacing Arrhythm Card Electrophysiol J Work Groups Card Pacing Arrhythm Card Cell Electrophysiol Eur Soc Cardiol* 2009;11:1289–94.

- [30] **von Bary C, Dornia C, Eissnert C, Nedios S, Roser M, Hamer OW, et al.** Predictive value of left atrial volume measured by non-invasive cardiac imaging in the treatment of paroxysmal atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol Int J Arrhythm Pacing* 2012;34:181–8.

RESUME

Objectifs : Évaluer les facteurs de risque scanographiques de récurrence de fibrillation atriale persistante après cryoablation.

Matériels et méthodes : De façon rétrospective, il a été inclus tous les patients ayant subi une cryoablation pour fibrillation atriale persistante au CHU d'Amiens entre septembre 2012 et septembre 2018. Pour chaque patient, un scanner de l'atrium gauche a été réalisé avant le geste permettant d'évaluer le volume de l'atrium gauche sans inclure l'auricule, le volume de l'auricule gauche, le volume de l'atrium gauche en incluant l'auricule, le volume de l'atrium gauche indexé à la surface corporelle sans inclure l'auricule gauche, le rapport des volumes de l'atrium et de l'auricule gauche, la morphologie de l'auricule gauche, le diamètre de l'atrium gauche, le rapport du diamètre du ventricule droit sur celui du ventricule gauche, le diamètre de l'anneau tricuspide, la surface de l'oreillette gauche, l'absence de remplissage de l'auricule gauche, l'anatomie veineuse pulmonaire, et un score calcique coronaire quantitatif.

Résultats : 278 patients ont été inclus dans notre étude, entre septembre 2012 et 2018. La moyenne de suivi était de 38,4 mois. 169 patients ont récidivé (61%), avec une médiane de récurrence de 7 [3 ; 20] mois. Après analyse multivariée, les facteurs de risques de récurrence étaient l'augmentation du volume de l'atrium gauche sans l'auricule HR=1.009[1.005;1.013] p<0.001, le volume de l'atrium gauche avec l'auricule gauche HR=1.009[1.005;1.012] p<0.001, et le volume de l'atrium gauche indexé sur la surface corporelle HR=1.014[1.008;1.021] p<0.001. Il a été établi une valeur seuil de récurrence pour le volume de l'atrium gauche à 121.8cm³.

Conclusion : Le volume de l'atrium gauche sans l'auricule notamment supérieur à 121,8 cm³, le volume de l'atrium gauche avec l'auricule gauche, le volume de l'atrium gauche indexé sur la surface corporelle apparaissent comme les plus importants facteurs de risque de récurrence de FA persistante après cryoablation.

Mots-clés : fibrillation atriale persistante, cryoablation, scanner, récurrence, atrium gauche.

ABSTRACT

Objective: To assess the computed tomography (CT) risk factors of persistent atrial fibrillation recurrence after cryoballoon pulmonary vein isolation.

Methods: This retrospective study included all patients who underwent cryoballoon pulmonary vein isolation at Amiens University Hospital between September 2012 and September 2018. A cardiac CT was performed on all patients before procedure and we assessed left atrial volume without left appendage, left appendage volume, left atrial volume with left appendage, left atrial volume indexed on body surface, left atrial volume on left appendage volume ratio, left appendage morphology, left atrial diameter, right ventricle diameter on left ventricle diameter ratio, ring tricuspid diameter, left atrial area, no filling up of left appendage, pulmonary vein anatomy and quantitative coronary artery calcium score.

Results: 278 patients were included between September 2012 and September 2018. The mean follow-up was 38.4 months. 169 patients (61%) experienced recurrence, with a median of 7.00 [3.00; 20.0] months. A multivariate analysis was conducted and found significant predictors of recurrence as increasing of left atrial volume without left appendage HR=1.009[1.005;1.013] p<0.001, left atrial volume with left appendage HR=1.009[1.005;1.012] p<0.001, and left atrial volume indexed on body surface HR=1.014[1.008;1.021] p<0.001. We found a significant cut-off value for recurrence that was increasing of Left atrial volume above 121.8cm³.

Conclusion: This study shows that increasing of left atrial volume without left appendage especially greater than 121,8cm³, left atrial volume with left appendage and left atrial volume indexed on body surface were predictors of atrial fibrillation recurrence.

Keywords: persistent atrial fibrillation, cryoballoon, computed tomography, recurrence, left atrial.