



HAL
open science

Intérêt de l'évaluation des calcifications coronaires au diagnostic d'embolie pulmonaire pour prédire le risque coronarien

Hossam Amarouche

► To cite this version:

Hossam Amarouche. Intérêt de l'évaluation des calcifications coronaires au diagnostic d'embolie pulmonaire pour prédire le risque coronarien. Médecine humaine et pathologie. 2024. dumas-04806272

HAL Id: dumas-04806272

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04806272v1>

Submitted on 27 Nov 2024

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.

U.F.R DE SANTÉ DE ROUEN NORMANDIE

Année 2024

N°

**THÈSE POUR LE
DOCTORAT EN MEDECINE**

(Diplôme d'État)

Par

AMAROUCHE Hossam

Né le 07.02.1995

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 29/10/2024

**INTÉRÊT DE L'ÉVALUATION DES CALCIFICATIONS
CORONAIRES AU DIAGNOSTIC D'EMBOLIE PULMONAIRE POUR
PRÉDIRE LE RISQUE CORONARIEN**

PRÉSIDENT DU JURY : Pr. Ygal BENHAMOU

DIRECTEUR DE THÈSE : Pr. Sébastien MIRANDA

MEMBRES DU JURY : Dr. Julie BURDEAU

Pr. Mathieu SALAÛN

Par délibération en date du 3 mars 1967, la faculté a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbations.

ANNEE UNIVERSITAIRE 2023 - 2024

U.F.R. SANTÉ DE ROUEN

DOYEN : **Professeur Benoît VEBER**

ASSESEURS : **Professeur Loïc FAVENNEC**
Professeur Agnès LIARD
Professeur Guillaume SAVOYE

I - MEDECINE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Najate ACHAMRAH	HCN	Nutrition
Mr Frédéric ANSELME	HCN	Cardiologie
Mme Gisèle APTER	Havre	Pédopsychiatrie
Mme Isabelle AUQUIT AUCKBUR	HCN	Chirurgie plastique
Mr Jean-Marc BASTE	HCN	Chirurgie Thoracique
Mr Fabrice BAUER	HCN	Cardiologie
Mme Soumeya BEKRI	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mr Ygal BENHAMOU	HCN	Médecine interne
Mr Jacques BENICHOU	HCN	Bio statistiques et informatique médicale
Mr Emmanuel BESNIER	HCN	Anesthésiologie - Réanimation
Mr Olivier BOYER	UFR	Immunologie
Mme Valérie BRIDOUX HUYBRECHTS	HCN	Chirurgie Digestive
Mme Sophie CANDON	HCN	Immunologie
Mr François CARON	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Philippe CHASSAGNE	HCN	Médecine interne (gériatrie)

Mr Thomas CLAVIER	HCN	Anesthésie-Réanimation
Mr Florian CLATOT	CB	Cancérologie – Radiothérapie
Mr Moïse COEFFIER	HCN	Nutrition
Mr Vincent COMPERE	HCN	Anesthésiologie et réanimation chirurgicale
Mr Jean-Nicolas CORNU	HCN	Urologie
Mr Antoine CUVELIER	HB	Pneumologie
Mr Jean-Nicolas DACHER	HCN	Radiologie et imagerie médicale
Mr Stéfan DARMONI	HCN	Informatique médicale et techniques de communication
Mr Pierre DECHELOTTE	HCN	Nutrition
Mme Sophie DENEUVE	HCN	ORL
Mr Stéphane DERREY	HCN	Neurochirurgie
Mr Frédéric DI FIORE	CHB	Cancérologie
Mr Fabien DOGUET (<i>disponibilité</i>)	HCN	Chirurgie Cardio Vasculaire
Mr Franck DUJARDIN	HCN	Chirurgie orthopédique - Traumatologique
Mr Fabrice DUPARC	HCN	Anatomie - Chirurgie orthopédique et traumatologique
Mr Eric DURAND	HCN	Cardiologie
Mme Hélène ELTCHANINOFF	HCN	Cardiologie
Mr Manuel ETIENNE	HCN	Maladies infectieuses et tropicales
Mr Jean François GEHANNO	HCN	Médecine et santé au travail
Mr Emmanuel GERARDIN	HCN	Imagerie médicale
Mme Priscille GERARDIN	HCN	Pédopsychiatrie
M. Guillaume GOURCEROL	HCN	Physiologie
Mr Dominique GUERROT	HCN	Néphrologie
Mme Julie GUEUDRY	HCN	Ophtalmologie
Mr Olivier GUILLIN	HCN	Psychiatrie Adultes
Mr Florian GUISIER	HCN	Pneumologie
Mr Claude HOUDAYER	HCN	Génétique
Mr Vivien HEBERT	HCN	Dermatologie
Mr Fabrice JARDIN	CHB	Hématologie
Mr Luc-Marie JOLY	HCN	Médecine d'urgence
Mr Pascal JOLY	HCN	Dermato – Vénérologie
Mme Bouchra LAMIA	Havre	Pneumologie

Mr Hervé LEFEBVRE	HB	Endocrinologie et maladies métaboliques
Mr Thierry LEQUERRE	HCN	Rhumatologie
Mme Anne-Marie LEROI	HCN	Physiologie
Mr Hervé LEVESQUE	HCN	Médecine interne
Mme Agnès LIARD-ZMUDA	HCN	Chirurgie Infantile
Mr Pierre Yves LITZLER	HCN	Chirurgie cardiaque
M. David MALTETE	HCN	Neurologie
M. Florent MARGUET	HCN	Histologie
Mr Christophe MARGUET	HCN	Pédiatrie
Mme Isabelle MARIE	HCN	Médecine interne
Mr Jean-Paul MARIE	HCN	Oto-rhino-laryngologie
Mr Stéphane MARRET	HCN	Pédiatrie
Mme Véronique MERLE (<i>disponibilité</i>)	HCN	Epidémiologie
Mr Pierre MICHEL	HCN	Hépatogastro-entérologie
M. Benoit MISSET (<i>détachement</i>)	HCN	Réanimation Médicale
Mr Marc MURAINÉ	HCN	Ophtalmologie
Mr Gaël NICOLAS	UFR	Génétique
Mr Mourad OULD SLIMANE	HCN	Chirurgie Orthopédique
Mr Christian PFISTER	HCN	Urologie
Mr Jean-Christophe PLANTIER	HCN	Bactériologie - Virologie
Mr Didier PLISSONNIER	HCN	Chirurgie vasculaire
Mr Gaëtan PREVOST	HCN	Endocrinologie
Mr Jean-Christophe RICHARD (<i>détachement</i>)	HCN	Réanimation médicale - Médecine d'urgence
Mr Vincent RICHARD	UFR	Pharmacologie
Mme Nathalie RIVES	HCN	Biologie du développement et de la reproduction
Mr Frédéric ROCA	HCN	Médecine Gériatrique
Mr Horace ROMAN (<i>détachement</i>)	HCN	Gynécologie - Obstétrique
Mr Jean-Christophe SABOURIN	HCN	Anatomie – Pathologie
Mr Mathieu SALAUN	HCN	Pneumologie
Mr Guillaume SAVOYE	HCN	Hépatogastro-entérologie
Mme Céline SAVOYE-COLLET	HCN	Imagerie médicale
Mme Pascale SCHNEIDER	HCN	Pédiatrie

Mr Lilian SCHWARZ	HCN	Chirurgie Viscérale et Digestive
Mme Fabienne TAMION	HCN	Réanimation médicale
Mr Luc THIBERVILLE	HCN	Pneumologie
Mr Sébastien THUREAU	CB	Radiothérapie
M. Gilles TOURNEL	HCN	Médecine Légale
Mr Olivier TROST	HCN	Anatomie -Chirurgie Maxillo-Faciale
Mr Jean-Jacques TUECH	HCN	Chirurgie digestive
Mr Benoît VEBER	HCN	Anesthésiologie - Réanimation chirurgicale
Mr Pierre VERA	CHB	Biophysique et traitement de l'image
Mr Eric VERIN	Les Herbiers	Médecine Physique et de Réadaptation
Mr Eric VERSPYCK	HCN	Gynécologie obstétrique
Mr Olivier VITTECOQ	HCN	Rhumatologie
Mr David WALLON	HCN	Neurologie
Mme Marie-Laure WELTER	HCN	Physiologie

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Elodie ALESSANDRI-GRADT	HCN	Virologie
Mr Kévin ALEXANDRE	HCN	Maladies Infectieuses et Tropicales
Mme Noëlle BARBIER-FREBOURG	HCN	Bactériologie – Virologie
Mme Carole BRASSE LAGNEL	HCN	Biochimie
Mr Gérard BUCHONNET	HCN	Hématologie
Mme Mireille CASTANET	HCN	Pédiatrie
Mr Damien COSTA	HCN	Parasitologie
Mme Ivana DABAJ	HCN	Pédiatrie
Mme Charlotte DESPREZ	HCN	Physiologie
Mr Pierre DECAZES	CB	Médecine Nucléaire
Mr Maxime FONTANILLES	GHH	Oncologie Médicale
M. Vianney GILARD (<i>disponibilité</i>)	HCN	Neurochirurgie
Mr Serge JACQUOT	UFR	Immunologie

Mr Joël LADNER	HCN	Epidémiologie, économie de la santé
Mr Jean-Baptiste LATOUCHE	UFR	Biologie cellulaire
Mme Chloé MELCHIOR	HCN	Hépatogastro-entérologie
M. Sébastien MIRANDA	HCN	Médecine Vasculaire
Mr Thomas MOUREZ (<i>détachement</i>)	HCN	Virologie
Mme Muriel QUILLARD	HCN	Biochimie et biologie moléculaire
Mme Laëtitia ROLLIN	HCN	Médecine du Travail
Mme Maud ROTHARMEL	HCN	Psychiatrie Adultes
Mme Mélanie ROUSSEL	HCN	Médecine d'Urgences
Mme Pascale SAUGIER-VEBER	HCN	Génétique
M. Abdellah TEBANI	HCN	Biochimie et Biologie Moléculaire
Mme Anne-Claire TOBENAS-DUJARDIN	HCN	Anatomie
Mr Julien WILS	HCN	Pharmacologie

PROFESSEUR AGREGÉ OU CERTIFIÉ

Mme Noémie MARIE	UFR	Communication
Mr Thierry WABLE	UFR	Communication
Mme Mélanie AUVRAY-HAMEL	UFR	Anglais
Mme Cécile POTTIER-LE GUELLEC	UFR	Anglais

II - PHARMACIE

PROFESSEURS DES UNIVERSITÉS

Mr Jérémy BELLIEN (PU-PH)	Pharmacologie
Mr Thierry BESSON	Chimie Thérapeutique
Mr Jean COSTENTIN (Professeur émérite)	Pharmacologie
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Abdelhakim EL OMRI	Pharmacognosie

Mr François ESTOUR	Chimie Organique
Mr Loïc FAVENNEC (PU-PH)	Parasitologie
Mr Jean Pierre GOULLE (Professeur émérite)	Toxicologie
Mme Christelle MONTEIL	Toxicologie
Mme Martine PESTEL-CARON (PU-PH)	Microbiologie
Mme Malika SKIBA	Pharmacie galénique
Mr Rémi VARIN (PU-PH)	Pharmacie clinique
Mr Jean-Marie VAUGEUIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

Mme Margueritta AL ZALLOUHA	Toxicologie
Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et Minérale
Mr Paul BILLOIR (MCU-PH)	Hématologie Biologique
Mr Frédéric BOUNOURE	Pharmacie Galénique
Mr Thomas CASTANHEIRO MATIAS	Chimie Organique
Mr Abdeslam CHAGRAOUI	Physiologie
Mme Camille CHARBONNIER (LE CLEZIO) (MCU-PH)	Statistiques
Mme Elizabeth CHOSSON	Botanique
Mme Marie Catherine CONCE-CHEMTOB santé	Législation pharmaceutique et économie de la santé
Mr Romain COPPEE	Bio-Informatique
Mme Cécile CORBIERE	Biochimie
Mme Sandrine DAHOT (MCU-PH)	Bactériologie
Mme Isabelle DUBUC	Pharmacologie
Mr Thomas DUFLOT (MCU-PH)	Pharmacologie
Mr Gilles GARGALA (MCU-PH)	Parasitologie
Mr Henri GONDÉ (MCU-PH)	Pharmacie
Mme Nejla EL GHARBI-HAMZA	Chimie analytique
Mr Chervin HASSEL	Virologie
Mme Maryline LECOINTRE	Physiologie

Mme Hong LU	Biologie
Mme Marine MALLETER	Biologie Cellulaire
M. Jérémie MARTINET (MCU-PH)	Immunologie
Mr Valentin PLATEL	Pharmacologie
M. Romy RAZAKANDRAINIBÉ	Parasitologie
Mme Tiphaine ROGEZ-FLORENT	Chimie analytique
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique

PROFESSEURS ASSOCIES

Mme Caroline BERTOUX	Pharmacie officinale
M. Charles CALTOT	DEUST Pharmacie
Mme Cécile GUERARD-DETUNCQ	Pharmacie officinale
Mme Christine HAIMET-LEROY	DEUST Pharmacie
Mme Lucile LOUIN	DEUST Officine
Mme Stéphanie LAMOUREUX	DEUST Pharmacie
M. Damien SALAUZE	Pharmacie industrielle

PAU-PH

M. Pierre BOHN	Radiopharmacie
M. Mikaël DAOUPHARS	Pharmacie

PROFESSEUR CERTIFIE

Mme Mathilde GUERIN	Anglais
----------------------------	---------

ASSISTANTS HOSPITALO-UNIVERSITAIRES

M. Eric BARAT	Pharmacie
Mme Marine CAVELIER	Pharmacie
M. Guillaume FEUGRAY	Biochimie Générale
M. Romain LEGUILLON	Pharmacie

LISTE DES RESPONSABLES DES DISCIPLINES PHARMACEUTIQUES

Mme Cécile BARBOT	Chimie Générale et minérale
Mr Thierry BESSON	Chimie thérapeutique
Mr Abdeslam CHAGRAOUI	Physiologie
Mme Elisabeth CHOSSON	Botanique
Mme Marie-Catherine CONCE-CHEMTOB	Législation et économie de la santé
Mme Isabelle DUBUS	Biochimie
Mr Abdelhakim EL OMRI	Pharmacognosie
Mr François ESTOUR	Chimie organique
Mr Loïc FAVENNEC	Parasitologie
Mme Christelle MONTEIL	Toxicologie
Mme Martine PESTEL-CARON	Microbiologie
Mr Mohamed SKIBA	Pharmacie galénique
Mr Rémi VARIN	Pharmacie clinique
M. Jean-Marie VAUGEOIS	Pharmacologie
Mr Philippe VERITE	Chimie analytique

III – ODONTOLOGIE

PROFESSEURS DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Rénata **KOZYRAKI**

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES – PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme Anne-Charlotte **BAS**

MAST

Mme Isabelle **FONTANILLES**

Mr Romain **JACQ**

Mr Benjamin **SOMMAIRE**

IV – MEDECINE GENERALE

PROFESSEUR MEDECINE GENERALE

Mr Matthieu **SCHUERS** (PU-MG) UFR Médecine générale

PROFESSEURS ASSOCIES A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTE

Mr Pascal **BOULET** UFR Médecine générale

Mr Emmanuel **HAZARD** UFR Médecine Générale

Mr Emmanuel **LEFEBVRE** UFR Médecine Générale

Mme Lucille **PELLERIN** UFR Médecine Générale

Mme Yveline **SEVRIN** UFR Médecine générale

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE A MI-TEMPS – MEDECINS GENERALISTES

Mme Blandine **BILLET** UFR Médecine Générale

Mr Julien **BOUDIER** UFR Médecine Générale

Mme Laëtitia **BOURDON** UFR Médecine Générale

Mme Elsa **FAGOT-GRIFFIN** UFR Médecine Générale

Mme Ségolène **GUILLEMETTE** UFR Médecine Générale

Mr Frédéric **RENOU** UFR Médecine Générale

Mme Charlotte **SIEFRIDT** UFR Médecine Générale

ENSEIGNANTS MONO-APPARTENANTS

PROFESSEURS

Mr Sahil ADRIOUCH (med) 905)	Biochimie et biologie moléculaire (Unité Inserm 905)
Mr Paul MULDER (phar)	Sciences du Médicament
Mme Su RUAN (med)	Génie Informatique

MAITRES DE CONFERENCES

Mr Jonathan BRETON (med)	Nutrition
Mme Gaëlle BOUGEARD-DENOYELLE (med)	Biochimie et biologie moléculaire (UMR 1079)
Mme Carine CLEREN (med)	Neurosciences (Néovasc)
M. Sylvain FRAINEAU (med)	Physiologie (Inserm U 1096)
Mme Pascaline GAILDRAT (med)	Génétique moléculaire humaine (UMR 1079)
Mme Rachel LETELLIER (med)	Physiologie
Mr Loïc MARTIN	Sciences Rééducation et Réadaptation
Mr Antoine OUVRRARD-PASCAUD (med)	Physiologie (Unité Inserm 1076)
Mr Frédéric PASQUET	Sciences du langage, orthophonie
Mme Anne-Sophie PEZZINO	Orthophonie
Mme Christine RONDANINO (med)	Physiologie de la reproduction
Mr Youssan Var TAN	Immunologie
Mme Isabelle TOURNIER (med)	Biochimie (UMR 1079)

PAU

Mme Léopoldine DEHEINZELIN	Orthophonie
Mme Séverine ROBERT	Orthophonie

DIRECTEUR ADMINISTRATIF : M. Jean-Sébastien VALET

HCN - Hôpital Charles Nicolle

HB - Hôpital de BOIS GUILLAUME

CB - Centre Henri Becquerel

CHS - Centre Hospitalier Spécialisé du Rouvray

CRMPR - Centre Régional de Médecine Physique et de Réadaptation *SJ – Saint Julien Rouen*

Mes remerciements,

À ma mère,

À mon père,

Cette page de remerciement ne suffirait pas,

Vos sacrifices, votre amour inconditionnel et votre soutien tout le long de mon parcours l'ont rendu possible.

À ma femme, pour ton soutien indéfectible, ta patience et ta présence dans toutes mes épreuves, tu m'as accompagné et je ne t'en remercierai jamais assez.

À mes beaux-parents, pour leur soutien durant toutes ces années, qui ont tout fait pour faciliter mon parcours.

À ma famille, mes frères, mes amis,

À mes collègues, co-internes et au personnel paramédical,

Aux médecins rencontrés dans mon cursus dans les différents services que j'ai pu découvrir, à l'équipe de la clinique Mathilde,

Merci pour votre présence, votre soutien, vos conseils, vos enseignements et votre bienveillance qui m'ont permis d'être le médecin que je suis aujourd'hui.

À mes professeurs,

Au Pr Miranda pour sa bienveillance, ses enseignements, sa disponibilité et son aide apportée à ce travail, du début jusqu'aux derniers détails.

Au Pr Benhamou, pour son apprentissage, sa pédagogie et à l'honneur qu'il me fait de présider ce jury.

Aux membres du jury, au Dr Burdeau, au Pr Salun, pour l'honneur qu'ils me font de juger la qualité de ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

I.	INTRODUCTION	18
A.	ÉPIDEMIOLOGIE DES MALADIES CARDIO-VASCULAIRES	18
B.	ÉVALUATION DU RISQUE CARDIO-VASCULAIRE EN PREVENTION PRIMAIRE	18
C.	LIEN EPIDEMIOLOGIQUE ENTRE EMBOLIE PULMONAIRE ET EVENEMENT CORONARIEN	20
D.	SCORE CALCIQUE : INTERET ET MODALITE DE REALISATION	21
E.	IMPLICATION CLINIQUE DU SCORE CALCIQUE : ETAT DES LIEUX DES RECOMMANDATIONS	22
F.	ÉVALUATION SEMI-QUANTITATIVE DES CALCIFICATIONS CORONAIRES COMME ALTERNATIVE AU SCORE CALCIQUE : REVUE DE LA LITTERATURE ET PERSPECTIVES.	26
II.	OBJECTIF DE NOTRE ETUDE	28
III.	MATÉRIEL ET MÉTHODES	29
A.	DESIGN ET POPULATION D'ETUDE	29
1.	<i>CRITÈRES D'INCLUSIONS</i>	30
2.	<i>CRITÈRES D'EXCLUSIONS</i>	30
B.	RECUEIL DES DONNEES	30
C.	SUIVI DES PATIENTS	31
D.	SCORE DE CALCIFICATION CORONAIRE VISUEL	32
1.	<i>Score visuel analogique de notre étude</i>	32
2.	<i>Modalités pratiques et évaluation inter-opérateurs</i>	35
E.	CRITERES DE JUGEMENTS	35
1.	<i>Critère de jugement principal</i>	35
2.	<i>Recueil du critère de jugement principal</i>	35
3.	<i>Critères de jugement secondaires</i>	35
F.	ANALYSE STATISTIQUE	36
IV.	RESULTATS	37
A.	CARACTERISTIQUES DE LA POPULATION	37
B.	SCORE VCAC DANS NOTRE POPULATION	42
C.	ÉVÈNEMENTS CORONARIENS	44
D.	DETAILS DES EVENEMENTS CORONARIENS	46
E.	FACTEURS ASSOCIES A LA SURVENUE D'UN EVENEMENT CORONARIEN	47
V.	DISCUSSION	50
A.	VALIDITE INTERNE ET CHOIX METHODOLOGIQUE	50
1.	<i>Score visuel semi-quantitatif dans la littérature : justification du score utilisé dans notre étude</i>	50
2.	<i>Reproductibilité inter-opérateur</i>	54
3.	<i>Choix du critère de jugement principal : survie sans évènement coronarien</i>	54
B.	VALIDITE EXTERNE : PRINCIPAUX RESULTATS ET CONFRONTATION A LA LITTERATURE	55
1.	<i>Incidence des évènements coronariens</i>	55
2.	<i>Association entre calcifications coronaires et évènement coronarien</i>	55
3.	<i>Association entre élévation de troponine et évènement coronarien</i>	56
4.	<i>Âge et évènement coronarien</i>	57
C.	IMPLICATIONS CLINIQUES ET PERSPECTIVES	57
1.	<i>Identifier une population à risque d'évènement coronarien majeur</i>	57
D.	FORCES ET LIMITES DE NOTRE ETUDE	60
VI.	CONCLUSION	62
VII.	RÉFÉRENCES	63
VIII.	RÉSUMÉ	68

I. INTRODUCTION

A. Épidémiologie des maladies cardio-vasculaires

La maladie cardiovasculaire est la première cause de décès au niveau mondial. D'après les statistiques de l'organisation mondiale de la santé (OMS), 17,9 millions de personnes sont mortes de maladies cardiovasculaires en 2019, soit 32 % des décès dans le monde cette même année. Cela représente 330 millions d'années de vie perdues et 35,6 millions d'années en état d'invalidité (1). Parmi ces décès, 85 % étaient dus aux infarctus du myocarde (IDM) ou aux accidents vasculaires cérébraux (AVC).

Si historiquement la maladie cardio-vasculaire était considérée comme une maladie plutôt masculine, le paradigme a changé, notamment en France où la maladie cardio-vasculaire est devenue la première cause de mortalité chez la femme (2).

B. Évaluation du risque cardio-vasculaire en prévention primaire

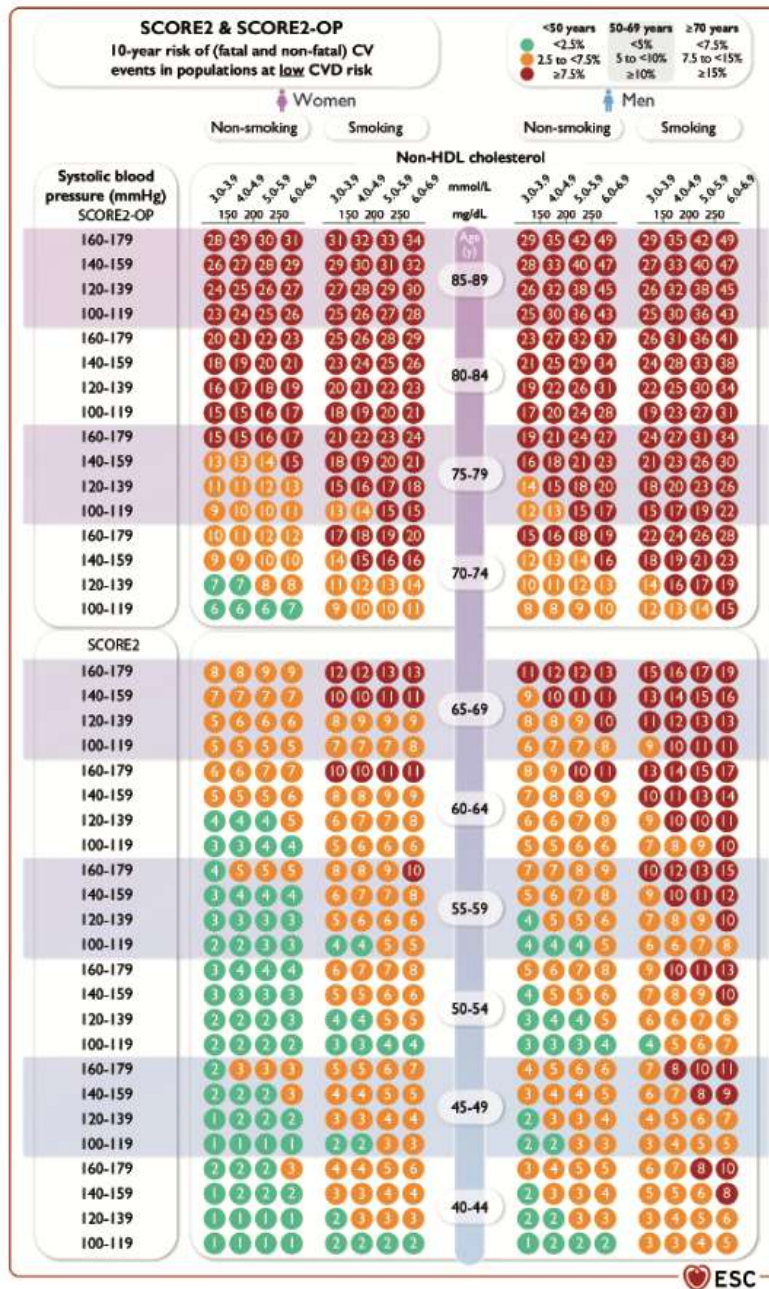
De grandes études de cohorte comme la cohorte de la *Framingham Heart Study* (3) ou l'étude *INTERHEART Study* (4) ont permis d'identifier plus précisément les facteurs de risque des maladies cardiovasculaires. Cela a permis de changer le paradigme de prise en charge du patient vers une médecine qui se veut plus préventive.

L'association des règles hygiéno-diététiques et du contrôle des facteurs de risque cardiovasculaires est efficace pour diminuer le risque d'événement cardio-vasculaire lors de la phase infraclinique de la maladie (5).

Ces mesures préventives sont conditionnées par une estimation du risque cardiovasculaire chez le patient sain. Des études de cohorte ont permis l'élaboration d'échelle de risque telle que le *SCORE 2* et le *SCORE 2-OP* (6).

Figure 1

Figure 1 : SCORE 2 et SCORE 2-OP de l'ESC 2021



Ces échelles ont pour objectif d'estimer la probabilité d'un premier événement cardiovasculaire à 10 ans selon des facteurs de risque définis tels que le sexe, l'âge, le taux de cholestérol non-HDL, la pression artérielle et le tabagisme actif. Ces scores présentent néanmoins des limites dans la prédiction du risque cardiovasculaire individuel et personnalisé.

Les recommandations cardiologiques récentes comme celles de l'ESC 2021 (7) intègrent la notion de modificateur de risque. Ainsi, les calcifications coronariennes visualisées par un scanner et quantifiées par un score sont un témoin des lésions d'athéroscléroses. En pratique clinique, il permet de reclasser les patients à risque intermédiaire de premier événement cardiovasculaire à dix ans vers un risque faible ou élevé selon le score obtenu (8). Selon l'estimation du risque obtenu avec ces échelles, le praticien peut moduler sa prise en charge, avec des possibilités d'introduction de traitement ou d'intensification des thérapeutiques.

C. Lien épidémiologique entre embolie pulmonaire et évènement coronarien

Il a été démontré dans la littérature, un lien important entre la survenue d'un épisode thrombo-embolique veineux type embolie pulmonaire et un surrisque cardiovasculaire au décours. Une étude de *Wei-Ting Chang and al.* parue dans le journal de *l'American Heart Association* (9) souligne un surrisque d'évènement cardiovasculaire maximal la première année et qui persiste jusqu'à dix ans. Ce surrisque cardiovasculaire est accentué lorsque l'évènement embolie pulmonaire est considéré non provoqué comme l'a montré une méta-analyse de 17 études, publiée dans *Thrombosis and Haemostasis* (10), qui a estimé une incidence 1,87 fois plus importante quand l'embolie pulmonaire était non provoquée par rapport à des embolies pulmonaires provoquées. Ce surrisque d'évènement thrombotique artériel après une embolie pulmonaire non provoquée touchait plus spécifiquement les femmes et les hommes jeunes (11).

Les évènements cardiovasculaires décrits dans ce contexte étaient essentiellement des infarctus du myocarde. Une grande cohorte épidémiologique danoise (12) a montré sur 20 ans de suivi que les 16925 patients qui avaient développé une embolie pulmonaire non provoquée avaient un risque relatif d'évènement coronarien augmenté la première année par rapport à une population contrôle de 163 566 patients. Ce risque était augmenté de 20 à 40% sur un suivi de 20 ans.

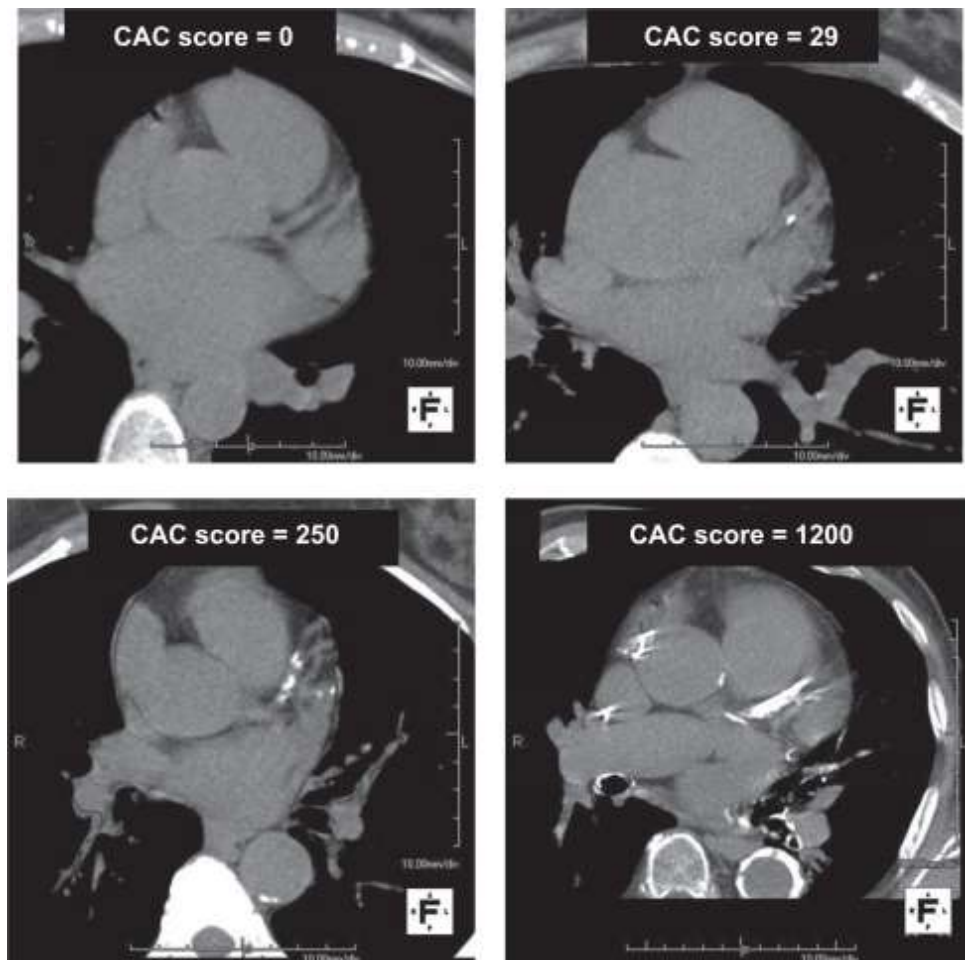
La physiopathologie de cette association bien que toujours discutée, repose d'une part sur le fait qu'elle partage certains facteurs de risque communs tel que l'obésité (13). Certains auteurs comme *Orsi and al.* (14) ont ainsi suggéré que les statines pouvaient avoir un bénéfice sur le risque thrombotique veineux. D'autre part, il a été démontré que les embolies pulmonaires entraînaient une augmentation du travail du myocarde qui était responsable d'un déséquilibre entre les besoins en oxygène et les apports des cellules musculaires pouvant décompenser une ischémie coronarienne silencieuse (15).

D. Score calcique : intérêt et modalité de réalisation

Pour détecter au mieux les patients à risque de premier évènement cardiovasculaire, outre les échelles de score de risque, l'imagerie peut se révéler être un outil efficace. Parmi les outils existants en prévention primaire figure le score calcique.

Concernant sa réalisation en pratique, le score calcique est élaboré à partir d'un scanner cardiaque non injecté avec une acquisition centrée sur la zone myocardique. Il évalue la présence de calcifications coronaires épicaudiques de façon semi-automatique par un logiciel de post-traitement développé par *Agatston et al.* (16). Le score calcique développé par Agatston utilise comme méthode la mesure de la masse volumique. Il est calculé par un logiciel spécifique qui prend en compte le volume et la densité de la plaque calcifiée, site par site. La somme des scores de toutes les plaques constitue le score calcique (17). Le score obtenu est comparé à des abaques issus d'une population témoin du même âge et du même sexe, issus de la cohorte MESA (18). Il nécessite des paramètres de machine spécifiques, une acquisition en apnée, et une synchronisation de l'imagerie à l'ECG pour obtenir des reconstructions d'images précises.

Figure 2 : Différents niveaux de score calcique, calculé par la méthode d'Agatston



(19)

E. Implication clinique du score calcique : état des lieux des recommandations

Les informations apportées par l'évaluation des calcifications coronaires peuvent être un outil renforçant l'adhérence au traitement et aux règles hygiéno-diététiques. Lorsque le score calcique est bien expliqué, il peut renforcer l'adhérence du patient aux traitements et aux règles hygiéno-diététiques comme le souligne une méta-analyse de 15 études (20). L'analyse combinée de plusieurs grandes études prospectives évaluant le score calcique coronaire (CAC) a conduit au consensus qu'un score > 400 témoigne d'un risque cardiovasculaire élevé chez des patients asymptomatiques en prévention primaire (21).

L'utilisation des informations apportées par le score calcique diffère selon les recommandations des différentes sociétés savantes. Un travail de *Golub et Al. (22)* « *Major global coronary artery calcium guidelines* », fait l'état des lieux des recommandations sur l'utilisation en pratique clinique du score calcique, selon les pays et les différentes sociétés savantes.

Les recommandations de différentes sociétés se recoupent sur l'indication du score calcique : il est indiqué à partir de 40 ans, chez le patient asymptomatique ayant un SCORE de risque intermédiaire. Les recommandations concernant la prise en charge clinique à adopter en fonction du score calcique varient globalement d'un pays à un autre.

- Aux États-Unis, au Canada, et au Royaume-Uni, le score calcique est utilisé pour guider l'allocation de statines chez les patients à risque cardiovasculaire intermédiaire.
- En Europe, en Australie, il sert à stratifier le risque cardiovasculaire, particulièrement chez les patients atteints de diabète, présentant des antécédents familiaux particuliers.
- En Chine, le score calcique coronaire oriente l'indication d'un traitement anti-agrégant plaquettaire.
- Au Japon, le score calcique sert d'outil pronostic pour les patients à risque cardiovasculaire intermédiaire à élevé.

Aux États-Unis, la NLA (*National Lipid Association*) (23) et la SCCT (*Society of Cardiovascular Computed Tomography*) recommandent l'introduction d'un traitement par statine, avec ou sans aspirine associé, pour les patients ayant un score calcique supérieur à 100. À l'inverse, ils recommandent de ne pas introduire de thérapeutique lorsque le score est de 0. L'USPSTF (*U.S Preventive Services Task Force*) (24), quant à elle, conclut qu'il n'existe pas suffisamment de preuves pour recommander l'ajout du score calcique à l'évaluation du risque cardiovasculaire chez le patient asymptomatique.

Figure 3 : Résumé des recommandations existantes au niveau mondial sur le score calcique

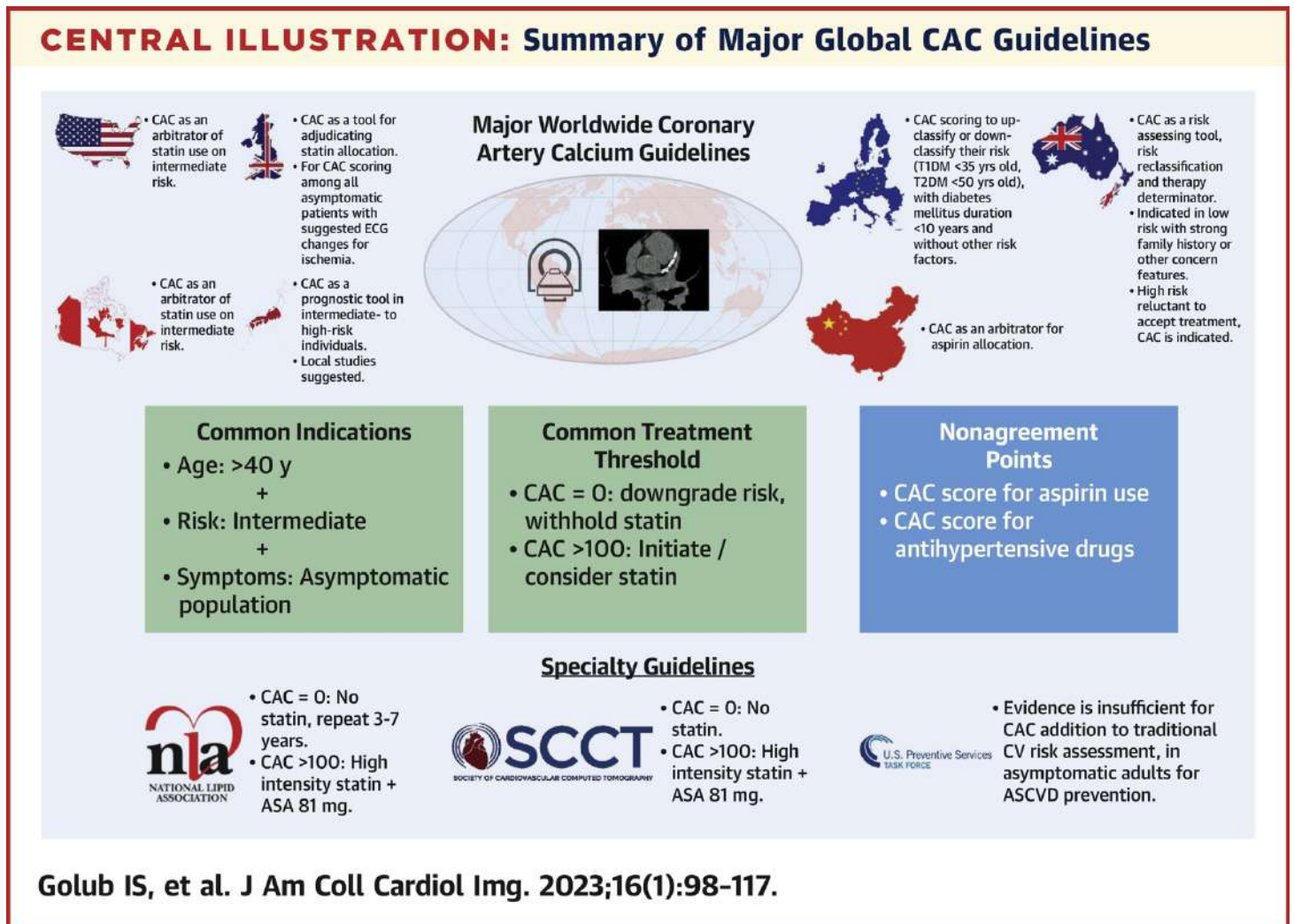


Figure 4 : Résumé des recommandations existantes selon les pays et les sociétés savantes

TABLE 1 Global CAC Guidelines Summary Table	
Guideline	Summary
Country guidelines	
United States	CAC as an arbitrator of statin use on intermediate risk.
Canada	CAC as an arbitrator of statin use on intermediate risk.
United Kingdom	CAC as a tool for adjudicating statin allocation. For CAC scoring among all asymptomatic patients with suggested ECG changes for ischemia.
Europe	CAC scoring to up-classify or down-classify their risk (type 1 DM <35 years of age, type 2 DM <50 years of age), with DM duration <10 y and without other risk factors.
Australia	CAC as a risk-assessing tool, risk reclassification and therapy determinator. Indicated in low risk with strong family history or other concern features. High risk reluctant to accept treatment, CAC is indicated.
China	CAC as an arbitrator for aspirin allocation.
Japan	CAC as a prognostic tool in intermediate- to high-risk individuals. Local studies suggested.
Specialty guidelines	
NLA	CAC = 0: no statin, repeat 3-7 y. CAC >100: high-intensity statin + ASA 81 mg.
SCCT	CAC = 0: no statin. CAC >100: high-intensity statin + ASA 81 mg.
USPSTF	Evidence is insufficient for CAC addition to traditional CV risk assessment, in asymptomatic adults for ASCVD prevention.
<p>This table indicates key points for CAC screening, per each country and specialty guideline reviewed.</p> <p>ASA = acetylsalicylic acid; ASCVD = atherosclerotic cardiovascular disease; CAC = coronary artery calcium; CV = cardiovascular; DM = diabetes mellitus; ECG = electrocardiography; NLA = National Lipid Association; SCCT = Society of Cardiovascular Computed Tomography; USPSTF = U.S. Preventive Services Task Force.</p>	

F. Évaluation semi-quantitative des calcifications coronaires comme alternative au score calcique : revue de la littérature et perspectives.

Certaines études médico-économiques, comme celles de *Mark J.Pletch et al. (25)*, ont suggéré qu'il pourrait être moins coûteux pour les systèmes de soins d'encourager la prescription d'une statine en prévention primaire, selon certains critères, que de prescrire un examen d'imagerie pour décider d'une stratégie thérapeutique.

En effet, dans les systèmes de santé occidentaux, le poids du remboursement des examens d'imagerie est de plus en plus conséquent. La disponibilité de certains examens d'imagerie, pour lesquelles les délais d'attente conséquents peuvent freiner la prescription est également une problématique auxquelles sont confrontés les professionnels de santé.

Il se pose alors la question de pouvoir utiliser des examens d'imagerie déjà réalisés pour une autre indication pour récupérer des informations pertinentes pour le clinicien. Plusieurs études ont évalué la possibilité de faire une évaluation des calcifications coronaires sur des angioscanners thoraciques de manière visuelle, sans utilisation de logiciel de post-traitement, avec une bonne corrélation au score calcique usuel d'*Agatston (26)*. Ces scores visuels ayant une bonne prédictivité sur le risque cardiovasculaire comme démontré dans l'étude de *Joseph Shemesh et al. (27)*.

La SCCT (*Society of Cardiovascular Computed Tomography*) et la STR (*Society of Thoracic Radiology*) ont publié conjointement des recommandations en 2016 (28) sur la manière de décrire les calcifications coronariennes découvertes fortuitement sur des scanners thoraciques. Les recommandations américaines de La SCCT et la STR indiquent que les calcifications coronaires doivent être vérifiées et décrites dans le compte rendu sur tous les scanners thoraciques non injectés (recommandation de classe I). Elles soulignent également qu'elles peuvent être calculées et stratifiées (absente, peu présente, modéré, sévère) en utilisant une évaluation ordinale (recommandation de classe IIa).

Il se pose donc la question d'évaluer les calcifications coronaires sur des scanners thoraciques réalisés pour d'autres indications, notamment sur des angioscanners thoraciques réalisés initialement pour confirmer un diagnostic d'embolie pulmonaire. Ce rationnel prend

d'autant plus sens lorsque l'on sait le lien épidémiologique établi entre l'embolie pulmonaire et les évènements coronariens au décours.

Certaines études comme celle de *Johnson and al.* (29) soulignent le sous-diagnostic des calcifications coronaires sur les angioscanners réalisés pour des suspicions d'embolie pulmonaire. Plus intéressant encore, elles soulignent une corrélation entre la présence de calcifications coronaires non décrites au préalable sur les angioscanners thoraciques et la survenue d'infarctus du myocarde au décours.

Figure 5 : Sténose de l'artère interventriculaire antérieure chez le même patient : comparaison du scanner cardiaque et la coronarographie



(30)

II. Objectif de notre étude

L'objectif principal de notre étude était de déterminer si le score calcique semi-quantitatif, mesuré sur l'angioscanner initial, était prédictif de la survenue d'un évènement coronarien après une hospitalisation pour une embolie pulmonaire non grave.

Les objectifs secondaires étaient de :

- déterminer si l'élévation de la troponine initiale était prédictive de la survenue d'un évènement coronarien
- déterminer si l'association de la troponine et du score calcique était prédictive d'un évènement coronarien
- étudier les facteurs de risque de développer un évènement coronarien au décours d'une embolie pulmonaire.

III. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Design et population d'étude

Cette étude a été menée à partir des patients inclus dans la cohorte prospective coMTEV (N°2018/352/OB) monocentrique dans laquelle sont inclus tous les patients hospitalisés dans le service de médecine interne pour un épisode de thrombose veineuse profonde ou d'embolie pulmonaire aiguë.

Il s'agissait d'une étude de cohorte rétrospective monocentrique réalisée dans le service de médecine interne vasculaire et thrombose du CHU de Rouen. La période d'inclusion était de 4 ans et 5 mois (5 Mai 2019 au 10 Octobre 2023) à partir des dossiers d'hospitalisations du service.

Les patients inclus devaient avoir les caractéristiques suivantes : avoir eu un diagnostic d'embolie pulmonaire confirmé par un angioscanner spiralé, être majeur au moment du diagnostic d'embolie pulmonaire, avoir eu une embolie pulmonaire de risque faible, intermédiaire faible ou intermédiaire élevé selon les recommandations ESC 2019. Les patients devaient être hospitalisés dans le service de médecine interne vasculaire et thrombose pour la prise en charge de leur embolie pulmonaire.

Les patients étaient exclus si : l'embolie pulmonaire était de gravité élevée au diagnostic, si l'embolie pulmonaire était diagnostiquée par un autre examen qu'un angioscanner thoracique. Les patients étaient exclus s'il n'y avait aucune donnée de suivi disponible, s'il décédait dans les 6 mois d'une cause non cardio-vasculaire, si l'angioscanner n'était pas récupérable ou non interprétable. Enfin, les patients traités par une procédure de stenting coronarien dans les 6 mois précédant l'embolie pulmonaire étaient également exclus.

Tableau 1 : Critères d'inclusions et d'exclusions

<p style="text-align: center;">1. CRITÈRES D'INCLUSIONS</p> <ul style="list-style-type: none">• Diagnostic d'embolie pulmonaire réalisé par un angioscanner spiralé• Âge \geq 18 ans au moment du diagnostic d'embolie pulmonaire• Embolie pulmonaire de risque faible, intermédiaire faible ou intermédiaire élevé selon la classification sPESI• Hospitalisation dans le service de médecine interne pour la prise en charge de l'embolie pulmonaire
<p style="text-align: center;">2. CRITÈRES D'EXCLUSIONS</p> <ul style="list-style-type: none">• Embolie pulmonaire considérée grave au diagnostic selon la classification sPESI• Angioscanner non réalisé pour le diagnostic d'embolie pulmonaire• Décès précoce < 6 mois de cause non cardiovasculaire• Absence de suivi à 1 an• Angioscanner non récupérable ou non interprétable• Procédure de stenting coronarien dans les 6 derniers mois

B. Recueil des données

Les données recueillies pour chaque patient inclus comportaient des données : anthropométriques (âge, poids, taille, IMC), les antécédents médicaux dont les facteurs de risque cardiovasculaires, les caractéristiques de l'épisode INDEX d'embolie pulmonaire : date de l'embolie pulmonaire, latéralité du thrombus, facteurs pronostiques (troponine, sPESI, diamètre VD/VG). Ils ont été recueillis de manière rétrospective sur les comptes-rendus d'hospitalisations des patients sur le logiciel CDP-2.

Les angioscanners thoraciques ont été recueillis et analysés sur le PACS (*Picture Archiving and Communication System*) du CHU de Rouen via le logiciel Carestream.

Tableau 2 : Données recueillies

<p>Données recueillies pour chaque patient :</p> <ul style="list-style-type: none">- Âge- Sexe- IMC (poids, taille)- Facteurs de risque cardiovasculaires : tabac, HTA, HCT, diabète, SAOS)- Antécédent d'évènement cardiovasculaires (IDM, AVC, AOMI)- Fibrillation atriale- Comorbidités oncologiques
<p>Données recueillies pour chaque évènement :</p> <ul style="list-style-type: none">- date de l'embolie pulmonaire- date de la dernière consultation médicale de suivi- caractéristiques de l'embolie pulmonaire<ul style="list-style-type: none">• Diagnostic associé (EP seule, EP associée à une TVP, provoquée ou non)• Score sPESI• D-dimères• Troponine• Dilatation VD/VG

C. Suivi des patients

Le recueil des évènements coronariens a été réalisé par différentes modalités : par appel direct du patient, appel du médecin traitant, recueil de la consultation de suivi MTEV (maladie thrombo-embolique veineuse) des patients, compte-rendu d'hospitalisation ou de consultation en cardiologie au CHU de Rouen dans l'année suivant l'hospitalisation pour embolie pulmonaire.

D. Score de calcification coronaire visuel

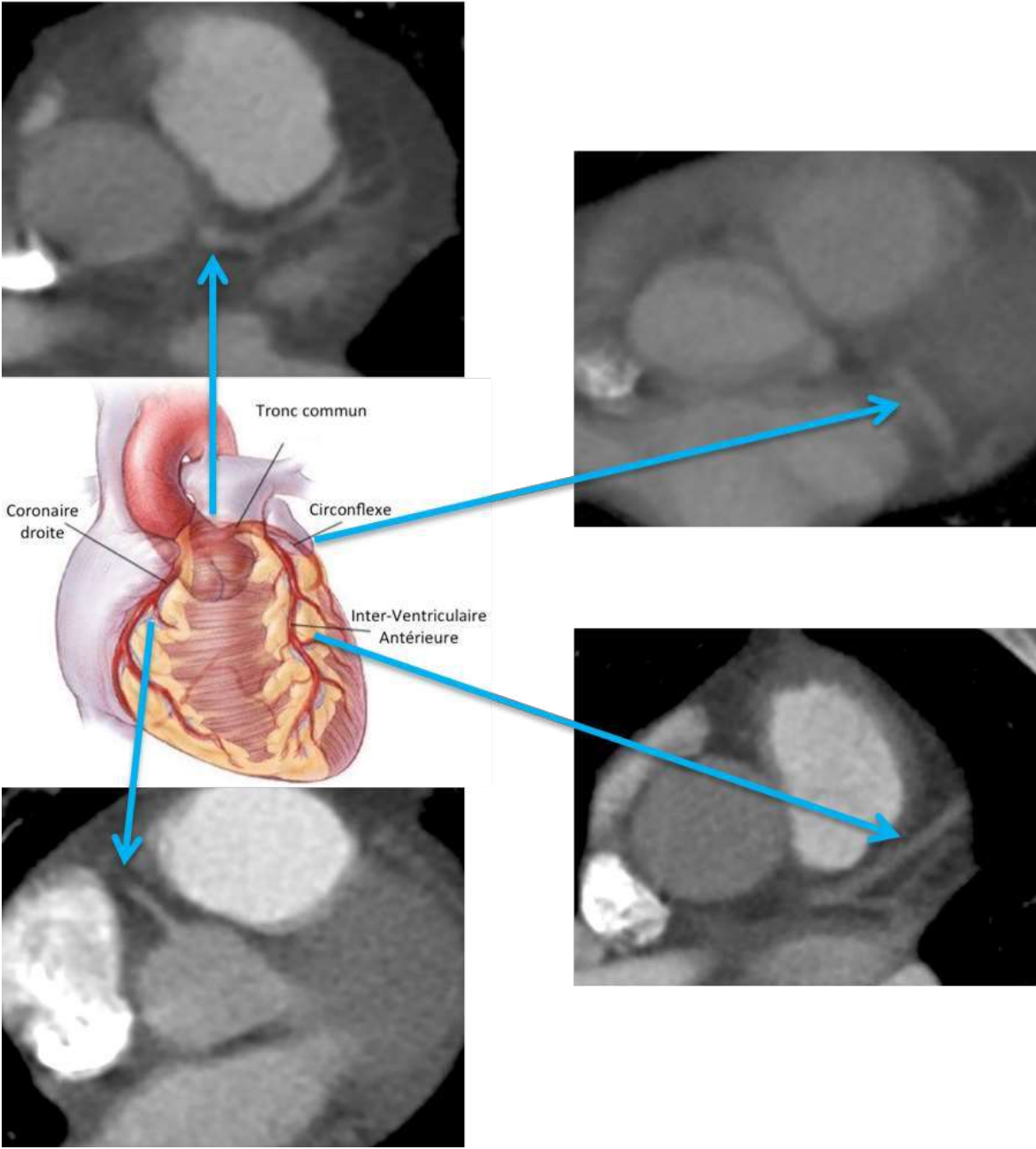
1. Score visuel analogique de notre étude

Dans cette étude nous avons utilisé un score de calcification coronaire semi-quantitatif (VCAC) Il consiste à coter 0 ou 1 selon la présence ou non de calcifications sur les artères coronaires. Les artères suivantes ont été analysées :

Artère coronaire droite (CD)	1
Artère circonflexe (CX)	1
Artère interventriculaire antérieure (IVA)	1
Tronc commun (TC)	1

La valeur maximale du score était de 4, la valeur minimale était de 0 en l'absence de calcifications visibles.

Figure 6 : Anatomie des artères coronaires sur coupe d'angioscanner thoracique injectée



(31)

Figure 7 : Calcification coronaire sur l'artère inter-ventriculaire antérieure

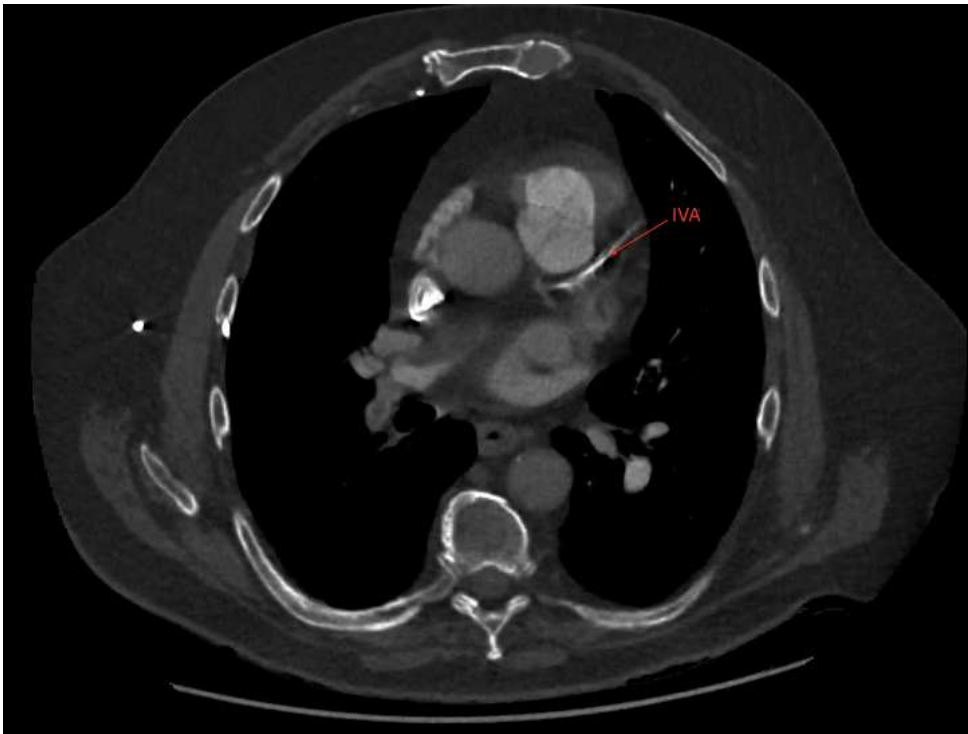
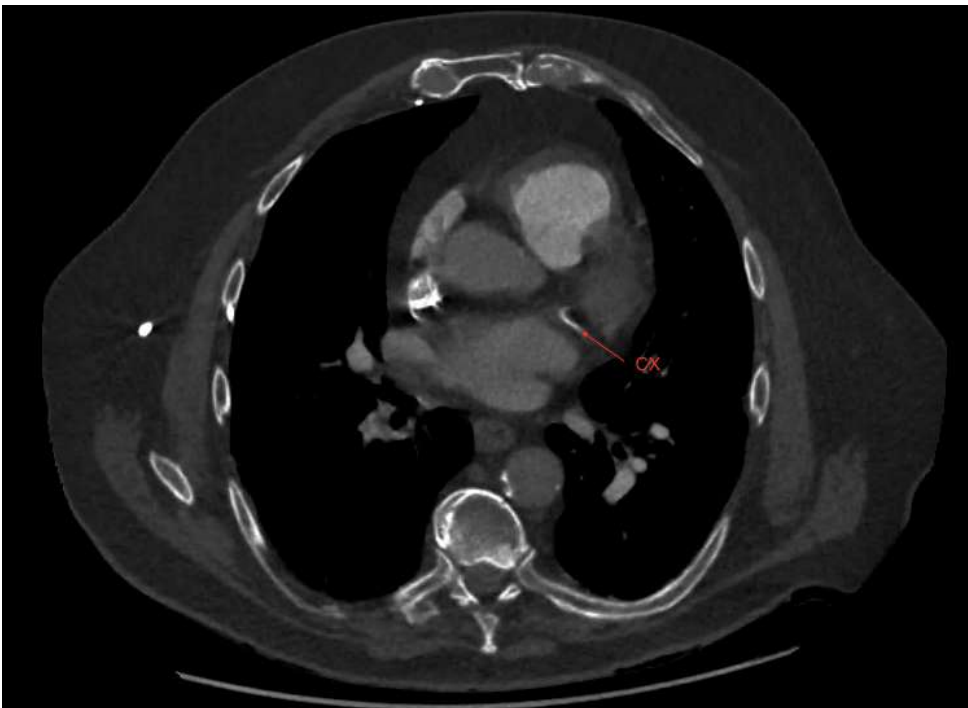


Figure 8 : Calcification coronaire sur l'artère circonflexe



2. Modalités pratiques et évaluation inter-opérateurs

Le score de calcification coronaire visuel a été réalisé de manière rétrospective sur les angioscanners thoraciques réalisés pour le diagnostic d'embolie pulmonaire. Il a été pensé pour avoir un reflet facilement accessible en pratique clinique de la charge athéromateuse au niveau des artères coronaires.

L'évaluation de ce score visuel analogique a été réalisée en double aveugle pour les 40 premiers patients avec l'aide d'une cardiologue spécialisée en imagerie cardiaque avec une variabilité inter-opérateurs jugée satisfaisante sur 35 patients sur 40 (85 %).

E. Critères de jugements

1. Critère de jugement principal

Le critère de jugement principal choisi est la survenue d'un événement coronarien après une embolie pulmonaire. Les coronarographies diagnostiques, ayant donné lieu à un geste de revascularisation, ont été pris en compte dans les événements coronariens.

2. Recueil du critère de jugement principal

Il a été recueilli par le biais des comptes rendus de consultation lors du suivi de la maladie thrombo-embolique veineuse sur le logiciel CDP2. Pour les patients n'ayant pas eu de consultation de suivi, il a été recueilli par appel du médecin traitant ou par appel direct du patient si dossier non consultable.

3. Critères de jugement secondaires

Les objectifs secondaires étaient de :

- déterminer si l'élévation de la troponine initiale était prédictive de la survenue d'un événement coronarien au décours de l'embolie pulmonaire.
- déterminer si l'association de la troponine et du score calcique était prédictive d'un événement coronarien au décours de l'embolie pulmonaire.
- étudier les facteurs de risque de développer un événement coronarien au décours d'une embolie pulmonaire.

F. Analyse statistique

Pour l'analyse descriptive de la population, les variables qualitatives ont été exprimées en valeur absolue et en pourcentage (%), tandis que les variables quantitatives ont été analysées par le calcul de la moyenne et la dispersion des données évaluée par la mesure de l'écart-type (σ).

La durée de survie sans évènement en fonction des calcifications coronaires était déterminée par la méthode de Kaplan-Meier et les données comparées en utilisant un modèle de Cox. L'estimation de durée moyenne de survenue de l'évènement a été estimée à partir des courbes de survie de Kaplan-Meier.

L'identification des facteurs prédictifs d'évènement coronarien était réalisée en testant chaque variable d'intérêt dans un modèle de risque proportionnel de Cox univarié. Les facteurs favorisant statistiquement significatifs en analyse univariée avec une p value $< 0,2$ étaient inclus dans un second temps dans un modèle de régression de Cox multivarié, afin d'ajuster le risque sur de possibles facteurs de confusion.

Les résultats étaient présentés en P value (p) et Hazard Ratio (HR) avec intervalles de confiance à 95 % (IC 95 %).

Un risque alpha de 5 % a été considéré, soit un seuil de significativité $p < 0,05$.

IV. RESULTATS

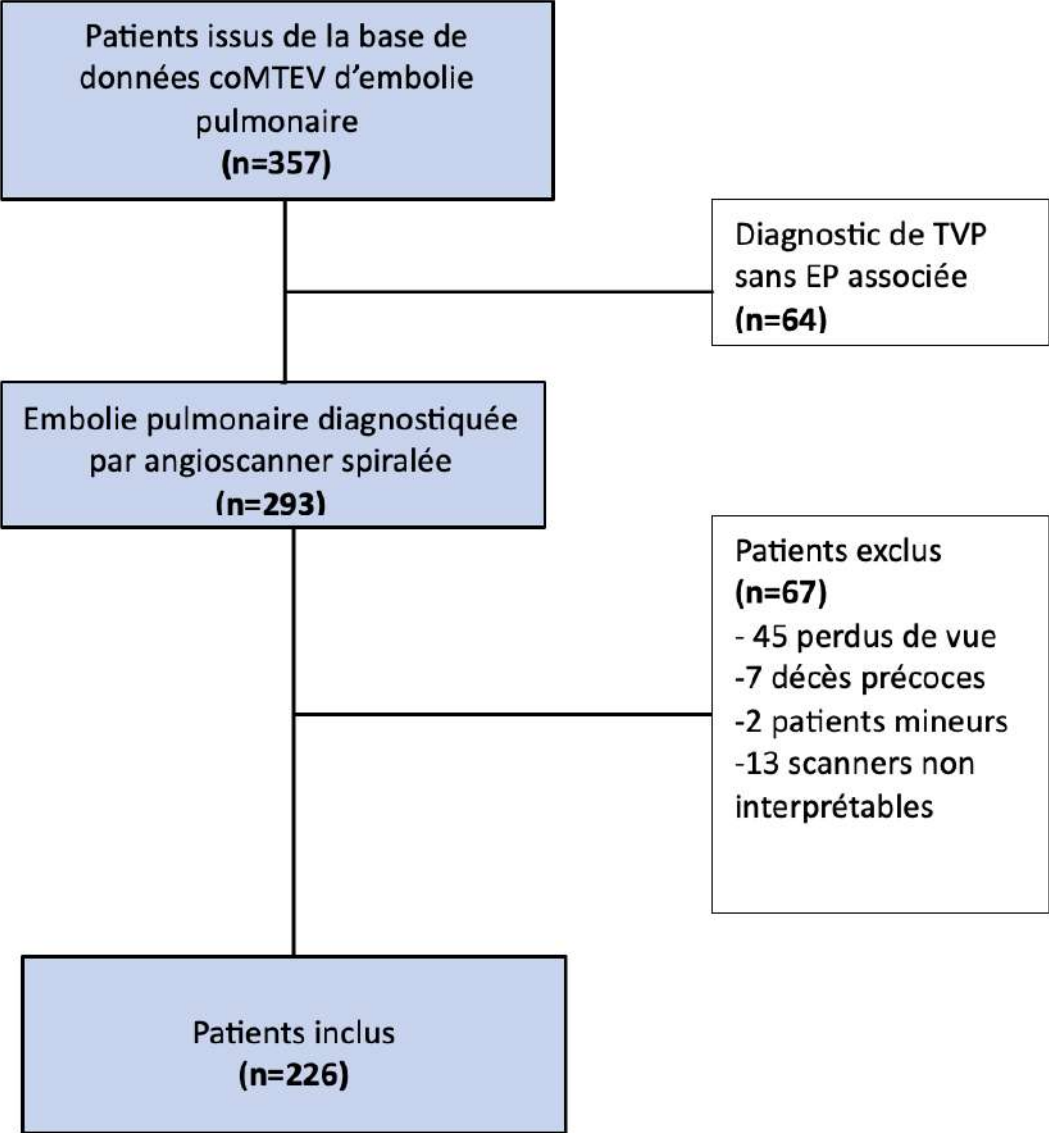
A. Caractéristiques de la population

La base de données recueillie dans le service comprenait initialement 357 patients hospitalisés pour la prise en charge d'un événement thrombo-embolique veineux.

62 patients (17,3 %) ont été exclus pour cause de diagnostic de thrombose veineuse profonde sans embolie pulmonaire associée. 293 patients avaient un diagnostic d'embolie pulmonaire confirmé par angioscanner spiralé et pris en charge dans le service de médecine interne vasculaire et thrombose au CHU de Rouen entre Mai 2019 et novembre 2023.

67 patients (22,8 %) ont été exclus de l'analyse. Parmi eux, 45 patients (15,3 %) ont été exclus du fait de l'absence de toute information disponible après 6 mois dans le suivi. 7 patients sont décédés du fait d'une pathologie intercurrente grave, 2 patients étaient mineurs et enfin 13 patients (5,7 %) avaient un angio-TDM à partir duquel les calcifications coronaires n'étaient pas interprétables. La raison principale était la présence d'artefacts à l'imagerie en rapport avec des mouvements du patient, la non-synchronisation à l'EKG, du matériel métallique ou des stents coronariens déjà en place.

Figure 9 : Flow-chart



La population comprenait 226 individus (tableau 3). La répartition par sexe était équitable avec 116 femmes (51,3 %) et 110 hommes (48,7 %). L'âge moyen des participants était de 69 ans, avec une amplitude allant de 22 à 96 ans. La majorité des individus, soit 161 personnes (71,2 %), avaient plus de 50 ans au moment de leur épisode thrombo-embolique. L'indice de masse corporelle (IMC) moyen était de 29,77, avec des valeurs extrêmes de 17,6 à 48,6. Concernant les facteurs de risque cardiovasculaires, 88 (38,9%) souffraient d'hypertension artérielle, 59 (26,1 %) avaient une hypercholestérolémie, 28 (12,4 %) étaient atteints de diabète de type II, et 72 (31,9 %) étaient des fumeurs. En termes de poids, 122 personnes (68,5 %) étaient en surpoids, et 80 (41,3 %) souffraient d'obésité. De plus, 18 individus (8 %) avaient un syndrome d'apnée obstructive du sommeil (SAOS). Parmi les antécédents cardiovasculaires, 51 personnes (23 %) avaient des antécédents de maladies cardiovasculaires toutes causes confondues dont 22 (9,8 %) étaient un AVC, 19 (8,8 %) une cardiopathie ischémique et 10 (4,4 %) étaient atteintes d'une artériopathie oblitérante des membres inférieurs (AOMI).

Concernant les caractéristiques de l'embolie pulmonaire, 57 individus (25,2 %) avaient eu des pulmonaires de gravité faible, 102 (45,1 %) de gravité intermédiaire faible, 44 (18,7 %) de gravité intermédiaire élevée. 42 (18,6 %) avaient une dilatation du ventricule droit/gauche (VD/VG) et 82 (36,4 %) avaient une élévation de la troponine.

Tableau 3 : Caractéristiques de la population

Variable	Population
	N = 226
Suivi en mois (+/- semaines)	24,9 (+/- 2,4)
Sexe	
- Femme (%)	116 (51,3%)
- Homme (%)	110 (48,7%)
Âge moyen (extrêmes)	69 ans (22 – 96)
Âge supérieur à 50 ans (%)	161 (71,2%)
IMC moyen (extrêmes)	29,77 (17,6 – 48,6)
Facteurs de risque cardio-vasculaires :	
- HTA (%)	88 (38,9)
- Hypercholestérolémie (%)	59 (26,1)
- Diabète de type II (%)	28 (12,4)
- Tabac (%)	72 (31,9)
- Surpoids (%)	122 (68,5)
- Obésité (%)	80 (41,3)
- SAOS (%)	18 (8)
Antécédents cardiovasculaires	
- Toutes causes (%)	51 (23)
- AVC (%)	22 (9,8)
- Cardiopathie ischémique (%)	19 (8,8)
- AOMI (%)	10 (4,4)
- Fibrillation atriale (%)	17 (7,5)

Caractéristiques de l'événement thrombotique	
EP risque faible (%)	57 (25,2)
EP risque intermédiaire faible (%)	102 (45,1)
EP risque intermédiaire haute (%)	42 (18,6)
EP risque élevée (%)	2 (0,9)
Dilatation VD / VG	42 (18,5)
Anomalie du bilan biologique lors de l'événement thrombotique	
Élévation de troponine (%)	82 (36,4)
Moyenne troponine (extrêmes)	67,7 (18 – 288)
D-dimères (extrêmes)	4186 (306 – 21500)

B. Score VCAC dans notre population

L'évaluation visuelle semi-quantitative des calcifications des artères coronaires a été réalisée chez les 226 patients de notre population.

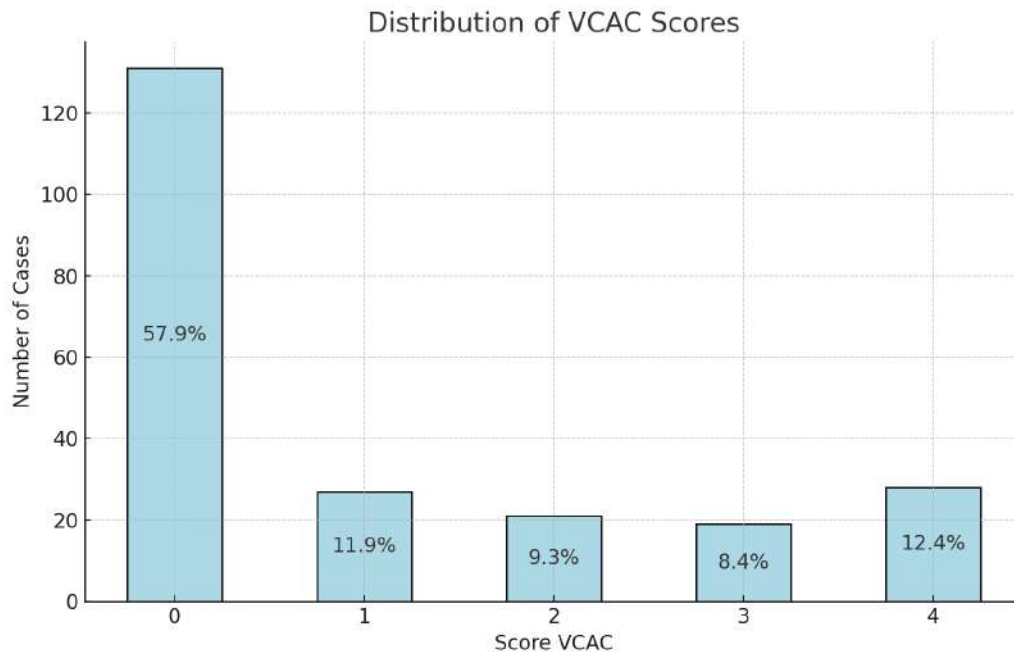
131 (57,9 %) n'avaient aucune calcification retrouvée sur les artères coronaires suivantes : coronaire droite, tronc commun, artère inter-ventriculaire antérieure et artère circonflexe. On retrouve 27 patients (11,9 %) qui avaient un score à 1 (signifiant une des 4 artères coronaires avec une calcification).

21 patients (9,3 %) avaient un score à 2 : (2 artères calcifiées sur les 4 atteintes). 19 patients (8,4 %) avaient un score à 3 (3 artères sur 4 calcifiées). Enfin, 28 patients (12,4 %) avaient les 4 artères coronaires atteintes par des calcifications.

Tableau 4 : Distribution du SCORE VCAC

Score VCAC	N = 226 (%)
Score VCAC = 0	131 (57,9)
Score VCAC = 1	27 (11,9)
Score VCAC = 2	21 (9,3)
Score VCAC = 3	19 (8,4)
Score VCAC = 4	28 (12,4)

Figure 10 : Distribution du score VCAC



De façon logique, les scores de calcifications coronaires augmentaient avec l'âge (tableau 5).

Tableau 5 : Âge moyen selon le score VCAC

Score VCAC	Âge Moyen	N	Écart Type
0	56.3	131	17.538
1	69.85	27	9.033
2	75.89	21	9.286
3	78.76	17	7.102
4	78.31	28	5.992
Total	63.77	226	17.38

C. Évènements coronariens

Dans cette cohorte, 10 patients ont développé un évènement coronarien dans les suites d'une embolie pulmonaire avec une moyenne de 221,7 jours et une médiane de 30 jours pour la survenue de l'évènement. Pour 7 d'entre eux les évènements sont survenus précocement dans les 3 mois qui ont suivi l'embolie pulmonaire. Le score VCAC moyen des patients qui ont fait un évènement coronarien était significativement plus élevé : 2.8 ± 0.51 vs 0.89 ± 0.09 ($p < 0.001$) par rapport à ceux n'ayant pas subi d'évènement cardiovasculaire (groupe codé par 0).

Figure 11 : Comparaison du score calcique moyen entre les patients avec évènement coronarien (CORO+) versus pas d'évènement coronarien (CORO-) avec test T de student $p < 0.001$

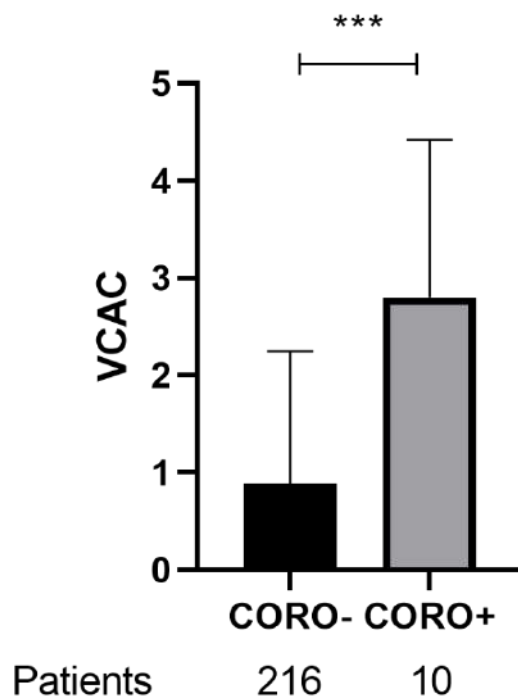
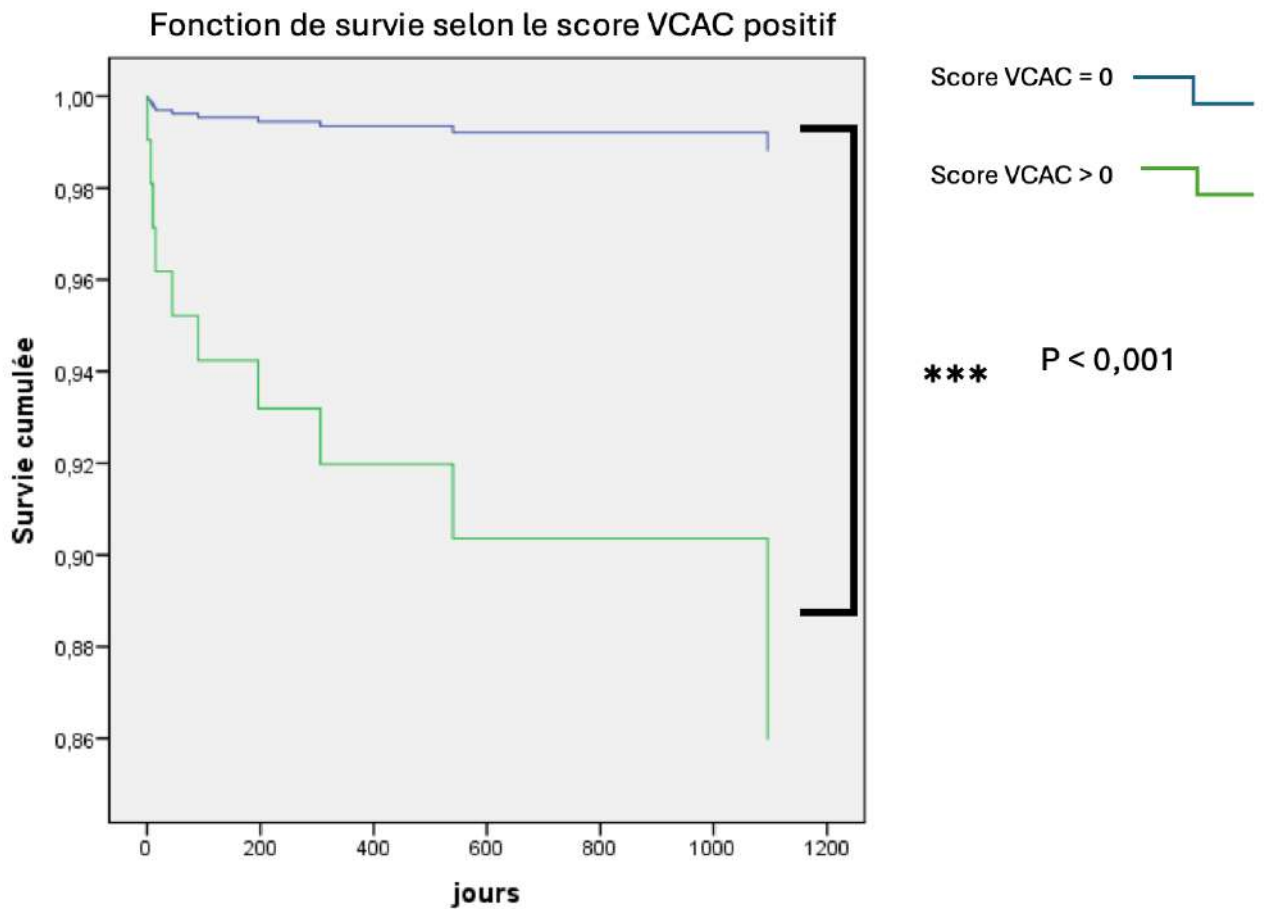


Figure 12 : Survie sans évènement coronarien (Kaplan Meyer) après une embolie pulmonaire en fonction du score VCAC (=0 vs ≥ 1). **HR = 12,7** : 95%IC (1,6 – 100,8) **p < 0,001**



Parmi les 137 patients avec un score VCAC = 0, un seul évènement cardiovasculaire a été observé. À l'inverse, parmi les 89 patients ayant un score VCAC supérieur ≥ 1 , 9 évènements cardiovasculaires ont été recensés pendant une moyenne de suivi de 770 jours. Ainsi, la présence d'un score VCAC ≥ 1 était associée à un risque d'évènement coronarien de **RR 1.69** [1.20-2.38] **p < 0.001** (Figure 13).

Afin de confirmer cette association entre score VCAC et évènement coronarien, une analyse de survie a été réalisée selon le modèle de COX. Cette analyse confirme une association statistiquement significative entre la présence de calcifications coronaires (score VCAC > 0) et la survenue d'un évènement coronarien dans les suites d'une embolie pulmonaire : au risque 95% on trouve un Hazard ratio égal à **12.8** [1.61-100.8] (**p < 0.001**) (Figure 12).

D. Détail des évènements coronariens

Il y a eu au total 10 évènements coronariens post-embolie pulmonaire. Parmi ces évènements coronariens, il y a eu 9 infarctus du myocarde et 1 coronarographie diagnostique avec stenting au décours.

Tableau 6 : Caractéristiques des évènements coronariens

n°	VD/VG > 1	Troponine élevée	NT-proBNP élevé	Délai évènement (Jours)	Score sPESI	FDR CV :	ATCD AVC ou AIT	ATCD CORONARIEN	Score VCAC
1	1	oui	oui	306	Int-élevé	0	0	0	4
2	0	oui	oui	15	Int-faible	1	0	0	1
3	1	oui	oui	11	Int-élevé	4	0	1	4
4	0	oui	oui	90	Int-faible	1	1	0	1
5	0	oui	non	6	Int-faible	3	0	0	4
6	0	oui	oui	45	Int-faible	1	0	0	4
7	0	non	oui	8	Int-faible	2	0	0	0
8	0	oui	non	540	Int-faible	1	0	1	4
9	0	non	non	1095	Faible	3	0	1	4
10	0	oui	non	1	Int-faible	2	0	1	2

E. Facteurs associés à la survenue d'un évènement coronarien

Les facteurs associés à l'apparition d'un évènement coronarien ont été recherchés (tableau 6). Nous avons retrouvé en analyse univariée de COX que le sexe masculin (**HR= 4.8** [1.03-23.22] ; **p=0.045**), l'élévation de la troponine (**HR = 8,64** [1.82-40.87] ; **p=0.002**), les antécédents coronariens (**HR = 9.01** [2.54-31.92] ; **p=0.003**) et un score calcique > 4 (**HR =12,28** [3.45-43,69] ; **p<0.001**) étaient associés à la survenue d'un évènement coronarien dans les suites d'une embolie pulmonaire. Tous les évènements coronariens sont survenus dans le groupe des patients de plus de 50 ans sans atteindre le seuil de significativité.

Nous avons proposé un modèle d'analyse multivariée de selon le modèle de COX incluant les variables significativement associées à la survenue d'un évènement coronarien. Nous avons également inclus l'âge supérieur à 50 ans car il était cliniquement pertinent. Dans ce modèle nous avons choisi d'inclure la donnée score calcique > 0. Cette régression logistique ne permet pas d'individualiser de variables associées de façon indépendante au risque coronarien avec cependant une tendance pour l'élévation de la troponine et pour le score calcique > 0. (Tableau 7).

A partir de ces informations ainsi que de la notion que tous les évènements sont survenus chez les patients âgés de plus de 50 ans, nous avons proposé un algorithme décisionnel pour identifier les patients les plus à risque (figure 14). Nous avons retrouvé que la valeur prédictive positive de cet algorithme était de 13.8% et la valeur prédictive négative de l'algorithme était de 99%.

Tableau 7 : Facteurs associés aux évènements coronariens

	N	Évènement cardio-vasculaire	Pas d'évènement cardio-vasculaire	P
Age > 50 ans	161	10	151	0.184
Sexe masculin	110	8	102	0.128
ATCD coronarien	19	6	14	<0.001
Cancer	10	1	9	0.371
Troponine élevée	82	9	73	<0.002
Dyslipidémie	59	4	55	0.333
Tabac	72	5	67	0.107
HTA	88	4	84	1
Diabète de type II	28	2	26	0.406
Score calcique > 0	82	9	73	<0.001
Score calcique = 1	27	3	24	//
Score calcique = 2	18	1	17	//
Score calcique = 3	17	0	17	//
Score calcique = 4	20	6	26	<0.001
VD / VG > 1	31	3	28	0.179

Tableau 8 : Analyse multivariée selon la méthode de Cox (variables inclus $p < 0.2$)

	HR (95% IC)	P
Sexe	3.81 (0.76-19.15)	0.10
Antécédents cardio-vasculaires	1.9 (0.47-7.91)	0.36
Score calcique = 0	8.7 (0.83-92.59)	0.072
Élévation de la troponine	5.27(0.85-32.53)	0.073

Figure 13 : Répartition des évènements coronariens

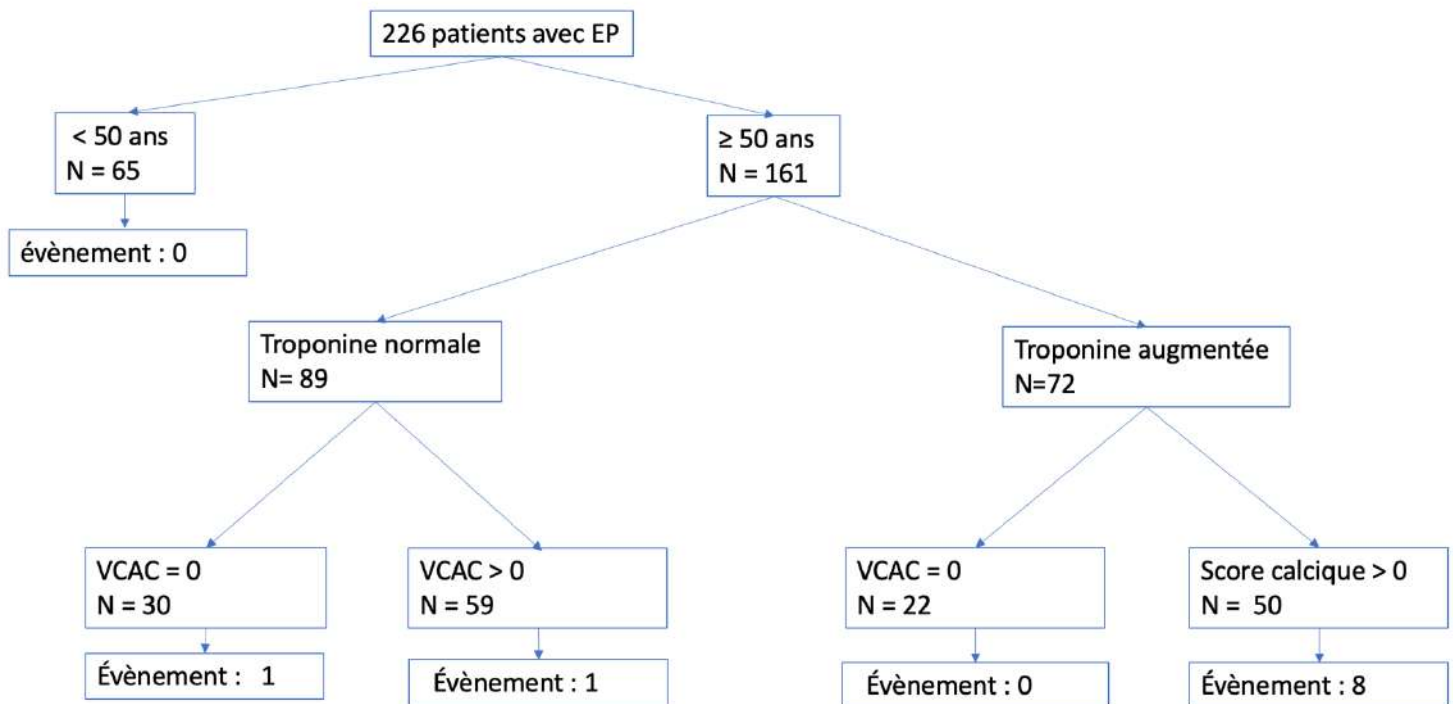


Tableau 9 : Performance diagnostique du score après tableau de contingence de la figure 14

Performance	Valeur	95% - IC
Sensibilité	0,80	0,69 – 0,96
Spécificité	0,78	0,72 – 0,83
Valeur prédictive positive	0,14	0,07 – 0,25
Valeur prédictive négative	0,99	0,96 – 0,99

V. DISCUSSION

Dans cette étude, nous avons montré qu'il était possible d'évaluer par un test semi-quantitatif simple, la présence des calcifications coronaires sur les angio-TDM réalisés pour le diagnostic d'embolie pulmonaire. En effet, seuls 13 patients ont été exclus de notre étude du fait de l'impossibilité de quantifier les calcifications coronaires. Ensuite, nous avons montré que 4.42% des patients hospitalisés pour une EP non grave avaient développé un évènement coronarien majeur, ayant nécessité un geste de revascularisation ou un traitement médical spécifique. Pour 7 d'entre eux, l'évènement coronarien est survenu dans les 3 premiers mois, ce qui laisse suggérer que le dépistage de l'ischémie coronarienne aurait pu être réalisé au moment du diagnostic de l'embolie pulmonaire.

A. Validité interne et choix méthodologique

1. Score visuel semi-quantitatif dans la littérature : justification du score utilisé dans notre étude.

Il existe un surrisque artériel, notamment coronarien, au décours de la survenue d'une embolie pulmonaire (32). Dans la mesure où l'évaluation de l'athérosclérose coronaire par le score calcique d'Agatston a démontré d'excellentes performances, notamment en termes de valeur prédictive négative, comme l'a illustré l'étude de *Budoff and al.* (33), il paraissait intéressant d'évaluer l'intérêt de l'évaluation des calcifications coronaires sur des angioscanners thoraciques pour dépister les patients coronariens.

L'évaluation visuelle ordinale des calcifications coronaires sur des scanners thoraciques réalisés pour d'autres indications et sans logiciel de post-traitement a déjà montré des performances intéressantes en termes de sensibilité et de spécificité en comparaison avec le score calcique d'Agatston pour dépister l'athérosclérose infraclinique et prédire les évènements cardiovasculaires (34).

Ainsi, les recommandations américaines de La SCCT et la STR indiquent que les calcifications coronaires devaient être vérifiées et décrites dans le compte rendu sur tous les scanners thoraciques non injectés (recommandation de classe I). Elles soulignent également qu'elles peuvent être calculées et stratifiées (absente, peu présente, modérée, sévère) en utilisant une évaluation ordinaire (recommandation de classe IIa).

Plusieurs scores ont été développés avec une bonne valeur prédictive positive sur le risque cardiovasculaire. Un score visuel analogique a été développé par *Shemesh et al.* (27) et repris dans l'étude de *Parmede Vakil et al.* (35): une étude s'intéressant à la valeur prédictive des calcifications coronaires sur des angioscanners réalisés pour le diagnostic d'embolie pulmonaire aux urgences.

Un score similaire a été repris dans les recommandations de La SCCT (*The Society of Cardiovascular Computed Tomography*) et la STR (*Society of Thoracic Radiology*) permettant aux radiologues de quantifier les calcifications coronaires diagnostiquées sur des scanners thoraciques.

Ce score cote quatre artères coronaires principales : le tronc commun (TC), l'interventriculaire antérieure (IVA), l'artère circonflexe (CX), la coronaire droite (CD). Pour chacune de ces artères on cote la valeur : 0, 1, 2, ou 3 en fonction de la présence ou non de calcifications.

- 0 si absence

- 1 si calcifications légères (moins d'un tiers de l'artère présente des calcifications),

- 2 (modérés : entre un tiers et deux-tiers)

- 3 (sévéres : si plus de deux-tiers de l'artère présente des calcifications)

Le score allant ainsi de 0 à 12.

Figure 14 : Recommandations de la SCCT/STR sur le scoring des calcifications coronaires sur les scanners thoraciques

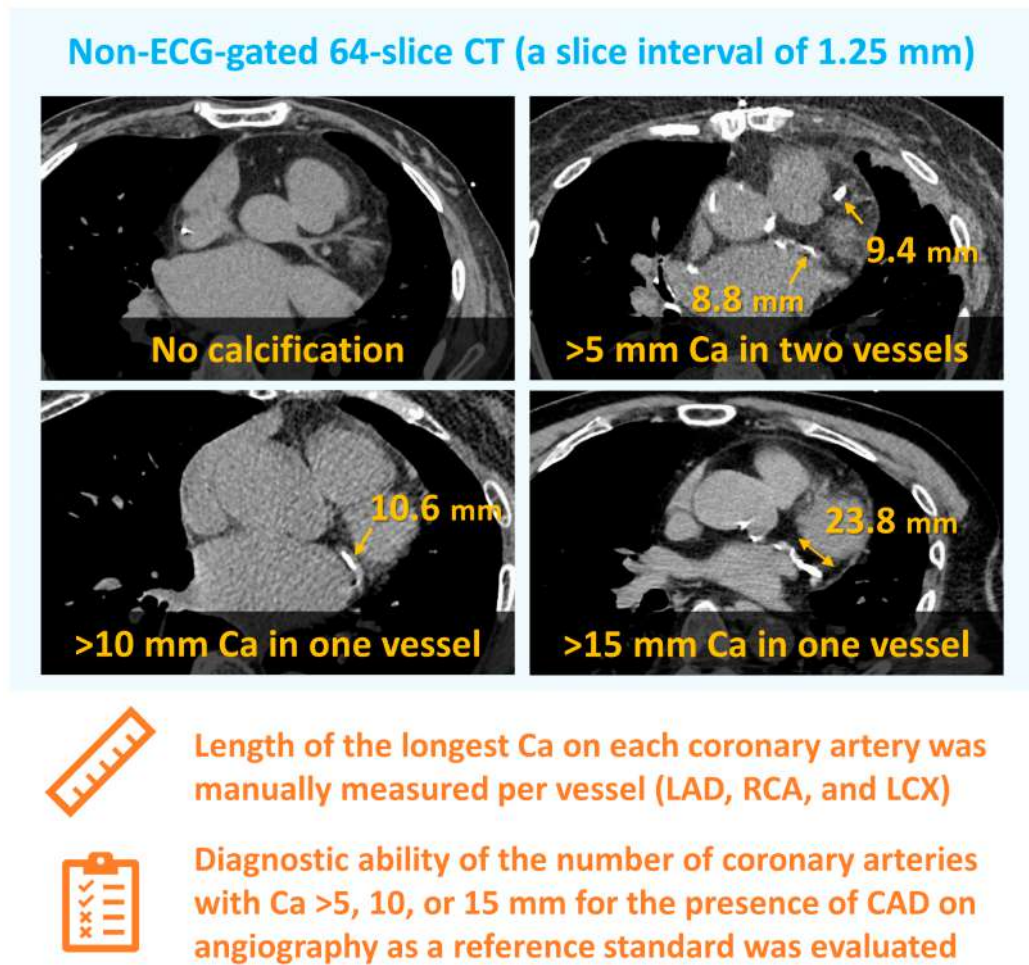
Table 6

Coronary artery calcium score reports for noncontrast CT examinations.

Total:	Percentile:	LM:	LAD:	LCx:	RCA:
A. Coronary Artery Calcium Gated and Nongated Agatston score					
Score	Risk				
0	very low				
1–99	mildly increased				
100–299	moderately increased				
≥300	moderate to severely increased				
Total:	LM:	LAD:	LCx:	RCA:	
B. Coronary Artery Calcium Ordinal Score (0–12)					
Score	Risk				
0	very low				
1–3	mild to moderately increased				
4–12	moderate to severely increased				
C. Coronary Artery Calcium Ordinal Score (0–30):					
Score	Risk				
0	very low				
1–5	mildly increased				
6–11	moderately increased				
12–30	moderate to severely increased				
D. Coronary Artery Calcium Visual Score:					
Score	Risk				
None	very low				
Mild	mildly increased				
Moderate	moderately increased				
Severe	moderate to severely increased				

Une étude de *Watanabe et al.* (36) s'est intéressée à un score d'évaluation des calcifications coronaires pondéré sur la longueur d'artère atteinte. Le score est réalisé de manière manuelle, sans logiciel de post-traitement.

Figure 15 : Méthode de scoring des calcifications coronaires basées sur la longueur d'artère atteinte



(36)

Ca, calcium; CAD, coronary artery disease; LAD, left anterior descending coronary artery; LCX, left circumflex artery; RCA, right coronary artery.

Il a été initialement discuté d'utiliser un score visuel avec pondération comme les scores énoncés précédemment. Ces scores pourraient être plus discriminants, cependant nous avons fait le choix d'utiliser un score simple utilisable en pratique clinique par des cliniciens non spécialisés en imagerie cardiaque.

Il s'agit donc d'un score ordinal allant de 0 à 4. Il consiste à coter 0 ou 1 selon la présence ou non de calcifications sur les artères coronaires suivantes : artère coronaire droite (CD), artère circonflexe (CX), artère interventriculaire antérieure (IVA), tronc commun (TC).

2. Reproductibilité inter-opérateur

Afin de vérifier la reproductibilité du score et d'effectuer un apprentissage du médecin qui a interprété les angio-TDM nous avons réalisé une analyse en double aveugle sur les 40 premiers examens. Le taux de concordance était de 85 % dans cette évaluation et témoigne donc de la reproductibilité de la méthode utilisée. Sur les 293 angioscanners thoraciques de patients ayant eu un diagnostic d'embolie pulmonaire avant l'inclusion, seuls 13 n'étaient pas interprétables. Les causes étaient essentiellement des artefacts de mouvement rendant difficiles l'interprétation des artères coronaires. Au total, seulement 5.7% des angio-TDM des patients inclus n'ont pas pu être interprétés ce qui témoigne de la faisabilité du score en pratique clinique.

3. Choix du critère de jugement principal : survie sans évènement coronarien

La plupart des études qui se sont intéressées aux calcifications coronaires dans l'embolie pulmonaire ont utilisé comme critère de jugement la mortalité comme *Heidinger and al.* dans une étude publiée dans *l'European Journal of Radiology* (37). Nous avons choisi comme critère principal de jugement les évènements coronariens car la cohorte à partir de laquelle notre étude a été effectuée inclut spécifiquement les patients hospitalisés dans un service conventionnel de médecine dont la mortalité était faible. Ainsi, les patients hospitalisés pour des embolies pulmonaires graves, dont le pronostic vital est engagé à court terme n'étaient pas inclus, ce qui peut expliquer le très haut niveau de mortalité retrouvé dans l'étude de *Heidinger* estimé à 8.8% à 30 jours.

De ce fait, à la différence de ces études, nous avons tenté d'identifier les patients qui avaient une maladie coronarienne à risque et pas l'impact des calcifications coronaires sur la mortalité de l'embolie pulmonaire à court terme.

B. Validité externe : principaux résultats et confrontation à la littérature

1. Incidence des évènements coronariens

Nous avons retrouvé un taux d'évènement coronarien de 5 % après une embolie pulmonaire ce qui est concordant avec les données de la littérature. *Blaha and al.* (38) retrouvait dans son étude une incidence de 8,5 % en utilisant un score ordinal et de 8,7 % avec le score calcique d'Agatston.

Notre population d'étude est une population de patients hospitalisés ayant fait une embolie pulmonaire non grave selon la classification sPESI. L'âge moyen des patients était de 69 ans ce qui est similaire aux données de la littérature retrouvées dans les grands registres épidémiologiques de la maladie thrombo-embolique veineuse. Le registre RIETE (39) retrouvait par exemple un âge moyen de 67 ans.

2. Association entre calcifications coronaires et évènement coronarien

Dans notre étude, nous avons retrouvé une association significative entre la présence de calcifications coronaires au diagnostic de l'embolie pulmonaire et la survenue d'évènements coronariens. Parmi les évènements coronariens, un seul a été recensé chez un patient sans calcification coronaire visible à l'angioscanner. Cet évènement est survenu à 8 jours de l'embolie pulmonaire.

Ces résultats sont concordants avec les données de la littérature. En effet, il a été montré que l'évaluation des calcifications coronaires permet d'être prédictif du risque coronarien après une embolie pulmonaire sur des examens imagerie non cardiaques. Ainsi, *Connor Johnson et al.* (40) a montré dans une étude s'intéressant aux calcifications coronaires non reportées sur des angioscanners thoraciques, une association significative entre la présence de calcifications et les évènements coronariens aigus au décours.

Dans le même sens, une étude de *Jacobs and al.* (41) a été réalisée, s'intéressant aux performances de la mesure des calcifications coronaires sur les scanners thoraciques réalisés pour le dépistage du cancer du poumon aux Etats-Unis.

Cette étude a conforté l'idée que le scoring des calcifications coronaires pouvait être utilisé comme facteur prédictif de la mortalité toutes causes et de la survenue d'évènements cardiovasculaires.

Ces études ont été confortées par les recommandations de l'ACCR/STR (28) sur la description des artères coronaires sur les scanners thoraciques non injectés.

3. Association entre élévation de troponine et évènement coronarien

Dans notre étude l'élévation de la troponine au diagnostic était associée à un risque d'évènement coronarien après une embolie pulmonaire. Cette donnée est concordante avec plusieurs études cliniques qui ont montré que l'élévation de la troponine dans des situations médicales ou chirurgicales aiguës était associée à une mortalité plus importante (42).

Cette élévation de troponine serait le témoin d'une cardiopathie ischémique infraclinique. Dans le cas particulier de l'embolie pulmonaire, la troponine a une valeur pronostique puisqu'elle est témoin d'une souffrance myocardique en rapport avec l'augmentation de la consommation d'oxygène par le ventricule droit soumis à un régime de pression anormalement élevé. Les recommandations de l'ESC 2019 (43) ont ainsi stratifié la gravité de l'embolie pulmonaire par le retentissement cardiaque de celle-ci. Ce retentissement est évalué par la présence d'une dilatation du ventricule droit et d'une élévation de la troponine.

Toutefois, on peut s'intéresser au rationnel physiopathologique de l'élévation de troponine isolée sans dilatation du ventricule droit. Cette élévation pourrait être liée à une souffrance myocardique en rapport avec une coronaropathie préexistante. Cependant, dans notre étude, les patients qui avaient une élévation de la troponine sans dilatation du ventricule droit n'avaient pas un risque significatif de développer un évènement coronarien dans le suivi. La faible puissance de notre étude ne permet toutefois pas d'exclure cette hypothèse.

4. Âge et évènement coronarien

Dans notre étude, aucun évènement coronarien n'a été recensé chez les patients âgés de 50 ans et moins. Cependant, la faible représentation de cette classe d'âge dans notre étude n'a pas permis de confirmer statistiquement ce résultat. Dans l'étude de *Williams*, l'âge était un facteur indépendant de mortalité avec un suivi de plus de 3 ans. Il était toutefois logique de retrouver l'âge associé à la mortalité dans cette étude. Nous avons utilisé le seuil de 50 ans car il est reconnu que les calcifications coronaires sont rares dans cette tranche d'âge, l'utilisation du score calcique n'étant d'ailleurs pas recommandé dans cette population, en dehors du diabétique de type 1. Parmi les 65 patients âgés de moins de 50 ans, seuls 8 avaient des calcifications coronaires. L'impact de ces calcifications dans cette population spécifique mériterait d'être étudié sur un échantillon de plus grande envergure.

C. Implications cliniques et perspectives

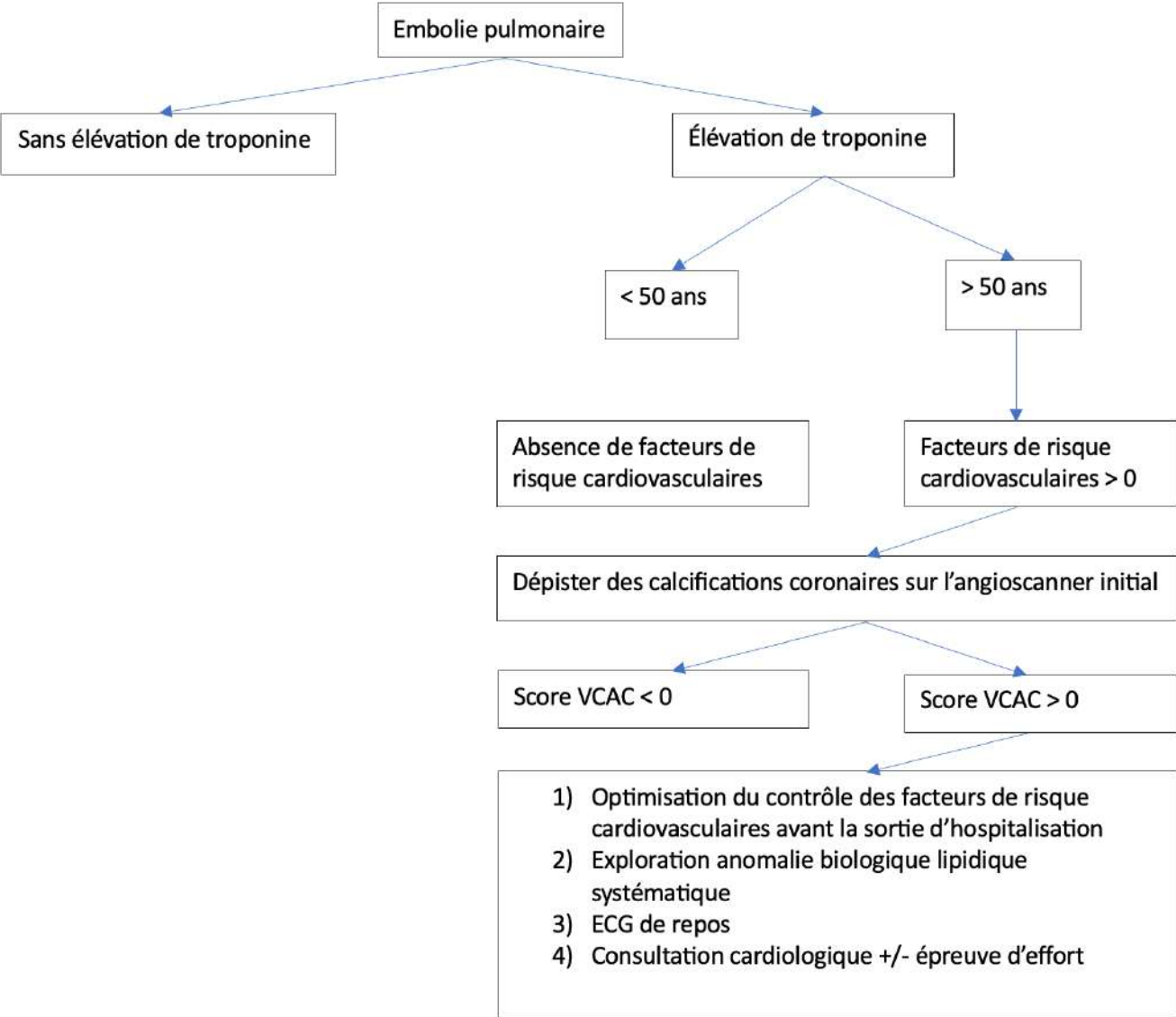
1. Identifier une population à risque d'évènement coronarien majeur

Dans notre étude, nous avons proposé un algorithme permettant d'individualiser un groupe de patients particulièrement à risque de développer un évènement coronarien. (Figure 14). Ainsi, les patients âgés de plus de 50 ans, avec une élévation de la troponine au diagnostic et un score calcique positif représentent 22,2% (n=50) de la population incluse (n=226). Dans ce groupe, 8 patients soit 16 %, ont développé un évènement coronarien dans le suivi.

Tout d'abord, nous suggérons que la recherche d'une ischémie myocardique silencieuse pourrait permettre d'éviter des évènements coronariens chez ces patients. Les modalités de dépistage pourraient être une exploration non invasive de type coroscanner avec opacification coronaire et synchronisation à l'ECG, une scintigraphie myocardique, une IRM de perfusion du myocarde ou également une échographie de stress.

Cet examen pourrait être réalisé idéalement pendant l’hospitalisation initiale pour l’embolie pulmonaire selon les éléments précédemment recueillis : élévation de troponine au diagnostic, calcifications coronaires sur l’angioscanner, facteurs de risque cardiovasculaires non contrôlés. En effet, dans notre cohorte, 3 patients ont développé une ischémie myocardique dans les 2 semaines suivant l’hospitalisation pour embolie pulmonaire.

Figure 17 : Algorithme de dépistage des calcifications coronaires



Ensuite, nous suggérons que les patients présentant des calcifications coronaires devraient avoir une optimisation de leurs facteurs de risque cardiovasculaires. En effet, le score calcique est un excellent marqueur de l'athérosclérose infraclinique et est un marqueur prédictif des évènements cardiovasculaires tel que les syndromes coronariens aigus comme démontré par *Johnson C & Al.* (40) ou encore les AVC ischémiques comme démontré par *Chaikriangkrai K.* (44). Ce dernier, retrouvait que les calcifications coronaires étaient associées de manière significative à la survenue d'AVC à moyen terme dans une population asymptomatique de toute pathologie cardiovasculaire. En pratique clinique, l'évaluation des calcifications coronaires permettrait de reclasser le patient dans un score de risque cardiovasculaire adapté, avec une prise en charge de ses facteurs de risques adaptée et plus personnalisée.

Cela pouvant représenter un dépistage à moindre coût, sur des examens déjà réalisés au préalable. Ce qui permettrait d'orienter la prise en charge du patient, avec la proposition d'une consultation dédiée pour le contrôle de ses facteurs de risque cardiovasculaires, la prescription d'examens complémentaires, une consultation cardiologique et un éventuel test d'ischémie myocardique.

L'étude de *Watanabe et al.* (36) a pu démontrer une performance équivalente d'un score de calcification manuel réalisé sans logiciel de post-traitement comparativement au score calcique réalisé sur scanner thoracique couplé à l'ECG. Ils ont pu démontrer une bonne corrélation des lésions coronaires décrites par rapport à des coronarographies diagnostiques réalisées chez ces mêmes patients.

D. Forces et limites de notre étude

Notre étude comportait plusieurs limites. Tout d'abord il s'agissait d'une étude monocentrique rétrospective menée dans le service de médecine interne du CHU de Rouen. Il peut ainsi en résulter un biais de recrutement. Toutefois, l'âge moyen de notre population ainsi que ses caractéristiques sont semblables à ceux des grandes études de cohorte et des registres s'intéressant à la maladie thrombo-embolique veineuse. De plus, cette cohorte de patients est implémentée de façon prospective en tentant d'inclure les patients de façon consécutive ce qui limite les biais de sélection.

Au total, 45 patients ont dû être exclus par manque d'information sur la survenue d'un évènement coronarien à 1 an. La survenue ou non d'évènement cardiovasculaire auprès des médecins traitants a été recueillie de manière déclarative. Cela a pu omettre des évènements cardiovasculaires si les patients n'ont pas consulté leurs médecins traitants dans les mois qui ont suivi l'évènement. Plusieurs centres de coronarographie existent dans la région, des évènements coronariens ont pu être manqués si le patient a pu bénéficier d'une coronarographie en dehors du CHU sans consultation de sortie avec son médecin traitant. Ces différents éléments ont entraîné un nombre de patient inclus moins important que prévu, et surtout un nombre d'évènements coronariens moins important qu'attendu. Cela pouvant expliquer le manque de puissance de notre étude.

Notre méthode simplifiée de calcul du score de calcification coronaire était également une limite dans cette étude. Bien qu'une bonne concordance inter-opérateurs a été retrouvée (85%) sur les 40 premiers malades, il peut exister un biais de mesure puisque l'évaluation des calcifications coronaires de manière ordinal et visuel (VCAC) a été réalisée par un seul opérateur, non spécialisé en imagerie cardiaque.

Nous n'avons pas stratifié les calcifications coronaires en fonction de l'intensité (minime, modérée ou importante) comme préconisé par les recommandations conjointes des sociétés d'imagerie thoracique américaine (STR) et société d'imagerie tomodensitométrique cardiovasculaire (SCCT) sur la manière de coter les calcifications. La cotation que nous réalisons sur chaque artère coronaire est simplement binaire : présence ou absence de calcification sans s'intéresser à l'étendue de ces dernières.

Notre score allant ainsi de 0 à 4 contre 0 à 12 pour celui préconisé par la SCCT et la STR : il est moins graduel et donc moins discriminant. Par le manque d'évènements coronariens dans notre étude et la structure du score d'évaluation des calcifications coronaires utilisé : il n'est pas progressif dans sa capacité à prévoir un évènement cardiovasculaire. Cependant, le score tel qu'utilisé a l'avantage d'être simple à réaliser y compris par un non-spécialiste en imagerie cardiaque.

VI. CONCLUSION

Le lien entre l'embolie pulmonaire et le surrisque d'évènement cardiovasculaire au décours est maintenant bien établi par la littérature scientifique. Identifier des marqueurs de surrisques d'évènement coronarien dès le diagnostic d'embolie pulmonaire permettrait de stratifier ce risque et d'identifier les patients les plus à risque, permettant ainsi d'organiser un suivi plus optimal de ces patients.

Dans notre étude, bien que le nombre d'évènement coronarien a été moins élevé qu'attendu, il a été démontré que des calcifications coronaires décrites sur l'angioscanner réalisé pour le diagnostic initial d'embolie pulmonaire étaient associées à un surrisque d'évènement coronarien. Un score de calcification coronaire positif associé à des troponines élevées étaient également prédictifs d'évènements coronariens.

Cette élévation de troponine au diagnostic associé à des calcifications coronaires chez un patient peuvent nous faire considérer une consultation de suivi dédiée pour faire le bilan de ses facteurs de risque cardiovasculaires. D'autant plus chez un patient sans antécédents connu de maladie cardiovasculaire, sans optimisation de ses facteurs de risque.

Enfin, nous avons proposé un algorithme qui mériterait d'être validé sur des cohortes plus importantes puis de servir de base de réalisation d'un travail prospectif sur le dépistage systémique de l'ischémie myocardique chez les patients considérés à haut risque.

VII. RÉFÉRENCES

1. Mensah GA, Roth GA, Fuster V. The Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors: 2020 and Beyond. *Journal of the American College of Cardiology*. 19 nov 2019;74(20):2529-32.
2. A T, N T, Cp G, A T, M L, Se P, et al. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019. *European heart journal* [Internet]. 1 janv 2020 [cité 14 oct 2024];41(1). Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31820000/>
3. Andersson C, Johnson AD, Benjamin EJ, Levy D, Vasan RS. 70-year legacy of the Framingham Heart Study. *Nat Rev Cardiol*. nov 2019;16(11):687-98.
4. Yusuf S, Hawken S, Ounpuu S, Dans T, Avezum A, Lanas F, et al. Effect of potentially modifiable risk factors associated with myocardial infarction in 52 countries (the INTERHEART study): case-control study. *Lancet*. 11 sept 2004;364(9438):937-52.
5. van Trier TJ, Mohammadnia N, Snaterse M, Peters RJG, Jørstad HT, Bax WA. Lifestyle management to prevent atherosclerotic cardiovascular disease: evidence and challenges. *Neth Heart J*. 1 janv 2022;30(1):3-14.
6. Visseren FLJ, Mach F, Smulders YM, Carballo D, Koskinas KC, Bäck M, et al. 2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Developed by the Task Force for cardiovascular disease prevention in clinical practice with representatives of the European Society of Cardiology and 12 medical societies With the special contribution of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC). *European Heart Journal*. 7 sept 2021;42(34):3227-337.
7. SCORE2 working group and ESC Cardiovascular risk collaboration. SCORE2 risk prediction algorithms: new models to estimate 10-year risk of cardiovascular disease in Europe. *European Heart Journal*. 1 juill 2021;42(25):2439-54.
8. Vergallo R, Liuzzo G. Coronary artery calcium scoring for cardiovascular risk stratification: more pitfalls than advantages? *European Heart Journal*. 1 oct 2022;43(37):3510-1.
9. Chang WT, Chang CL, Ho CH, Hong CS, Wang JJ, Chen ZC. Long-Term Effects of Unprovoked Venous Thromboembolism on Mortality and Major Cardiovascular Events. *J Am Heart Assoc*. 3 mai 2017;6(5):e005466.
10. Becattini C, Vedovati MC, Ageno W, Dentali F, Agnelli G. Incidence of arterial cardiovascular events after venous thromboembolism: a systematic review and a meta-analysis. *J Thromb Haemost*. mai 2010;8(5):891-7.

11. Lind C, Flinterman LE, Enga KF, Severinsen MT, Kristensen SR, Braekkan SK, et al. Impact of incident venous thromboembolism on risk of arterial thrombotic diseases. *Circulation*. 25 févr 2014;129(8):855-63.
12. Sorensen HT, Horvath-Puho E, Pedersen L, Baron JA, Prandoni P. Venous thromboembolism and subsequent hospitalisation due to acute arterial cardiovascular events: a 20-year cohort study. *The Lancet*. 24 nov 2007;370(9601):1773-9.
13. Joint effects of prothrombotic genotypes and body height on the risk of venous thromboembolism: the Tromsø study - Horvei - 2018 - *Journal of Thrombosis and Haemostasis* - Wiley Online Library [Internet]. [cité 14 oct 2024]. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jth.13892>
14. Orsi FA, Biedermann JS, Kruip MJ, Meer FJ van der, Rosendaal FR, Vlieg A van H, et al. Rosuvastatin use reduces thrombin generation potential in patients with venous thromboembolism: a randomized controlled trial. *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. 3 févr 2019;17(2):319.
15. Smulders YM. Pathophysiology and treatment of haemodynamic instability in acute pulmonary embolism: the pivotal role of pulmonary vasoconstriction. *Cardiovascular Research*. 1 oct 2000;48(1):23-33.
16. Agatston AS, Janowitz WR, Hildner FJ, Zusmer NR, Viamonte M, Detrano R. Quantification of coronary artery calcium using ultrafast computed tomography. *Journal of the American College of Cardiology*. mars 1990;15(4):827-32.
17. Rosenbaum D. Le score calcique en pratique. *Recommandations coeur diabète métabolisme*. 2016;
18. Bild DE, Bluemke DA, Burke GL, Detrano R, Diez Roux AV, Folsom AR, et al. Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis: objectives and design. *Am J Epidemiol*. 1 nov 2002;156(9):871-81.
19. Rumberger JA. Using noncontrast cardiac CT and coronary artery calcification measurements for cardiovascular risk assessment and management in asymptomatic adults. *Vasc Health Risk Manag*. 2010;6:579-91.
20. Mamudu HM, Paul TK, Veeranki SP, Budoff M. The effects of coronary artery calcium screening on behavioral modification, risk perception, and medication adherence among asymptomatic adults: A systematic review. *Atherosclerosis*. oct 2014;236(2):338-50.
21. Detrano R, Guerci AD, Carr JJ, Bild DE, Burke G, Folsom AR, et al. Coronary Calcium as a Predictor of Coronary Events in Four Racial or Ethnic Groups. *N Engl J Med*. 27 mars 2008;358(13):1336-45.

22. Golub IS, Termeie OG, Kristo S, Schroeder LP, Lakshmanan S, Shafter AM, et al. Major Global Coronary Artery Calcium Guidelines. *JACC: Cardiovascular Imaging*. janv 2023;16(1):98-117.
23. The National Lipid Association scientific statement on coronary artery calcium scoring to guide preventive strategies for ASCVD risk reduction - *Journal of Clinical Lipidology* [Internet]. [cité 17 oct 2024]. Disponible sur: [https://www.lipidjournal.com/article/S1933-2874\(20\)30342-1/fulltext](https://www.lipidjournal.com/article/S1933-2874(20)30342-1/fulltext)
24. US Preventive Services Task Force. Risk Assessment for Cardiovascular Disease With Nontraditional Risk Factors: US Preventive Services Task Force Recommendation Statement. *JAMA*. 17 juill 2018;320(3):272-80.
25. Pletcher MJ, Pignone M, Earnshaw S, McDade C, Phillips KA, Auer R, et al. Using the Coronary Artery Calcium Score to Guide Statin Therapy. *Circulation: Cardiovascular Quality and Outcomes*. mars 2014;7(2):276-84.
26. Van Der Bijl N, Joemai RMS, Geleijns J, Bax JJ, Schuijf JD, De Roos A, et al. Assessment of Agatston Coronary Artery Calcium Score Using Contrast-Enhanced CT Coronary Angiography. *American Journal of Roentgenology*. déc 2010;195(6):1299-305.
27. Shemesh J, Henschke CI, Shaham D, Yip R, Farooqi AO, Cham MD, et al. Ordinal Scoring of Coronary Artery Calcifications on Low-Dose CT Scans of the Chest is Predictive of Death from Cardiovascular Disease. *Radiology*. nov 2010;257(2):541-8.
28. Hecht HS, Cronin P, Blaha MJ, Budoff MJ, Kazerooni EA, Narula J, et al. 2016 SCCT/STR guidelines for coronary artery calcium scoring of noncontrast noncardiac chest CT scans: A report of the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society of Thoracic Radiology. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*. 1 janv 2017;11(1):74-84.
29. Coronary artery calcification is often not reported in pulmonary CT angiography in patients with suspected pulmonary embolism: an opportunity to improve diagnosis of acute coronary syndrome - PubMed [Internet]. [cité 30 juill 2024]. Disponible sur: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24660698/>
30. CT a low-risk imaging alternative to invasive coronary angiography for suspected CAD [Internet]. 2022 [cité 9 sept 2024]. Disponible sur: <https://cardiovascularbusiness.com/topics/cardiac-imaging/computed-tomography-ct/ct-low-risk-imaging-alternative-invasive-coronary>
31. Demortière B, Gaertner S, Ohana M, Cordeanu M, Mirea C, Lefebvre F, et al. Place du score calcique coronarien semi-quantitatif chez les patients hospitalisés pour maladie veineuse thromboembolique. *JMV-Journal de Médecine Vasculaire*. 1 mars 2019;44(2):136-7.

32. Klok FA, Mos ICM, Broek L, Tamsma JT, Rosendaal FR, de Roos A, et al. Risk of arterial cardiovascular events in patients after pulmonary embolism. *Blood*. 20 août 2009;114(8):1484-8.
33. Budoff MJ, Gul KM. Expert review on coronary calcium. *Vasc Health Risk Manag*. avr 2008;4(2):315-24.
34. Blair KJ, Allison MA, Morgan C, Wassel CL, Rifkin DE, Wright CM, et al. Comparison of Ordinal vs. Agatston Coronary Calcification Scoring for Cardiovascular Disease Mortality in Community-Living Individuals. *Int J Cardiovasc Imaging*. avr 2014;30(4):813-8.
35. Vakil P, Wen Z, Lima AS, Weber EJ, Kallianos KG, Elicker BM, et al. Predictive Value of Coronary Artery Calcium in Patients Receiving Computed Tomography Pulmonary Angiography for Suspected Pulmonary Embolism in the Emergency Department. *J Thorac Imaging*. 1 sept 2022;37(5):279-84.
36. Watanabe R, Saito Y, Tokimasa S, Takaoka H, Kitahara H, Yamanouchi M, et al. Diagnostic Ability of Manual Calcification Length Assessment on Non-Electrocardiographically Gated Computed Tomography for Estimating the Presence of Coronary Artery Disease. *Journal of Clinical Medicine*. janv 2024;13(8):2255.
37. Heidinger BH, DaBreo D, Kirkbride RR, Santos M, Carroll BJ, Feldman SA, et al. Risk assessment of acute pulmonary embolism utilizing coronary artery calcifications in patients that have undergone CT pulmonary angiography and transthoracic echocardiography. *Eur Radiol*. mai 2021;31(5):2809-18.
38. Blaha MJ, Mortensen MB, Kianoush S, Tota-Maharaj R, Cainzos-Achirica M. Coronary Artery Calcium Scoring: Is It Time for a Change in Methodology? *JACC: Cardiovascular Imaging*. 1 août 2017;10(8):923-37.
39. Ortega AG, Jiménez D, Pedro-Tudela A, Pérez-Ductor C, Fernández-Capitán C, Falgá C, et al. Age-Related Differences in the Presentation, Management, and Clinical Outcomes of 100,000 Patients With Venous Thromboembolism in the RIETE Registry. *Arch Bronconeumol*. 1 mars 2024;60(3):143-52.
40. Johnson C, Khalilzadeh O, Novelline RA, Choy G. Coronary artery calcification is often not reported in pulmonary CT angiography in patients with suspected pulmonary embolism: an opportunity to improve diagnosis of acute coronary syndrome. *AJR Am J Roentgenol*. avr 2014;202(4):725-9.
41. Jacobs PC, Gondrie MJA, van der Graaf Y, de Koning HJ, Isgum I, van Ginneken B, et al. Coronary Artery Calcium Can Predict All-Cause Mortality and Cardiovascular Events on Low-Dose CT Screening for Lung Cancer. *American Journal of Roentgenology*. mars 2012;198(3):505-11.
42. Akbas T. Elevated Cardiac Troponin Levels as a Predictor of Increased Mortality Risk in Non-Cardiac Critically Ill Patients Admitted to a Medical Intensive Care Unit. *Journal of Clinical Medicine*. janv 2024;13(20):6025.

43. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism developed in collaboration with the European Respiratory Society (ERS): The Task Force for the diagnosis and management of acute pulmonary embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *European Heart Journal*. 21 janv 2020;41(4):543-603.
44. Chaikriangkrai K, Jhun HY, Palamaner Subash Shantha G, Bin Abdulhak A, Sigurdsson G, Nabi F, et al. Coronary artery calcium score as a predictor for incident stroke: Systematic review and meta-analysis. *Int J Cardiol*. 1 juin 2017;236:473-7.

VIII. RÉSUMÉ

Our study aims to evaluate the predictive role of coronary calcifications visible on thoracic CT angiograms performed for the diagnosis of non-severe pulmonary embolism (PE). The primary objective is to determine whether a semi-quantitative coronary artery calcification score (VCAC) is associated with an increased risk of coronary events following pulmonary embolism. The secondary objectives focus on the role of troponin elevation and the association between troponin levels and the CACS score in predicting such events.

Our study is a single-center retrospective cohort study. We included 226 patients hospitalized for non-severe pulmonary embolism in the internal medicine department of Rouen University Hospital. The results shows that patients with a VCAC score greater than 0 have a significantly higher risk of developing coronary events following pulmonary embolism, especially when there is concomitant troponin elevation. Of the 293 initially eligible patients, 67 were excluded mainly due to loss to follow-up, and only 13 were excluded due to the inability to perform a semi-quantitative evaluation of coronary calcifications on the CT angiogram. This demonstrates that such evaluation is technically feasible in most cases with good inter-operator reproducibility.

Although the number of coronary events was lower than expected, our results suggest a strong association between coronary calcifications at the time of diagnosis and the occurrence of post-PE coronary events. The presence of coronary calcifications, coupled with elevated troponin levels that are disproportionate to the risk of pulmonary embolism according to the sPESI classification, could guide clinicians towards more stringent follow-up for at-risk patients. Finally, we propose a simple algorithm to identify PE patients who are most likely to benefit from coronary evaluation and possibly dedicated follow-up.

The conclusions of our study support the use of visual assessment of coronary calcifications on thoracic CT angiography as a potential screening tool, with clinical implications for long-term prevention of coronary events.

RÉSUMÉ :

Notre étude vise à évaluer le rôle prédictif des calcifications coronaires visibles sur des angioscanners thoraciques réalisés pour le diagnostic d'embolie pulmonaire (EP) non grave. L'objectif principal était de déterminer si un score de calcification coronaire semi-quantitatif (VCAC) était associé à un risque accru d'événements coronariens au décours de l'embolie pulmonaire. Les objectifs secondaires s'intéressaient au rôle de l'élévation de la troponine et de l'association entre celle-ci et le score VCAC dans la prédiction de tels événements.

Notre étude est une étude de cohorte rétrospective monocentrique, incluant 226 patients hospitalisés pour une embolie pulmonaire non grave dans le service de médecine interne du CHU de Rouen. Les résultats montrent que les patients avec un score VCAC supérieur à 0 présentent un risque significativement plus élevé de développer des événements coronariens au décours d'une embolie pulmonaire non grave, d'autant plus en cas d'élévation concomitante de la troponine. Sur les 293 patients initialement éligibles, 67 ont été exclus essentiellement dû à des pertes de vue et seulement 13 parmi eux l'ont été par l'impossibilité de faire une évaluation semi-quantitative des calcifications coronaires sur l'angioscanner. Cela montre que cette évaluation est techniquement faisable dans la plupart des cas avec une bonne reproductibilité inter-opérateurs.

Bien que le nombre d'événements coronariens ait été moins important qu'attendu, nos résultats suggèrent une forte association entre les calcifications coronaires au diagnostic et la survenue d'événements coronariens post-EP. La présence de calcifications coronaires, couplée à des troponines élevées de manière inadéquate par rapport au risque de l'embolie pulmonaire selon la classification sPESI pourrait guider les cliniciens vers un suivi plus strict des patients à risque. Enfin, nous proposons un algorithme simple pour identifier les patients ayant fait une embolie pulmonaire qui seraient les plus à même de bénéficier d'une évaluation coronaire et éventuellement d'un suivi dédié.

Les conclusions de notre travail confortent l'utilisation de l'évaluation visuelle des calcifications coronaires sur les angioscanners thoraciques comme possible outil de dépistage, avec des implications cliniques pour la prévention des événements coronariens à long terme.

Mots clés : Calcifications coronaires – Score calcique – Embolie pulmonaire – évènement coronarien – Score visuel analogique – Score calcique semi-quantitatif