



**HAL**  
open science

# Étude des différences phénotypiques selon l'héritabilité maternelle ou paternelle de la mutation génétique dans l'hypercholestérolémie familiale T

Florian Mourre

► **To cite this version:**

Florian Mourre. Étude des différences phénotypiques selon l'héritabilité maternelle ou paternelle de la mutation génétique dans l'hypercholestérolémie familiale T. Sciences du Vivant [q-bio]. 2020. dumas-02968029

**HAL Id: dumas-02968029**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02968029>**

Submitted on 15 Oct 2020

**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.



Faculté des sciences  
médicales et paramédicales  
Aix-Marseille Université

**Etude des différences phénotypiques selon l'héritabilité maternelle ou paternelle de la mutation génétique dans l'hypercholestérolémie familiale**

# **T H È S E**

**Présentée et publiquement soutenue devant**

**LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES**

**DE MARSEILLE**

**Le 11 Juin 2020**

**Par Monsieur Florian MOURRE**

**Né le 21 février 1991 à Marignane (13)**

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

**D.E.S. d' ENDOCRINOLOGIE, DIABÈTE, MALADIES MÉTABOLIQUES**

**Membres du Jury de la Thèse :**

<b>Monsieur le Professeur VALERO René</b>	<b>Président</b>
<b>Madame le Professeur DUTOUR-MEYER Anne</b>	<b>Assesseur</b>
<b>Monsieur le Professeur GIORGI Roch</b>	<b>Assesseur</b>
<b>Madame le Docteur (MCU-PH) BELIARD Sophie</b>	<b>Directeur</b>
<b>Madame le Docteur TREGLIA Clémence</b>	<b>Assesseur</b>

## FACULTÉ DES SCIENCES MÉDICALES & PARAMÉDICALES

<b>Doyen</b>	:	<b>Pr. Georges LEONETTI</b>
Vice-Doyen aux affaires générales	:	Pr. Patrick DESSI
Vice-Doyen aux professions paramédicales	:	Pr. Philippe BERBIS
Conseiller	:	Pr. Patrick VILLANI

### **Assesseurs :**

➤ aux études	:	Pr. Kathia CHAUMOITRE
➤ à la recherche	:	Pr. Jean-Louis MEGE
➤ à l'unité mixte de formation continue en santé	:	Pr. Justin MICHEL
➤ pour le secteur NORD	:	Pr. Stéphane BERDAH
➤ Groupements Hospitaliers de territoire	:	Pr. Jean-Noël ARGENSON
➤ aux masters	:	Pr. Pascal ADALIAN

### **Chargés de mission :**

➤ sciences humaines et sociales	:	Pr. Pierre LE COZ
➤ relations internationales	:	Pr. Stéphane RANQUE
➤ DU/DIU	:	Pr. Véronique VITTON
➤ DPC, disciplines médicales & biologiques	:	Pr. Frédéric CASTINETTI
➤ DPC, disciplines chirurgicales	:	Dr. Thomas GRAILLON

## ÉCOLE DE MEDECINE

<b>Directeur</b>	:	<b>Pr. Jean-Michel VITON</b>
------------------	---	------------------------------

### **Chargés de mission**

▪ PACES – Post-PACES	:	Pr. Régis GUIEU
▪ DFGSM	:	Pr. Anne-Laure PELISSIER
▪ DFASM	:	Pr. Marie-Aleth RICHARD
▪ DFASM	:	Pr. Marc BARTHET
▪ Préparation aux ECN	:	Dr Aurélie DAUMAS
▪ DES spécialités	:	Pr. Pierre-Edouard FOURNIER
▪ DES stages hospitaliers	:	Pr. Benjamin BLONDEL
▪ DES MG	:	Pr. Christophe BARTOLI
▪ Démographie médicale	:	Dr. Noémie RESSEGUIER
▪ Etudiant	:	Elise DOMINJON

## ÉCOLE DE DE MAIEUTIQUE

**Directrice** : **Madame Carole ZAKARIAN**

**Chargés de mission**

- 1<sup>er</sup> cycle : Madame Estelle BOISSIER
- 2<sup>ème</sup> cycle : Madame Cécile NINA

## ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION

**Directeur** : **Monsieur Philippe SAUVAGEON**

**Chargés de mission**

- Masso- kinésithérapie 1<sup>er</sup> cycle : Madame Béatrice CAORS
- Masso-kinésithérapie 2<sup>ème</sup> cycle : Madame Joannie HENRY
- Mutualisation des enseignements : Madame Géraldine DEPRES

## ÉCOLE DES SCIENCES INFIRMIERES

**Directeur** : **Monsieur Sébastien COLSON**

**Chargés de mission**

- Chargée de mission : Madame Sandrine MAYEN RODRIGUES
- Chargé de mission : Monsieur Christophe ROMAN

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM AGOSTINI Serge  
ALDIGHIERI René  
ALESSANDRINI Pierre  
ALLIEZ Bernard  
AQUARON Robert  
ARGEME Maxime  
ASSADOURIAN Robert  
AUFFRAY Jean-Pierre  
AUTILLO-TOUATI Amapola  
AZORIN Jean-Michel  
BAILLE Yves  
BARDOT Jacques  
BARDOT André  
BERARD Pierre  
BERGOIN Maurice  
BERLAND Yvon  
BERNARD Dominique  
BERNARD Jean-Louis  
BERNARD Pierre-Marie  
BERTRAND Edmond  
BISSET Jean-Pierre  
BLANC Bernard  
BLANC Jean-Louis  
BOLLINI Gérard  
BONGRAND Pierre  
BONNEAU Henri  
BONNOIT Jean  
BORY Michel  
BOTTA Alain  
BOURGEADE Augustin  
BOUVENOT Gilles  
BOUYALA Jean-Marie  
BREMONT Georges  
BRICOT René  
BRUNET Christian  
BUREAU Henri  
CAMBOULIVES Jean  
CANNONI Maurice  
CARTOUZOU Guy  
CAU Pierre  
CHABOT Jean-Michel  
CHAMLIAN Albert  
CHARPIN Denis  
CHARREL Michel  
CHAUVEL Patrick  
CHOUX Maurice  
CIANFARANI François  
CLAVERIE Jean-Michel  
CLEMENT Robert  
COMBALBERT André  
CONTE-DEVOLX Bernard  
CORRIOL Jacques  
COULANGE Christian  
DALMAS Henri  
DE MICO Philippe  
DESSEIN Alain  
DELARQUE Alain  
DEVIN Robert  
DEVRED Philippe  
DJIANE Pierre  
DONNET Vincent  
DUCASSOU Jacques

MM DUFOUR Michel  
DUMON Henri  
ENJALBERT Alain  
FAVRE Roger  
FIECHI Marius  
FARNARIER Georges  
FIGARELLA Jacques  
FONTES Michel  
FRANCES Yves  
FRANCOIS Georges  
FUENTES Pierre  
GABRIEL Bernard  
GALINIER Louis  
GALLAIS Hervé  
GAMERRE Marc  
GARCIN Michel  
GARNIER Jean-Marc  
GAUTHIER André  
GERARD Raymond  
GEROLAMI-SANTANDREA André  
GIUDICELLI Roger  
GIUDICELLI Sébastien  
GOUDARD Alain  
GOUIN François  
GRILLO Jean-Marie  
GRISOLI François  
GROULIER Pierre  
HADIDA/SAYAG Jacqueline  
HASSOUN Jacques  
HEIM Marc  
HOUEL Jean  
HUGUET Jean-François  
JAQUET Philippe  
JAMMES Yves  
JOUVE Paulette  
JUHAN Claude  
JUN Pierre  
KAPHAN Gérard  
KASBARIAN Michel  
KLEISBAUER Jean-Pierre  
LACHARD Jean  
LAFFARGUE Pierre  
LAUGIER René  
LE TREUT Yves  
LEVY Samuel  
LOUCHET Edmond  
LOUIS René  
LUCIANI Jean-Marie  
MAGALON Guy  
MAGNAN Jacques  
MALLAN- MANCINI Josette  
MALMEJAC Claude  
MARANINCHI Dominique  
MARTIN Claude  
MATTEI Jean François  
MERCIER Claude  
METGE Paul  
MICHOTÉY Georges  
MIRANDA François  
MONFORT Gérard  
MONGES André  
MONGIN Maurice

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM MONTIES Jean-Raoul  
NAZARIAN Serge  
NICOLI René  
NOIRCLERC Michel  
OLMER Michel  
OREHEK Jean  
PAPY Jean-Jacques  
PAULIN Raymond  
PELOUX Yves  
PENAUD Antony  
PENE Pierre  
PIANA Lucien  
PICAUD Robert  
PIGNOL Fernand  
POGGI Louis  
POITOUT Dominique  
PONCET Michel  
POUGET Jean  
PRIVAT Yvan  
QUILICHINI Francis  
RANQUE Jacques  
RANQUE Philippe  
RICHAUD Christian  
RIDINGS Bernard  
ROCHAT Hervé  
ROHNER Jean-Jacques  
ROUX Hubert  
ROUX Michel  
RUFO Marcel  
SAHEL José  
SALAMON Georges  
SALDUCCI Jacques  
SAN MARCO Jean-Louis  
SANKALE Marc  
SARACCO Jacques  
SARLES Jacques  
SASTRE Bernard  
SCHIANO Alain  
SCOTTO Jean-Claude  
SEBAHOUN Gérard  
SERMENT Gérard  
SOULAYROL René  
STAHL André  
TAMALET Jacques  
TARANGER-CHARPIN Colette  
THOMASSIN Jean-Marc  
UNAL Daniel  
VAGUE Philippe  
VAGUE/JUHAN Irène

VANUXEM Paul  
VERVLOET Daniel  
VIALETTES Bernard  
WEILLER Pierre-Jean



## EMERITAT

### 2008

M. le Professeur	LEVY Samuel	31/08/2011
Mme le Professeur	JUHAN-VAGUE Irène	31/08/2011
M. le Professeur	PONCET Michel	31/08/2011
M. le Professeur	KASBARIAN Michel	31/08/2011
M. le Professeur	ROBERTOUX Pierre	31/08/2011

### 2009

M. le Professeur	DJIANE Pierre	31/08/2011
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2012

### 2010

M. le Professeur	MAGNAN Jacques	31/12/2014
------------------	----------------	------------

### 2011

M. le Professeur	DI MARINO Vincent	31/08/2015
M. le Professeur	MARTIN Pierre	31/08/2015
M. le Professeur	METRAS Dominique	31/08/2015

### 2012

M. le Professeur	AUBANIAC Jean-Manuel	31/08/2015
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2015
M. le Professeur	CAMBOULIVES Jean	31/08/2015
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2015
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2015
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2015
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2015

### 2013

M. le Professeur	BRANCHEREAU Alain	31/08/2016
M. le Professeur	CARAYON Pierre	31/08/2016
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2016
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2016
M. le Professeur	HENRY Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	LE GUICHAOUA Marie-Roberte	31/08/2016
M. le Professeur	RUFO Marcel	31/08/2016
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2016

### 2014

M. le Professeur	FUENTES Pierre	31/08/2017
M. le Professeur	GAMERRE Marc	31/08/2017
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2017
M. le Professeur	PERAGUT Jean-Claude	31/08/2017
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2017

### 2015

M. le Professeur	COULANGE Christian	31/08/2018
M. le Professeur	COURAND François	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2016
M. le Professeur	MATTEI Jean-François	31/08/2016
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2016
M. le Professeur	VERVLOET Daniel	31/08/2016

## EMERITAT

### 2016

M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2017
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2019
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2017
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2017
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2019
M. le Professeur	JAMMES Yves	31/08/2019
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2017
M. le Professeur	POITOUT Dominique	31/08/2019
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2017
M. le Professeur	VIALETES Bernard	31/08/2019

### 2017

M. le Professeur	ALESSANDRINI Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2018
M. le Professeur	CHAUVEL Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2018
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2018
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2018
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2018
M. le Professeur	SEBAHOUN Gérard	31/08/2018

### 2018

M. le Professeur	MARANINCHI Dominique	31/08/2021
M. le Professeur	BOUVENOT Gilles	31/08/2019
M. le Professeur	COZZONE Pierre	31/08/2019
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2019
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2019
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2019

### 2019

M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	CAU Pierre	31/08/2020
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2020
M. le Professeur	DELMONT Jean	31/08/2020
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2020
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2020
M. le Professeur	MAGALON Guy	31/08/2020
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2020
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2020
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2020



## PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHOSSEGROS Cyrille	GUEDJ Eric
ALBANESE Jacques	COLLART Frédéric	GUIEU Régis
ALIMI Yves	COSTELLO Régis	GUIS Sandrine
AMABILE Philippe	COURBIERE Blandine	GUYE Maxime
AMBROSI Pierre	COWEN Didier	GUYOT Laurent
ANDRE Nicolas	CRAVELLO Ludovic	<i>GUYS Jean-Michel Surnombre</i>
ARGENSON Jean-Noël	CUISSET Thomas	HABIB Gilbert
ASTOUL Philippe	<i>CURVALE Georges Surnombre</i>	HARDWIGSEN Jean
ATTARIAN Shahram	DA FONSECA David	HARLE Jean-Robert
AUDOUIN Bertrand	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	<i>HOFFART Louis Disponibilité</i>
AUQUIER Pascal	DANIEL Laurent	HOUVENAEGHEL Gilles
AVIERINOS Jean-François	DARMON Patrice	JACQUIER Alexis
AZULAY Jean-Philippe	D'ERCOLE Claude	JOURDE-CHICHE Noémie
BAILLY Daniel	D'JOURNO Xavier	JOUVE Jean-Luc
BARLESI Fabrice	DEHARO Jean-Claude	KAPLANSKI Gilles
BARLIER-SETTI Anne	DELAPORTE Emmanuel	KARSENTY Gilles
BARTHET Marc	<i>DELPERO Jean-Robert Surnombre</i>	<i>KERBAUL François détachement</i>
BARTOLI Christophe	DENIS Danièle	KRAHN Martin
BARTOLI Jean-Michel	DISDIER Patrick	LAFFORGUE Pierre
BARTOLI Michel	DODDOLI Christophe	LAGIER Jean-Christophe
BARTOLOMEI Fabrice	DRANCOURT Michel	LAMBAUDIE Eric
BASTIDE Cyrille	DUBUS Jean-Christophe	LANCON Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DUFFAUD Florence	LA SCOLA Bernard
BERBIS Philippe	DUFOUR Henry	LAUNAY Franck
BERBIS Julie	DURAND Jean-Marc	LAVIEILLE Jean-Pierre
BERDAH Stéphane	DUSSOL Bertrand	LE CORROLLER Thomas
<i>BERNARD Jean-Paul Retraite au 25/11/2019</i>	EBBO Mikaël	LECHEVALLIER Eric
BEROUD Christophe	EUSEBIO Alexandre	LEGRE Régis
BERTUCCI François	FAKHRY Nicolas	LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
BLAISE Didier	<i>FAUGERE Gérard Surnombre</i>	LEONE Marc
BLIN Olivier	FELICIAN Olivier	LEONETTI Georges
BLONDEL Benjamin	FENOLLAR Florence	LEPIDI Hubert
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FIGARELLA/BRANGER Dominique	LEVY Nicolas
BONELLO Laurent	FLECHER Xavier	MACE Loïc
BONNET Jean-Louis	FOURNIER Pierre-Edouard	MAGNAN Pierre-Edouard
<i>BOTTA/FRIDLUND Danielle Surnombre</i>	FRANCESCHI Frédéric	MANCINI Julien
<i>BOUBLI Léon Surnombre</i>	FUENTES Stéphane	<i>MATONTI Frédéric Disponibilité</i>
BOUFI Mourad	GABERT Jean	MEGE Jean-Louis
BOYER Laurent	GABORIT Bénédicte	MERROT Thierry
BREGEON Fabienne	GAINNIER Marc	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BRETELLE Florence	GARCIA Stéphane	MEYER/DUTOUR Anne
BROUQUI Philippe	GARIBOLDI Vlad	MICCALEF/ROLL Joëlle
BRUDER Nicolas	GAUDART Jean	MICHEL Fabrice
BRUE Thierry	GAUDY-MARQUESTE Caroline	MICHEL Gérard
BRUNET Philippe	GENTILE Stéphanie	MICHEL Justin
BURTEY Stéphane	GERBEAUX Patrick	MICHELET Pierre
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GEROLAMI/SANTANDREA René	MILH Mathieu
CASANOVA Dominique	GILBERT/ALESSI Marie-Christine	MILLION Matthieu
CASTINETTI Frédéric	GIORGI Roch	MOAL Valérie
CECCALDI Mathieu	GIOVANNI Antoine	MORANGE Pierre-Emmanuel
CHAGNAUD Christophe	GIRARD Nadine	MOULIN Guy
CHAMBOST Hervé	GIRAUD/CHABROL Brigitte	MOUTARDIER Vincent
CHAMPSAUR Pierre	GONCALVES Anthony	<i>MUNDLER Olivier Surnombre</i>
CHANEZ Pascal	GRANEL/REY Brigitte	NAUDIN Jean
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GRANVAL Philippe	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
CHARREL Rémi	GREILLIER Laurent	NICOLLAS Richard
CHAUMOITRE Kathia	GRIMAUD Jean-Charles	OLIVE Daniel
CHIARONI Jacques	GROB Jean-Jacques	OUAFIK L'Houcine
CHINOT Olivier		OVAERT-REGGIO Caroline

## PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

PAGANELLI Franck	ROCH Antoine	TRIGLIA Jean-Michel
PANUEL Michel	ROCHWERGER Richard	TROPIANO Patrick
PAPAZIAN Laurent	ROLL Patrice	TSIMARATOS Michel
PAROLA Philippe	ROSSI Dominique	TURRINI Olivier
<i>PARRATTE Sébastien Disponibilité</i>	ROSSI Pascal	VALERO René
PELISSIER-ALICOT Anne-Laure	ROUDIER Jean	VAROQUAUX Arthur Damien
PELLETIER Jean	SALAS Sébastien	VELLY Lionel
PERRIN Jeanne	<i>SAMBUC Roland Surnombre</i>	VEY Norbert
PETIT Philippe	SARLES/PHILIP Nicole	VIDAL Vincent
PHAM Thao	SARLON-BARTOLI Gabrielle	VIENS Patrice
PIERCECCHI/MARTI Marie-Dominique	SCAVARDA Didier	VILLANI Patrick
PIQUET Philippe	SCHLEINITZ Nicolas	VITON Jean-Michel
PIRRO Nicolas	SEBAG Frédéric	VITTON Véronique
POINSO François	SEITZ Jean-François	VIEHWEGER Heide Elke
RACCAH Denis	SIELEZNEFF Igor	VIVIER Eric
RANQUE Stéphane	SIMON Nicolas	XERRI Luc
RAOULT Didier	STEIN Andréas	
REGIS Jean	TAIEB David	
REYNAUD/GAUBERT Martine	THIRION Xavier	
REYNAUD Rachel	THOMAS Pascal	
RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth	THUNY Franck	
ROCHE Pierre-Hugues	TREBUCHON-DA FONSECA Agnès	

---

### PROFESSEUR DES UNIVERSITES

ADALIAN Pascal  
AGHABABIAN Valérie  
BELIN Pascal  
CHABANNON Christian  
CHABRIERE Eric  
FERON François  
LE COZ Pierre  
LEVASSEUR Anthony  
RANJEVA Jean-Philippe  
SOBOL Hagay

### PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

### PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

### PROFESSEUR DES UNIVERSITES MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

### PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE A MI-TEMPS

ADNOT Sébastien  
GUIDA Pierre

### PROFESSEUR ASSOCIE DES UNIVERSITES (disciplines médicales)

LOUIS-BORRIONE Claude



## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AHERFI Sarah	ELDIN Carole	NINOVE Laetitia
ANGELAKIS Emmanouil ( <i>disponibilité</i> )	FABRE Alexandre	NOUGAIREDE Antoine
ATLAN Catherine ( <i>disponibilité</i> )	FAURE Alice	OLLIVIER Matthieu
BARTHELEMY Pierre	FOLETTI Jean- Marc	PAULMYER/LACROIX Odile
BEGE Thierry	FOUILLOUX Virginie	PESENTI Sébastien
BELIARD Sophie	FRANKEL Diane	RADULESCO Thomas
BENYAMINE Audrey	FROMNOT Julien	RESSEGUIER Noémie
BERGE-LEFRANC Jean-Louis	GASTALDI Marguerite	ROBERT Philippe
BERTRAND Baptiste	GELSI/BOYER Véronique	ROMANET Pauline
BEYER-BERJOT Laura	GIUSIANO Bernard	SABATIER Renaud
BIRNBAUM David	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	SARI-MINODIER Irène
BONINI Francesca	GONZALEZ Jean-Michel	SAVEANU Alexandru
BOUCRAUT Joseph	GOURIET Frédérique	SECQ Véronique ( <i>disponibilité</i> )
BOULAMERY Audrey	GRAILLON Thomas	STELLMANN Jan-Patrick
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUERIN Carole	SUCHON Pierre
BOUSSEN Salah Michel	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	TABOURET Emeline
BUFFAT Christophe	GUIDON Catherine	TOGA Caroline
CAMILLERI Serge	GUIVARCH Jokthan	TOGA Isabelle
CARRON Romain	HAUTIER/KRAHN Aurélie	TOMASINI Pascale
CASSAGNE Carole	HRAIECH Sami	TOSELLO Barthélémy
CERMOLACCE Michel	KASPI-PEZZOLI Elise	TROUSSE Delphine
CHAUDET Hervé	L'OLLIVIER Coralie	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CHRETIEN Anne-Sophie	LABIT-BOUVIER Corinne	VELY Frédéric
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	VION-DURY Jean
CUNY Thomas	LAGIER Aude ( <i>disponibilité</i> )	ZATTARA/CANNONI Hélène
DADOUN Frédéric ( <i>disponibilité</i> )	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	
DALES Jean-Philippe	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DAUMAS Aurélie	LOOSVELD Marie	
DEGEORGES/VITTE Joëlle	MAAROUF Adil	
DELLIAUX Stéphane	MACAGNO Nicolas	
DESPLAT/JEGO Sophie	MAUES DE PAULA André	
DEVILLIER Raynier	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
DUBOURG Grégory	NGUYEN PHONG Karine	
DUCONSEIL Pauline		
DUFOUR Jean-Charles		

---

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

ABU ZAINEH Mohammad	DEGIOANNI/SALLE Anna	POUGET Benoît
BARBACARU/PERLES T. A.	DESNUES Benoît	RUEL Jérôme
BERLAND/BENHAIM Caroline	MARANINCHI Marie	THOLLON Lionel
BOUCAULT/GARROUSTE Françoise	MERHEJ/CHAUVEAU Vicky	THIRION Sylvie
BOYER Sylvie	MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte	VERNA Emeline
COLSON Sébastien	POGGI Marjorie	

## MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

CASANOVA Ludovic

## MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques  
BONNET Pierre-André  
CALVET-MONTREDON Céline  
JANCZEWSKI Aurélie  
NUSSLI Nicolas  
ROUSSEAU-DURAND Raphaëlle  
THERY Didier (nomination au 1/10/2019)

**MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS**

BOURRIQUEN Maryline

EVANS-VIALLAT Catherine

LUCAS Guillaume

MATHEU Marion

MAYENS-RODRIGUES Sandrine

MELLINAS Marie

REVIS Joana

ROMAN Christophe

TRINQUET Laure

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES et MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS  
PROFESSEURS ASSOCIES, MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES mono-appartenants**

**ANATOMIE 4201**

CHAMPSAUR Pierre (PU-PH)  
LE CORROLLER Thomas (PU-PH)  
PIRRO Nicolas (PU-PH)

GUENOUN-MEYSSIGNAC Daphné (MCU-PH)  
LAGIER Aude (MCU-PH) *disponibilité*

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

**ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203**

CHARAFE/JAUFFRET Emmanuelle (PU-PH)  
DANIEL Laurent (PU-PH)  
FIGARELLA/BRANGER Dominique (PU-PH)  
GARCIA Stéphane (PU-PH)  
XERRI Luc (PU-PH)

DALES Jean-Philippe (MCU-PH)  
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie (MCU PH)  
LABIT/BOUVIER Corinne (MCU-PH)  
MACAGNO Nicolas (MCU-PH)  
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)  
SECQ Véronique (MCU-PH) *disponibilité*

**ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ;  
MEDECINE URGENCE 4801**

ALBANESE Jacques (PU-PH)  
BRUDER Nicolas (PU-PH)  
LEONE Marc (PU-PH)  
MICHEL Fabrice (PU-PH)  
VELLY Lionel (PU-PH)

BOUSSEN Salah Michel (MCU-PH)  
GUIDON Catherine (MCU-PH)

**ANTHROPOLOGIE 20**

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (MCF)  
POUGET Benoît (MCF)  
VERNA Emeline (MCF)

**BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501**

CHARREL Rémi (PU PH)  
DRANCOURT Michel (PU-PH)  
FENOLLAR Florence (PU-PH)  
FOURNIER Pierre-Edouard (PU-PH)  
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier (PU-PH)  
LA SCOLA Bernard (PU-PH)  
RAOULT Didier (PU-PH)

AHERFI Sarah (MCU-PH)  
ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH) *disponibilité*  
DUBOURG Grégory (MCU-PH)  
GOURIET Frédérique (MCU-PH)  
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)  
NINOVE Laetitia (MCU-PH)

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)

LEVASSEUR Anthony (PR) (64ème section)  
DESNUES Benoit (MCF) ( 65ème section )  
MERHEJ/CHAUVEAU Vicky (MCF) (87ème section)

**BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401**

BARLIER/SETTI Anne (PU-PH)  
GABERT Jean (PU-PH)  
GUIEU Régis (PU-PH)  
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)  
FROMNOT Julien (MCU-PH)  
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)  
ROMANET Pauline (MCU-PH)  
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

**ANGLAIS 11**

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

**BIOLOGIE CELLULAIRE 4403**

ROLL Patrice (PU-PH)

FRANKEL Diane (MCU-PH)  
GASTALDI Marguerite (MCU-PH)  
KASPI-PEZZOLI Elise (MCU-PH)  
LEVY-MOZZICONNACCI Annie (MCU-PH)

**BIOLOGIE ET MEDECINE DU DEVELOPPEMENT  
ET DE LA REPRODUCTION ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5405**

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)  
PERRIN Jeanne (PU-PH)  
DRH Campus Timone

MAJ 01.09.2019



GUEDJ Eric (PU-PH)  
 GUYE Maxime (PU-PH)  
 MUNDLER Olivier (PU-PH) *Surnombre*  
 TAIEB David (PU-PH)

BELIN Pascal (PR) (69ème section)  
 RANJEVA Jean-Philippe (PR) (69ème section)

CAMMILLERI Serge (MCU-PH)  
 VION-DURY Jean (MCU-PH)

BARBACARU/PERLES Téodora Adriana (MCF) (69ème section)

#### BIOSTATISTIQUES, INFORMATIQUE MEDICALE ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604

GAUDART Jean (PU-PH)  
 GIORGI Roch (PU-PH)  
 MANCINI Julien (PU-PH)

CHAUDET Hervé (MCU-PH)  
 DUFOUR Jean-Charles (MCU-PH)  
 GIUSIANO Bernard (MCU-PH)

ABU ZAINEH Mohammad (MCF) (5ème section)  
 BOYER Sylvie (MCF) (5ème section)

#### CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)  
 BLONDEL Benjamin (PU-PH)  
 CURVALE Georges (PU-PH) *Surnombre*  
 FLECHER Xavier (PU PH)  
 PARRATTE Sébastien (PU-PH) *Disponibilité*  
 ROCHWERGER Richard (PU-PH)  
 TROPIANO Patrick (PU-PH)

OLLIVIER Matthieu (MCU-PH)

#### CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702

BERTUCCI François (PU-PH)  
 CHINOT Olivier (PU-PH)  
 COWEN Didier (PU-PH)  
 DUFFAUD Florence (PU-PH)  
 GONCALVES Anthony (PU-PH)  
 HOUVENAEGHEL Gilles (PU-PH)  
 LAMBAUDIE Eric (PU-PH)  
 SALAS Sébastien (PU-PH)  
 VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)  
 TABOURET Emeline (MCU-PH)

AVIERINOS Jean-François (PU-PH)  
 BONELLO Laurent (PU PH)  
 BONNET Jean-Louis (PU-PH)  
 CUISSET Thomas (PU-PH)  
 DEHARO Jean-Claude (PU-PH)  
 FRANCESCHI Frédéric (PU-PH)  
 HABIB Gilbert (PU-PH)  
 PAGANELLI Franck (PU-PH)  
 THUNY Franck (PU-PH)

#### CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE 5202

BERDAH Stéphane (PU-PH)  
 DELPERO Jean-Robert (PU-PH) *Surnombre*  
 HARDWIGSEN Jean (PU-PH)  
 MOUTARDIER Vincent (PU-PH)  
 SEBAG Frédéric (PU-PH)  
 SIELEZNEFF Igor (PU-PH)  
 TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)  
 BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)  
 BIRNBAUM David (MCU-PH)  
 DUCONSEIL Pauline (MCU-PH)  
 GUERIN Carole (MCU PH)

#### CHIRURGIE INFANTILE 5402

GUYE Jean-Michel (PU-PH) *Surnombre*  
 JOUVE Jean-Luc (PU-PH)  
 LAUNAY Franck (PU-PH)  
 MERROT Thierry (PU-PH)  
 VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)  
 FAURE Alice (MCU PH)  
 PESENTI Sébastien (MCU-PH)

LOUIS-BORRIONE Claude (PR associé des Universités)

#### CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)  
 GUYOT Laurent (PU-PH)  
 FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

**CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103**

COLLART Frédéric (PU-PH)  
 D'JOURNO Xavier (PU-PH)  
 DODDOLI Christophe (PU-PH)  
 GARIBOLDI Vlad (PU-PH)  
 MACE Loïc (PU-PH)  
 THOMAS Pascal (PU-PH)

FOUILLOUX Virginie (MCU-PH)  
 TROUSSE Delphine (MCU-PH)

**CHIRURGIE PLASTIQUE,****RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOGIE 5004**

CASANOVA Dominique (PU-PH)  
 LEGRE Régis (PU-PH)

BERTRAND Baptiste (MCU-PH)  
 HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

**CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104**

ALIMI Yves (PU-PH)  
 AMABILE Philippe (PU-PH)  
 BARTOLI Michel (PU-PH)  
 BOUFI Mourad (PU-PH)  
 MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)  
 PIQUET Philippe (PU-PH)  
 SARLON-BARTOLI Gabrielle (PU PH)

**GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201**

BARTHET Marc (PU-PH)  
*BERNARD Jean-Paul (PU-PH) retraite au 25/11/2019*  
*BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH) Surnombre*  
 DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)  
 GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)  
 GRANDVAL Philippe (PU-PH)  
 GRIMAUD Jean-Charles (PU-PH)  
 SEITZ Jean-François (PU-PH)  
 VITTON Véronique (PU-PH)

**HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202**

LEPIDI Hubert (PU-PH)  
 LEPIDI Hubert (PU-PH)

PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

**DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003**

BERBIS Philippe (PU-PH)  
 DELAPORTE Emmanuel (PU-PH)  
 GAUDY/MARQUESTE Caroline (PU-PH)  
 GROB Jean-Jacques (PU-PH)  
 RICHARD/LALLEMAND Marie-Aleth (PU-PH)

**GENETIQUE 4704**

BEROUD Christophe (PU-PH)  
 KRAHN Martin (PU-PH)  
 LEVY Nicolas (PU-PH)  
 SARLES/PHILIP Nicole (PU-PH)

**DUSI**

COLSON Sébastien (MCF)

NGYUEN Karine (MCU-PH)  
 TOGA Caroline (MCU-PH)  
 ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

BOURRIQUEN Maryline (MAST)  
 EVANS-VIALLAT Catherine (MAST)  
 LUCAS Guillaume (MAST)  
 MAYEN-RODRIGUES Sandrine (MAST)  
 MELLINAS Marie (MAST)  
 ROMAN Christophe (MAST)  
 TRINQUET Laure (MAST)

**GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403**

AGOSTINI Aubert (PU-PH)  
*BOUBLI Léon (PU-PH) Surnombre*  
 BRETELLE Florence (PU-PH)  
 CARCOPINO-TUSOLI Xavier (PU-PH)  
 COURBIERE Blandine (PU-PH)  
 CRAVELLO Ludovic (PU-PH)  
 D'ERCOLE Claude (PU-PH)

**ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ;  
GYNECOLOGIE MEDICALE 5404**

BRUE Thierry (PU-PH)  
 CASTINETTI Frédéric (PU-PH)  
 CUNY Thomas (MCU PH)



AUQUIER Pascal (PU-PH)  
 BERBIS Julie (PU-PH)  
 BOYER Laurent (PU-PH)  
 GENTILE Stéphanie (PU-PH)  
 SAMBUC Roland (PU-PH) Surnombre  
 THIRION Xavier (PU-PH)

BLAISE Didier (PU-PH)  
 COSTELLO Régis (PU-PH)  
 CHIARONI Jacques (PU-PH)  
 GILBERT/ALESSI Marie-Christine (PU-PH)  
 MORANGE Pierre-Emmanuel (PU-PH)  
 VEY Norbert (PU-PH)

LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)  
 RESSEGUIER Noémie (MCU-PH)

DEVILLIER Raynier (MCU PH)  
 GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)  
 LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)  
 LOOSVELD Marie (MCU-PH)  
 SUCHON Pierre (MCU-PH)

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)  
 TANTI-HARDOUIN Nicolas (PRAG)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

#### IMMUNOLOGIE 4703

#### MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE 4603

KAPLANSKI Gilles (PU-PH)  
 MEGE Jean-Louis (PU-PH)  
 OLIVE Daniel (PU-PH)  
 VIVIER Eric (PU-PH)

BARTOLI Christophe (PU-PH)  
 LEONETTI Georges (PU-PH)  
 PELISSIER-ALICOT Anne-Laure (PU-PH)  
 PIERCECCHI-MARTI Marie-Dominique (PU-PH)

FERON François (PR) (69ème section)

TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BOUCRAUT Joseph (MCU-PH)  
 CHRETIEN Anne-Sophie (MCU PH)  
 DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)  
 DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)  
 ROBERT Philippe (MCU-PH)  
 VELY Frédéric (MCU-PH)

BERLAND/BENHAIM Caroline (MCF) (1ère section)

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

#### MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905

#### MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

BENSOUSSAN Laurent (PU-PH)  
 VITON Jean-Michel (PU-PH)

BROUQUI Philippe (PU-PH)  
 LAGIER Jean-Christophe (PU-PH)  
 MILLION Matthieu (PU-PH)  
 PAROLA Philippe (PU-PH)  
 STEIN Andréas (PU-PH)

#### MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

ELDIN Carole (MCU-PH)

BERGE-LEFRANC Jean-Louis (MCU-PH)  
 SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

#### MEDECINE D'URGENCE 4805

KERBAUL François (PU-PH) détachement  
 MICHELET Pierre (PU-PH)

#### MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT ; ADDICTOLOGIE 5301

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)  
 DISDIER Patrick (PU-PH)  
 DURAND Jean-Marc (PU-PH)  
 EBBO Mikael (PU-PH)  
 GRANUL/REY Brigitte (PU-PH)  
 HARLE Jean-Robert (PU-PH)  
 ROSSI Pascal (PU-PH)  
 SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)  
 BENYAMINE Audrey (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (PR Méd. Gén. Temps plein)

CASANOVA Ludovic (MCF Méd. Gén. Temps plein)

ADNOT Sébastien (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

GUIDA Pierre (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén à mi-temps)

CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)

JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

NUSSLI Nicolas (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

ROUSSEAU-DURAND Raphaëlle (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

THERY Didier (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps) (nomination au 1/10/2019)

#### NUTRITION 4404

DARMON Patrice (PU-PH)

RACCAH Denis (PU-PH)

VALERO René (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité

BELIARD Sophie (MCU-PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

#### ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)

SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

#### OPHTALMOLOGIE 5502

DENIS Danièle (PU-PH)

HOFFART Louis (PU-PH) Disponibilité

MATONTI Frédéric (PU-PH) Disponibilité

#### OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501

DESSI Patrick (PU-PH)

FAKHRY Nicolas (PU-PH)

GIOVANNI Antoine (PU-PH)

LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)

MICHEL Justin (PU-PH)

NICOLLAS Richard (PU-PH)

TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)

RADULESCO Thomas (MCU-PH)

REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)

BRUNET Philippe (PU-PH)

BURTEY Stéphanie (PU-PH)

DUSSOL Bertrand (PU-PH)

JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)

MOAL Valérie (PU-PH)

#### NEUROCHIRURGIE 4902

DUFOUR Henry (PU-PH)

FUENTES Stéphane (PU-PH)

REGIS Jean (PU-PH)

ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)

SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)

GRAILLON Thomas (MCU PH)

#### NEUROLOGIE 4901

ATTARIAN Sharham (PU PH)

AUDOIN Bertrand (PU-PH)

AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)

CECCALDI Mathieu (PU-PH)

EUSEBIO Alexandre (PU-PH)

FELICIAN Olivier (PU-PH)

PELLETIER Jean (PU-PH)

MAAROUF Adil (MCU-PH)

#### PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904

DA FONSECA David (PU-PH)

POINSO François (PU-PH)

GUIVARCH Jokthan (MCU-PH)

#### PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE - PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803

BLIN Olivier (PU-PH)

FAUGERE Gérard (PU-PH) Surnombre

MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)

SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)



RANQUE Stéphane (PU-PH)

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

CASSAGNE Carole (MCU-PH)

MATHIEU Marion (MAST)

L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)

TOGA Isabelle (MCU-PH)

**PHYSIOLOGIE 4402****PEDIATRIE 5401**

ANDRE Nicolas (PU-PH)

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)

CHAMBOST Hervé (PU-PH)

BREGEON Fabienne (PU-PH)

DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)

GABORIT Bénédicte (PU-PH)

GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)

MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)

MICHEL Gérard (PU-PH)

TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

MILH Mathieu (PU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)

OVAERT-REGGIO Caroline (PU-PH)

BONINI Francesca (MCU-PH)

REYNAUD Rachel (PU-PH)

BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)

TSIMARATOS Michel (PU-PH)

*DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)*

DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)

RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)

FABRE Alexandre (MCU-PH)

THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

TOSELLO Barthélémy (MCU-PH)

**PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903****PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101**

BAILLY Daniel (PU-PH)

ASTOUL Philippe (PU-PH)

LANCON Christophe (PU-PH)

BARLESI Fabrice (PU-PH)

NAUDIN Jean (PU-PH)

CHANEZ Pascal (PU-PH)

CERMOLACCE Michel (MCU-PH)

GREILLIER Laurent (PU PH)

**PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16**

REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

AGHABABIAN Valérie (PR)

TOMASINI Pascale (MCU-PH)

**RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302****RHUMATOLOGIE 5001**

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)

GUIS Sandrine (PU-PH)

CHAGNAUD Christophe (PU-PH)

LAFFORGUE Pierre (PU-PH)

CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)

PHAM Thao (PU-PH)

GIRARD Nadine (PU-PH)

ROUDIER Jean (PU-PH)

JACQUIER Alexis (PU-PH)

MOULIN Guy (PU-PH)

PANUEL Michel (PU-PH)

PETIT Philippe (PU-PH)

VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)

VIDAL Vincent (PU-PH)

**THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804**

AMBROSI Pierre (PU-PH)

VILLANI Patrick (PU-PH)

STELLMANN Jan-Patrick (MCU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

**REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802****UROLOGIE 5204**

GAINNIER Marc (PU-PH)

BASTIDE Cyrille (PU-PH)

GERBEAUX Patrick (PU-PH)

KARSENTY Gilles (PU-PH)

PAPAZIAN Laurent (PU-PH)

LECHEVALLIER Eric (PU-PH)

ROCH Antoine (PU-PH)

ROSSI Dominique (PU-PH)

HRAIECH Samir (MCU-PH)

MAJ 01.09.2019



## Remerciements

### Aux membres du jury :

M. le Pr Valero : pour votre bienveillance, votre sympathie et votre disponibilité. Merci pour vos conseils durant tout l'internat. Vos visites le mercredi sont un vrai plaisir et nous permettent de progresser chaque semaine. J'espère vraiment que l'avenir nous permettra de travailler ensemble.

Mme le Pr Dutour : pour vos conseils, votre encadrement et votre enseignement, notamment pendant le Master 2.

M. le Pr Giorgi : ce travail de thèse aurait été beaucoup plus difficile sans vous. Merci pour votre expertise en biostatistiques, et j'ai hâte de me former à ce domaine auprès de vous.

Dr Clémence Treglia : c'est toi qui m'as donné envie de faire de l'endocrinologie, lors de mon stage en HDJ à Sainte en 2012. Merci pour ta bonne humeur sans faille. J'aurais sûrement choisi une autre voie si on ne s'était pas croisés.

Dr Sophie Beliard : pour tout le temps que tu m'as consacré. Merci pour tes conseils sur la thèse, sur l'internat, sur la suite. Je pense que je n'aurais pas eu le courage de m'engager sur la voie universitaire si tu n'avais pas été là. J'espère continuer à bénéficier de ta bienveillance sur la suite de mon parcours, et peut-être avoir la chance de travailler en collaboration avec toi à l'avenir.

### Aux amis :

Lilyan : t'es mon plus vieux pote ! Et on se supporte toujours après presque 20 ans, ça doit être un signe qu'on s'entend bien. Nos soirées sans fin à discuter me manquent un peu, maintenant qu'on a des emplois du temps un peu plus chargés (et qu'on se couche beaucoup plus tôt). Je sais que tu seras toujours dispo si besoin, et inversement, et ça c'est vachement cool.

Maël : p'tet qu'un jour, on arrivera à se voir sans que tu nous poses un lapin sans prévenir ^^ . Merci pour ton absurdité et ton noëlisme hérité du 15-18. Et Gloire aux Nains, même si j'ai grandi entre temps.

Yann : merci pour ta bonne humeur perpétuelle (haha). Merci de rétablir un peu de calme et d'aigreur dans ce groupe d'idiots beaucoup trop enjoués quand on se retrouve.

Renaud : pour cette coloc beaucoup trop longue et délétère pour nos cerveaux respectifs, pour toutes ces roustes à FIFA (même si tu prétends le contraire). C'est beaucoup trop loin Dijon mec, reviens profiter du soleil un peu !

John & Agnès (oui, vous n'êtes qu'une seule personne maintenant) : pour les cinés clubs avec des bières, pour les soirées à boire des bières à la salle gueule, pour les bières au Zoumai ou au Morrisson, bref, pour les bières. Merci les amis pour toutes vos passions, vos réflexions et projets que vous nous faites partager.

Adéla & Pierre : Adela, pour tout notre accompagnement mutuel, de l'asso à la thèse, nos moments de doute, nos sous-colles avec de la bière (encore) et du saucisson (et des

mauvaises notes !), et tout ce genre de trucs. Pierre, pour le métal, évidemment ! (et les blagues pourries)

Fabien, Estelle, Claire, Olivier, Claire, Fanny, Fatou : merci pour toutes ces soirées autour d'une bière (déjà décidément...). Un vrai plaisir de vous retrouver régulièrement, à la salle gueule ou ailleurs, pour parler de vos vies sexuelles, de trucs dégueu que Claire a vu, ou de Fabien qui fait le marseillais. Sans oublier les Poulicrocs, évidemment.

Ahmed, Tich' : à nos années de fougue associative, quand on était jeunes, déjà aigris et pénibles, et de syndicalisme, quand on était un peu moins jeunes, toujours aigris, et encore plus pénibles. Le SAIHM (et l'AEM2, mais c'était y'a trop longtemps) n'a jamais été aussi bien servi que par vous deux.

Arthur & Valentin : merci d'avoir repris le flambeau et d'en avoir fait quelque chose de bien. Courage pour les ECN, vous verrez, l'internat, c'est mieux !

Julien, Sarah, Nico, Elliot, Camille, Claire, Meriem & ceux que j'oublie : c'est avec plaisir que je vous ai découverts et que j'ai appris à vous connaître, même si votre amour du moussoux me laisse toujours perplexe

Marion & David : les gogoles. Merci pour la saison nulle de Game of Thrones, et le Molkyy.

Aux Mortvifiens : pari risqué, à 15ans, de rencontrer des gens de 10 ans de plus que moi connus sur internet. Ca valait le coup ! Merci particulièrement à Sophie pour ton soutien, cet avant-gout des études de médecine qui aurait du me faire me dire que ça allait pas être si simple ^^

#### Aux équipes d'endocrino :

Les copains : Philippine (pour nos 1,5 ans partagés), Martin (pour nos discussions), Marine, Nico (bientôt, je redeviendrai chevelu aussi), Véro, Manon, Léa, Vincent, Anastasia (merciiii pour le semestre, cheffe !), Rachel, Adèle, Lorenzo, Santa, et les nouvelles Lauranne et Alice, et tous les internes d'autres spécialités avec qui j'ai partagé un semestre : merci d'avoir rendu l'internat supportable voire agréable, malgré notre statut, nos horaires et tout le reste (je referme la parenthèse syndicaliste).

Nos chers chefs, toujours bienveillants, qui nous ont permis de progresser et d'appréhender la plus belle des spécialités. Audrey pour ces heures passées à discuter, Frédérique pour les codages, Thomas pour ta bonne humeur, ainsi que tous les autres.

Les équipes paramédicales, au top, sans qui j'aurais fait bien plus d'erreurs au début (et même à la fin) de mon internat. A ces infirmiers et infirmières (qui se reconnaîtront) qui m'ont challengé dès le début et qui continuent de le faire, en m'envoyant des petits tacles, mais dans la bonne humeur ;)

#### A ma famille :

Ma mère : pour tout. De m'avoir élevé et supporté jusqu'à maintenant, même dans les moments difficiles où je sais que j'ai été insupportable. J'espère que tu sais tout le bien que je pense de toi.

Mon père : même si les relations sont un peu difficiles par moment. Je suis content qu'on soit là dans les moments importants l'un pour l'autre. Peut-être même qu'un jour nos débats s'apaiseront.

Ma sœur : malgré tout, haha. Même si c'était pas gagné pendant mes 20 premières années de vie, on a fini par réussir à se supporter ! Et c'est plutôt sympa comme ça. Prends soin de toi.

Ma grand-mère : j'espère que tu auras l'occasion d'assister à la soutenance de cette thèse. Merci pour ta gentillesse.

Les oncles, tantes et cousin.e.s : même si on ne se voit pas beaucoup en dehors des fêtes de famille, c'est toujours un plaisir de vous recroiser.

Mes autres grands-parents et ma tante, que je n'ai pas eu la chance de côtoyer assez longtemps.

A tous les autres :

Les copains de fac que je ne vois plus parce qu'ils sont partis trop loin : Marion, Coco, Rémy et tous ceux que j'ai croisé à divers moments. N'hésitez pas à revenir, il fait toujours aussi beau ici !

Aux appariteurs Georges, Monique, Valérie, Sofiane et les autres, pour les moments de soutien pendant l'externat.

Aux Soulie et aux Ducret : quel plaisir de vous connaître ! Merci de m'avoir immédiatement accepté. C'est toujours un plaisir de vous voir.

A toi, Marion, qui partage ma vie depuis plus de deux ans maintenant. Merci, tout simplement.

## Table des matières

I.	Introduction .....	2
a.	Hypercholestérolémie familiale .....	2
b.	Augmentation des événements cardio-vasculaires .....	3
c.	Le registre national de l'hypercholestérolémie familiale.....	3
d.	Developmental Origins of Health and Diseases .....	4
II.	Matériel et méthodes .....	5
III.	Résultats.....	7
a.	Caractéristiques clinicobiologiques des groupes HM et HP lors de la dernière visite dans le centre. ....	8
b.	Evènements CV selon les groupes HM et HP. ....	9
c.	Facteurs prédictifs d'évènement CV. ....	10
IV.	Discussion.....	15
V.	Conclusion.....	22
	Références bibliographiques.....	23

## I. Introduction

### a. Hypercholestérolémie familiale

L'hypercholestérolémie familiale (HF) est une maladie génétique à transmission autosomique dominante due à une mutation sur les gènes impliqués dans le catabolisme des lipoparticules LDL transportant le cholestérol : LDLR, APOB et PCSK9. L'hypercholestérolémie familiale hétérozygote fait partie des maladies génétiques les plus fréquentes dans la population générale : on estime sa prévalence entre 1/250 et 1/500 en France, soit entre 130 000 et 250 000 personnes en France [1]. Elle se caractérise par une élévation importante du LDL-cholestérol (le « mauvais cholestérol ») dès la naissance, entraînant un sur-risque cardiovasculaire très important si cette pathologie n'est pas traitée, du fait du développement d'une athérosclérose précoce. L'hypercholestérolémie familiale homozygote est beaucoup plus rare (1/300 000 à 1/160 000) et se caractérise par des taux de LDL-c encore plus élevés et une survenue extrêmement précoce d'événements cardio-vasculaires, avant 20 ans en l'absence de traitement.

Le diagnostic d'hypercholestérolémie familiale hétérozygote doit être évoqué devant un bilan lipidique retrouvant un LDL-cholestérol supérieur à 1,9 g/L chez l'adulte (ou > 1,6 g/L chez un adulte sous statine) et 1,6 g/L chez l'enfant. Il est ensuite conforté par l'utilisation de scores clinico-biologiques spécifiques, tels que le Dutch Lipid Clinic Network. Ce score regroupant des critères clinico-biologiques (histoire familiale d'hypercholestérolémie, taux de LDL-c, événements cardio-vasculaires personnels ou familiaux, présence de xanthomes ou arcs cornéens notamment) permet de classer la probabilité d'être atteint d'hypercholestérolémie familiale en « improbable » (score de 0 à 2), « possible » (3 à 5), « probable » (6 à 8) ou « définie » (9 à 26). Le diagnostic de certitude repose, quant à lui, sur le dépistage génétique et l'identification d'une mutation sur l'un des gènes impliqués dans l'endocytose des particules LDL.

Le gène le plus fréquemment muté dans l'hypercholestérolémie familiale est le gène du LDL-Récepteur (LDLR) dans environ 79 % des cas, puis le gène de l'Apolipoprotéine B dans environ 5 % des cas et enfin le gène de PCSK-9 (Protein Convertase Subtilisin/Kexin type 9) dans environ 1 % des cas. Il n'est pas retrouvé de mutation dans près de 20 % des cas [2]. En France, cette pathologie reste largement méconnue de la population générale et des professionnels de santé puisqu'il est estimé que seul 1 % des cas d'hypercholestérolémie familiale est diagnostiqué, et donc traité. Depuis quelques années, des registres nationaux (par exemple



aux Pays-Bas [3]) ou des cohortes nationales non exhaustives (Espagne [4]) ont été mis en place afin de faciliter le dépistage et donc la prise en charge de cette pathologie. En France, un registre répertoriant les cas d'hypercholestérolémie familiale (hétérozygote et homozygote) a été mis en place en 2015 et compte environ 6700 patients (REFERCHOL REgistre Français de l'hypERCHOLestérolémie familiale). Seuls les registres permettent de suivre les patients sur du long terme ainsi que les enfants.

#### b. Augmentation des événements cardio-vasculaires

La morbi-mortalité associée à cette pathologie est due au sur-risque cardiovasculaire chez les patients atteints. En effet, il est estimé que, en l'absence de traitement, 50% des hommes et 30 % des femmes atteints par la forme hétérozygote de cette maladie développeront une maladie cardio-vasculaire, principalement à type de coronaropathie [5], ou que le risque cardio-vasculaire chez ces patients est multiplié par 13 par rapport à la population générale [6].

Cette surmortalité, principalement due à une méconnaissance de la pathologie, est d'autant plus dommageable que, si l'hypercholestérolémie familiale est dépistée et prise en charge tôt, le risque de morbi-mortalité cardiovasculaire rejoint celui de la population générale [7][8]. Le traitement repose principalement sur les statines (inhibiteurs de la HMG-CoA réductase) avec un objectif de LDL-cholestérol inférieur à 0,7 g/L chez l'adulte en prévention primaire et inférieur à 1,6 g/L chez l'enfant [9]. Aux statines peuvent s'ajouter d'autres traitements si l'objectif n'est pas atteint, tels que l'Ezetimibe, les LDL-aphérèses ou les inhibiteurs de PCSK-9, nouvellement mis sur le marché en France et remboursés en cas d'hypercholestérolémie familiale sous conditions.

#### c. Le registre national de l'hypercholestérolémie familiale

En 2015 a été créé un registre français de l'hypercholestérolémie familiale, répertoriant les patients consultant dans les centres spécialisés en lipidologie et pour lesquels un diagnostic d'hypercholestérolémie familiale sera retenu sur les critères de la Dutch Lipid Clinic  $\geq 6$ . Cette étude de cohorte prospective, observationnelle, non interventionnelle, multicentrique et nationale est coordonnée le Dr Beliard. Les items à recueillir lors des visites d'inclusion et de suivi comprennent des données cliniques personnelles (facteurs de risque cardiovasculaire, IMC, traitements hypocholestérolémiants, maladies cardiovasculaires) et familiales

(antécédent familial d'hypercholestérolémie, de maladie cardiovasculaire), des données biologiques (bilan lipidique notamment) et des résultats génétiques. Les événements cardiovasculaires détaillés ainsi que les différents examens cardiovasculaires sont également rapportés dans le registre, ainsi que les décès et les perdus de vue.

Ce registre est alimenté par 22 centres recruteurs en France. Les analyses génétiques, quant à elles, sont réalisées dans 4 centres français. L'objectif de ce registre est de suivre une cohorte de patients atteints d'hypercholestérolémie familiale de façon rétrospective et prospective sur au moins une dizaine d'années, afin de réaliser un état des lieux de cette pathologie et de sa prise en charge, ainsi que de favoriser le dépistage, notamment familial.

#### d. Developmental Origins of Health and Diseases

Les origines développementales de la santé et des maladies, encore appelée hypothèse de Barker (du nom de son créateur) apparaît dans les années 1990. Elle naît à la suite des observations de l'équipe de David Barker, qui a montré une relation entre les taux de mortalité infantile entre 1921 et 1925 au Royaume-Uni et la mortalité par coronaropathie ischémique chez les adultes dans la même région entre 1968 et 1978. De ces observations est née l'hypothèse d'une origine fœtale aux maladies rencontrées lors de l'âge adulte, attribuée dans ce cas précis à des « variations nutritionnelles en début de vie » [10]. D'autres études menées par Roseboom se sont intéressées au moment de survenue d'une malnutrition durant le développement fœtal, dans le contexte de la famine de 1944-1945 aux Pays-Bas. Cette étude montrait une plus grande insulino-résistance et une moins bonne glycorégulation chez les fœtus exposés à la sous-nutrition tardivement durant la gestation, alors que les fœtus exposés précocement à une sous-nutrition avaient un risque plus élevé de dyslipidémie et de maladie coronaire. [11].

Les statines étant contre-indiquées dans la grossesse, et les hormones de la grossesse augmentant le taux de cholestérol plasmatique, le fœtus est exposé in utero à des taux très élevés de LDL-cholestérol maternels [12]. Cette exposition précoce à ces particules athérogènes pourrait présenter un risque de survenue d'événement cardio-vasculaire à l'âge adulte. L'objectif principal de notre étude est donc de comparer l'incidence des événements cardio-vasculaires, en fonction de l'héritage maternel ou paternel de la maladie, chez des patients atteints d'hypercholestérolémie familiale hétérozygote.

## II. Matériel et méthodes

Les patients étudiés sont tous inclus dans le registre national français d'hypercholestérolémie familiale REFERCHOL. Nous nous intéresserons dans notre étude aux patients recrutés à l'Assistance Publique des Hôpitaux de Marseille, de la création du registre jusqu'au 31 septembre 2019 (registre déclaré à l'APHM RC15 0295-1469). Les critères d'inclusion étaient de présenter une mutation génétique du LDLR, PCSK9 ou APOB à l'état hétérozygote, d'être majeur, suivi à l'Assistance Publique – Hôpitaux de Marseille, d'avoir donné son approbation pour être inclus dans le registre (note d'information). Les critères d'exclusion étaient les suivants : patient mineur, hypercholestérolémie familiale homozygote, l'absence d'hypercholestérolémie retrouvée chez les parents, une hypercholestérolémie chez les deux parents, l'absence d'information sur les parents dans le dossier médical, l'absence d'information sur les événements cardio-vasculaires dans le dossier médical, mutation génétique non retrouvée, refus de participer au registre.

Les éléments recueillis sont : le sexe du patient, son âge au moment de l'étude, son IMC, ses facteurs de risque cardio-vasculaire (tabagisme actif ou sevré < 3 ans, diabète, hypertension artérielle, antécédent familial au 1<sup>er</sup> degré de maladie cardio-vasculaire précoce), ses paramètres lipidiques (LDL-c à l'inclusion dans le registre, LDL-c maximal, les derniers taux connus de triglycérides, de HDL-c, de LDL-c, la valeur de Lp(a), le LDL-year score et le génotypage de l'apolipoprotéine E), la mutation génétique en lien avec l'hypercholestérolémie familiale (LDLR, PCSK9, ApoB), le type de traitement hypolipémiant et les événements cardio-vasculaires personnels (type : coronaropathie, AVC, AOMI, endartériectomie carotidienne, âge, récurrence). Le traitement oral maximal correspond à l'association d'une statine forte dose (Atorvastatine 40mg ou 80mg ou Rosuvastatine 10mg ou 20mg) associé à de l'Ezetimibe 10mg [13].

Le LDL-year score est une évaluation de l'exposition artérielle au cours de la vie au LDL-cholestérol. Il se calcule selon la formule suivante :  $(LDL-c \text{ maximal} * \text{âge au début des statines}) + (LDL-c \text{ à l'inclusion dans le registre} * (\text{âge à l'inclusion} - \text{âge au début des statines}))$ .

Les patients seront ensuite classés en 2 groupes en fonction de la transmission maternelle ou paternelle de la mutation génétique.

Les variables continues ont été décrites par leur moyenne et leur écart-type. Les variables catégorielles ont été décrites par leur effectif et pourcentage. Les variables continues ont été comparées par le test non paramétrique U de Mann-Whitney. Les variables catégorielles ont

été comparées par le test du chi-deux ou par le test de Fisher, selon les conditions d'applications. Les effets des facteurs prédictifs d'événements cardio-vasculaires, avec leur intervalle de confiance à 95 %, ont été estimés par la méthode de régression logistique. Une approche pas-à-pas a été utilisée en forçant la variable « héritabilité » dans le modèle et avec un seuil d'entrée et de sortie inférieur à 0,10. Une modélisation basée sur des variables pertinentes cliniquement a également été effectuée. Les tests ont été réalisés en situation bilatérale et ont été considérés comme statistiquement significatifs pour  $p \leq 0,05$ . L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel R (version 3.1.0).

### III. Résultats

Le centre lipidologique de l'APHM enregistrait 513 patients dans le registre au moment du recueil de données. Sur ces 513 patients, 196 présentaient une mutation génétique responsable d'une hypercholestérolémie familiale hétérozygote. Nous avons ensuite exclu 58 patients, dont 17 chez qui les antécédents familiaux n'ont pas été retrouvés, 17 mineurs, 2 homozygotes, 13 dont les parents présentaient tous deux une hypercholestérolémie, 6 dont les parents ne présentaient pas d'hypercholestérolémie connue, 1 adopté, 2 sous tutelle. Sur ces 138 patients, 64 ont été inclus dans le groupe hérédité maternelle et 74 dans le groupe hérédité paternelle.

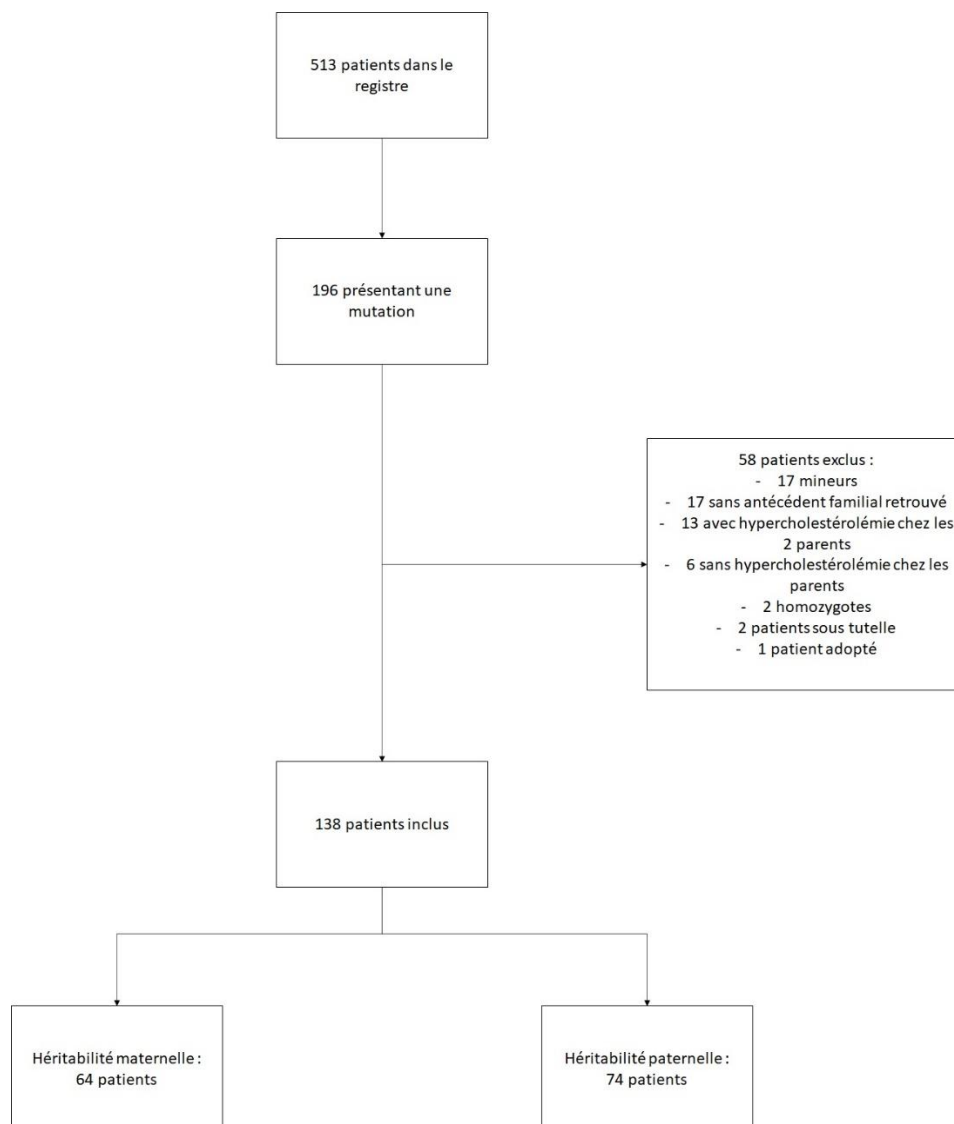


Fig 1 : diagramme de flux



a. Caractéristiques clinicobiologiques des groupes HM et HP lors de la dernière visite dans le centre.

Les caractéristiques des groupes sont détaillées dans le tableau 1. Les deux groupes étaient comparables sur les items suivants : le sexe, l'âge, l'IMC, le type de mutation, les paramètres lipidiques, le tabac, le diabète et le traitement (hors anticorps anti-PCSK9).

Les deux groupes présentaient des différences significatives à l'inclusion concernant l'hypertension artérielle (25 % dans le groupe hérédité maternelle vs 9,5 % dans le groupe hérédité paternelle,  $p=0,015$ ), les antécédents cardiovasculaires familiaux précoces (28,6 % dans le groupe hérédité maternelle vs 51,4 % dans le groupe hérédité paternelle,  $p=0,007$ ) et le traitement par anticorps anti-PCSK9 (20,3 % dans le groupe hérédité maternelle vs 5,4 % dans le groupe hérédité paternelle,  $p=0,008$ ).

Les patients ont été suivis pendant 3,1 ans dans le groupe HM et 2,6 ans dans le groupe HP. Les patients étaient des femmes pour 57 % (53 % groupe HM vs 61 % groupe HP,  $p=0,36$ ), avaient en moyenne 47 ans et un IMC à 24,8 kg/m<sup>2</sup>. La proportion de fumeurs était de 28,1 % dans le groupe HM et 24,3 % dans le groupe HP ( $p=0,61$ ), il y avait 9,4 % de diabétiques dans le groupe HM et 2,7 % dans le groupe HP ( $p=0,14$ ). Les paramètres lipidiques étaient tous comparables statistiquement au moment du recueil de données. Le taux de LDL-c maximal est à 3,25 g/L dans le groupe HM et 3,11 g/L dans le groupe HP ( $p=0,59$ ), la lipoprotéine (a) est de 0,42 g/L dans le groupe HM et 0,47 g/L dans le groupe HP ( $p=0,92$ ). Les mutations étaient strictement comparables entre les groupes avec une très grande majorité de mutation du gène LDLR (92,2 % dans le groupe HM vs 94,7 % dans le groupe HP,  $p=0,25$ ). Enfin, en dehors de la différence statistiquement significative concernant les anticorps anti-PCSK9, nos groupes ne présentaient pas d'autres différences significatives concernant leur traitement : l'âge de début est identique (26,6 ans groupe HM vs 26,4 ans groupe HP,  $p=0,98$ ), 9,4 % ne prennent pas de traitement dans le groupe HM contre 12,2 % dans le groupe HP ( $p=0,6$ ), 81 % des patients sont traités par statine dans les deux groupes ( $p=0,98$ ), 63 % sont traités par Ezetimibe (62,5 % vs 63,5 % respectivement,  $p=0,9$ ) et 39,1 % vs 41,9 % bénéficient du traitement oral maximal ( $p=0,74$ ).

Variable	Héritabilité maternelle (n=64)			Héritabilité paternelle (n=74)			p
	n	Ecart-type	Q1-Q3	n	Ecart-type	Q1-Q3	
Sexe (% femmes, n)	53 % (34)			61 % (45)			0,36
Âge (années)	49,6	(15,9)	[35-63]	45,4	(14,5)	[34-56]	0,14
Durée de suivi (années)	3,08	(2,05)	[2-4]	2,6	(1,93)	[1-4]	0,14
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,7	(4,2)	[21,3-27,4]	24,9	(3,9)	[22,2-27,3]	0,91
<b>Facteurs de risque cardiovasculaires</b>							
Tabagisme	28,1 % (18)			24,3 % (18)			0,61
Diabète	9,4 % (6)			2,7 % (2)			0,14
HTA	25 % (16)			9,5 % (7)			<b>0,015</b>
Antécédent familial précoce	28,6 % (18)			51,4 % (38)			<b>0,007</b>
<b>Paramètres lipidiques</b>							
Taux de LDL-c max (g/L)	3,25	(1,08)	[2,46-3,91]	3,11	(0,77)	[2,61-3,58]	0,59
Dernier LDL-c (g/L)	1,59	(0,71)	[1,08-1,94]	1,6	(0,79)	[1,04-1,96]	0,83
Dernier HDL-c (g/L)	0,55	(0,14)	[0,46-0,62]	0,53	(0,14)	[0,43-0,61]	0,55
Dernier TG (g/L)	1,24	(1,04)	[0,65-1,36]	1	(0,55)	[0,72-1,11]	0,27
LDL year score	112	(60,1)	[68-140]	100	(47,4)	[61-124]	0,34
Lipoprotéine a (g/L)	0,42	(0,36)	[0,1-0,77]	0,47	(0,64)	[0,11-0,47]	0,92
<b>Traitement</b>							
Âge de début des statines	26,6	(13,7)	[16-36]	26,4	(13,4)	[15,3-35,8]	0,98
Durée du traitement par statines	20,2	(11,8)	[11,5-29,8]	16,1	(12,6)	[5,5-26,3]	0,07
Absence de traitement	9,4 % (6)			12,2 % (9)			0,6
Statines	81,3 % (52)			81,1 % (60)			0,98
Ezetimibe	62,5 % (40)			63,5 % (47)			0,9
Traitement oral maximal	39,1 % (25)			41,9 % (31)			0,74
Anticorps anti-PCSK9	20,3 % (13)			5,4 % (4)			<b>0,008</b>
Levure rouge de riz	0 % (0)			1,4 % (1)			1
Questran	3,1 % (2)			0 (0)			0,21
LDL apherèse	0 % (0)			4,1 % (3)			0,25
<b>Mutation</b>							
LDL-R	92,2 % (59)			94,7 % (71)			0,25
MLPA LDL-R	3,1 % (2)			4,1 % (3)			1
ApoB	6,3 % (4)			1,4 % (1)			0,18
PCSK9	0 % (0)			1,4 % (1)			1

Tableau 1 : caractéristiques clinico-biologiques des groupes HM et HP lors de la dernière visite dans le centre. Les variables qualitatives sont présentées en pourcentage et valeur absolue, les variables continues sont présentées en valeur absolue accompagnées de l'écart-type et de l'espace interquartile.

b. Evènements CV selon les groupes HM et HP.

Concernant les événements cardio-vasculaires, il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre les groupes en ce qui concerne le pourcentage de patients faisant un événement cardio-vasculaire (35,9 % dans le groupe HM vs 27 % dans le groupe HP, p=0,2),

l'âge au 1<sup>er</sup> événement cardiovasculaire (44 ans vs 44,8 ans,  $p=0,67$ ), le nombre d'événements par patient (2,5 événements/patient dans le groupe HM vs 1,7 événement/patient dans le groupe HP,  $p=0,27$ ) ou le type d'événement cardiovasculaire, largement représenté par les coronaropathies : 87 % (20/23) des patients réalisant un événement cardio-vasculaire font des coronaropathies dans le groupe héritabilité maternelle ainsi que 80% (16/20) dans le groupe héritabilité paternelle.

	Héritabilité maternelle (n=64)			Héritabilité paternelle (n=74)			p
	n	Ecart-type	Q1-Q3	n	Ecart-type	Q1-Q3	
Événement CV personnel	35,9 % (23)			27 % (20)			0,26
Âge au 1er événement	44	(10,9)	[35,5-51]	44,8	(10,5)	[38,8-51,3]	0,67
Nombre d'événements	2,5	(2,8)	[1-2,8]	1,7	(1,2)	[1-2]	0,27
Délai avant récurrence	9,9	(11,2)	[1-14,5]	4,7	(5,6)	[1-6,3]	0,31
Type d'événement							
Coronaropathie	31,3 % (20)			21,6 % (16)			0,2
AVC	6,3 % (4)			6,8 % (5)			1
AOMI	3,1 % (2)			1,4 % (1)			0,6

Tableau 2 : événements cardio-vasculaires selon l'héritabilité. Les variables qualitatives sont présentées en pourcentage et valeur absolue, les variables continues sont présentées en valeur absolue accompagnées de l'écart-type et de l'espace interquartile.

### c. Facteurs prédictifs d'évènement CV.

Nous nous sommes ensuite intéressés aux facteurs prédictifs de survenue d'un événement cardio-vasculaire.

Dans le groupe HM :

En analyse univariée, dans le groupe héritabilité maternelle, les facteurs associés à la survenue d'événements cardiovasculaires sont le sexe (69,6 % des patients ayant eu un événement cardiovasculaire sont des hommes contre 34,1 % des patients n'ayant pas eu d'événement cardiovasculaire,  $p=0,006$ ), le taux maximal de LDL-cholestérol (3,08 g/L dans le groupe sans événement cardiovasculaire contre 3,55 g/L dans le groupe avec événement cardiovasculaire,  $p=0,03$ ) ainsi que le taux de lipoprotéine (a) (0,35 g/L dans le groupe sans événement cardiovasculaire contre 0,56 g/L dans le groupe avec événement cardiovasculaire,  $p=0,04$ ). Enfin, l'âge de début du traitement par statines semble fortement corrélé à la survenue d'événements cardiovasculaires puisque l'âge moyen au début du traitement par statines dans le groupe indemne d'événement cardiovasculaire est de 21,1 ans contre 35,4 ans chez

les patients HM ayant eu un événement cardiovasculaire ( $p=0,0005$ ). Le type de mutation génétique, le tabagisme, les antécédents cardiovasculaires familiaux précoces ainsi que la durée du traitement par statines n'étaient pas significativement associés à la survenue d'un événement cardio-vasculaire dans le groupe hérabilité maternelle en analyse univariée.

Variable	Sans événement CV (n=41)			Avec événement CV (n=23)			p
	n	Ecart-type	Q1-Q3	n	Ecart-type	Q1-Q3	
Sexe (% femmes, n)	65,9%	(27)		30,4%	(7)		<b>0,006</b>
Âge événement CV ou âge actuel	44,3	(15)	[30-56]	44	(10,9)	[35,5-51]	0,94
Tabac	26,8%	(11)		30,4%	(7)		0,76
Antécédent familial précoce	22 %	(9)		40,9%	(9)		0,11
Taux maximal de LDL-c (g/L)	3,08	(1,11)	[2,39-3,56]	3,55	(0,99)	[3-4,11]	<b>0,03</b>
Lipoprotéine a (g/L)	0,35	(0,35)	[0,1-0,59]	0,56	(0,37)	[0,22-0,9]	<b>0,04</b>
Traitement							
Âge de début des statines	21,1	(11,1)	[12,3-30]	35,4	(12,9)	[29-43]	<b>0,0005</b>
Durée du traitement par statines	19,2	(12,3)	[11-29]	21,6	(11,2)	[16,3-29,5]	0,51
Mutation							
LDL-R	92,7%	(38)		91,3%	(21)		1
MLPA LDL-R	0 %	(0)		8,7 %	(2)		0,13
ApoB	7,3 %	(3)		4,4 %	(1)		1
PCSK9	0 %	(0)		0 %	(0)		

Tableau 3 : facteurs prédictifs de survenue d'événements cardiovasculaires dans le groupe hérabilité maternelle, en analyse univariée. Les variables qualitatives sont présentées en pourcentage et valeur absolue, les variables continues sont présentées en valeur absolue accompagnées de l'écart-type et de l'espace interquartile.

Dans le groupe HP :

Dans le groupe hérabilité paternelle, seuls le sexe et l'âge de début du traitement par statines semblent corrélés statistiquement à la survenue d'événements cardiovasculaires. En effet, dans le même sens que dans le groupe hérabilité maternelle, le sexe féminin est protecteur sur la survenue d'événements cardiovasculaires (40 % du groupe HP avec événement cardiovasculaire sont des femmes contre 68,5 % du groupe HP sans événement cardiovasculaire,  $p=0,03$ ) ainsi qu'un début précoce du traitement par statines (23,9 ans chez ceux n'ayant pas réalisé d'événement cardiovasculaire contre 34,2 ans chez ceux avec événement cardiovasculaire,  $p=0,02$ ). Le taux maximal de LDL-cholestérol n'est pas statistiquement lié à la survenue d'événement cardiovasculaire (3,02 g/L vs 3,33 g/L,  $p=0,15$ ), ni le taux de lipoprotéine (a) (0,36 g/L dans le groupe sans événement contre 0,85 g/L dans le

groupe avec événement,  $p=0,11$ ). Il est à noter que l'un de nos patients du groupe HP avec événement cardiovasculaire présentait un taux de lipoprotéine (a) très élevé, à 4,18 g/L, pouvant expliquer l'absence de significativité de ce paramètre, du fait d'un écart-type important. Les autres paramètres analysés : tabagisme, antécédent familial précoce, durée du traitement par statines ou type de mutation, n'étaient pas statistiquement associés à la survenue d'un événement cardiovasculaire.

Variable	Sans événement CV (n=54)			Avec événement CV (n=20)			p
	n	Ecart-type	Q1-Q3	n	Ecart-type	Q1-Q3	
Sexe (% femmes, n)	68,5 % (37)			40 % (8)			<b>0,03</b>
Âge événement CV ou âge actuel	42,4	(14,7)	[31-53]	44,8	(10,5)	[20-44]	0,4
Tabac	20,4 % (11)			35 % (7)			0,23
Antécédent familial précoce	46,3 % (25)			65 % (13)			0,15
Taux maximal de LDL-c (g/L)	3,02	(0,71)	[2,61-3,54]	3,33	(0,89)	[2,79-3,91]	0,15
Lipoprotéine a (g/L)	0,36	(0,34)	[0,11-0,45]	0,85	(1,14)	[0,2-0,85]	0,11
Traitement							
Âge de début des statines	23,9	(11,6)	[15-31]	34,2	(16,2)	[20-44]	<b>0,02</b>
Durée du traitement par statines	16	(12,1)	[7-22,5]	16,4	(14,8)	[1-29]	0,98
Mutation							
LDL-R	96,3 % (52)			95 % (19)			1
MLPA LDL-R	3,7 % (2)			5 % (1)			1
ApoB	1,9 % (1)			0 % (0)			1
PCSK9	1,9 % (1)			0 % (0)			1

Tableau 4 : facteurs prédictifs de survenue d'événements cardiovasculaires dans le groupe hérédité paternelle, en analyse univariée. Les variables qualitatives sont présentées en pourcentage et valeur absolue, les variables continues sont présentées en valeur absolue accompagnées de l'écart-type et de l'espace interquartile.

Dans les 2 groupes

Lorsque nous analysons les paramètres liés à la survenue d'événements cardiovasculaires en analyse univariée sur nos 2 groupes HM et HP, les facteurs prédictifs sont le sexe, le taux maximal de LDL-cholestérol, le taux de lipoprotéine (a) et l'âge de début du traitement par statines. Le sexe masculin est statistiquement lié à la survenue d'événement cardiovasculaire, avec une proportion d'hommes plus importante dans le groupe avec événement cardiovasculaire (65,1 % contre 32,6 %,  $p=0,0004$ ). Le taux maximal de LDL-cholestérol (3,05 g/L dans le groupe indemne d'événement cardiovasculaire contre 3,45 g/L dans le groupe avec événement cardiovasculaire,  $p=0,09$ ) et le taux de lipoprotéine (a) (0,36 g/L vs 0,68 g/L respectivement,  $p=0,007$ ) sont positivement liés à la survenue d'événement cardiovasculaire.

Enfin, l'âge de début des statines apparaît être également un facteur prédictif en analyse univariée, avec un âge de début du traitement moyen à 22,7 ans dans le groupe sans événement cardiovasculaire contre 34,9 ans dans l'autre groupe ( $p=3^{e-5}$ ).

Variable	Sans événement CV (n=95)			Avec événement CV (n=43)			p
	n	Ecart-type	Q1-Q3	n	Ecart-type	Q1-Q3	
Sexe (% femmes, n)	67,4 %	(64)		34,9%	(15)		<b>0,0004</b>
Âge événement CV ou âge actuel	43,3	(14,7)	[30,5-54]	44,4	(10,6)	[35,5-51,5]	0,47
Tabac	23,2 %	(22)		32,6%	(14)		0,24
Antécédent familial précoce	35,8 %	(34)		52,4%	(22/42)		0,069
Taux maximal de LDL-c (g/L)	3,05	(0,9)	[2,5-3,56]	3,45	(0,94)	[2,89-4]	<b>0,009</b>
Lipoprotéine a (g/L)	0,36	(0,34)	[0,1-0,47]	0,68	(0,79)	[0,19-0,9]	<b>0,007</b>
Traitement							
Âge de début des statines	22,7	(11,4)	[14-30]	34,9	(14,1)	[23,8-44]	<b>0,00003</b>
Durée du traitement par statines	17,3	(12,2)	[7-26]	19,5	(12,8)	[8-29]	0,38
Mutation							
LDL-R	94,7 %	(90)		95,2%	(40)		1
MLPA LDL-R	2,1 %	(2)		7 %	(3)		0,17
ApoB	4,2 %	(4)		2,3 %	(1)		1
PCSK9	1,1 %	(1)		0 %	(0)		1

Tableau 5 : facteurs prédictifs de survenue d'événements cardiovasculaires dans les deux groupes, en analyse univariée. Les variables qualitatives sont présentées en pourcentage et valeur absolue, les variables continues sont présentées en valeur absolue accompagnées de l'écart-type et de l'espace interquartile.

Analyse multivariée :

Une analyse multivariée pas-à-pas avec un ajustement systématique sur la variable hérédité a ensuite été réalisée, afin de déterminer quels facteurs peuvent être prédictifs de la survenue d'événements cardiovasculaires. Les variables candidates étaient l'âge de début des statines, le sexe, les antécédents familiaux, le taux de LDL-cholestérol maximal et le taux de lipoprotéine (a). En analyse multivariée, les facteurs prédictifs de survenue d'événement cardiovasculaire sont l'âge de début des statines avec un Odd-Ratio à 1,08 (intervalle de confiance 95 % 1,03-1,12,  $p=0,01$ ), le taux de lipoprotéine (a) (Odd-Ratio : 6,98, intervalle de confiance 95 % 1,6-30,4,  $p=0,0096$ ) et le sexe (le sexe féminin est un facteur protecteur avec un Odd-Ratio à 0,3 intervalle de confiance 95 % 0,09-0,97,  $p=0,044$ ). L'hérédité, quant à elle, n'était pas statistiquement associée à la survenue d'événements cardiovasculaires en analyse multivariée, bien qu'une tendance semble se dégager, avec un Odd-Ratio semblant

montrer une protection face aux événements cardiovasculaires dans l'hérédité paternelle (OR 0,34 intervalle de confiance 95% 0,1-1,12, p=0,076).

Variable	Odd-Ratio	IC 95%	p
Héritabilité paternelle	0,34	[0,1 - 1,12]	0,076
Âge de début des statines	1,08	[1,03 - 1,12]	<b>0,001</b>
Lipoprotéine(a)	6,98	[1,6 - 30,41]	<b>0,0096</b>
Sexe féminin	0,3	[0,09 - 0,97]	<b>0,044</b>

Tableau 6 : analyse multivariée pas-à-pas avec un ajustement systématiquement sur la variable hérédité.

#### IV. Discussion

Il s'agit, à notre connaissance, de la première étude s'intéressant à la survenue d'événements cardiovasculaires à l'âge adulte chez les patients atteints d'hypercholestérolémie familiale hétérozygote en fonction de l'héritabilité maternelle ou paternelle de la mutation génétique. Dans cette étude, l'héritabilité maternelle ou paternelle n'a pas d'effet statistiquement significatif sur la survenue d'événements cardiovasculaires à l'âge adulte. Cependant, il semblerait exister une tendance à une protection lorsque la mutation est héritée du père, puisque la proportion d'événements cardiovasculaires a tendance à être plus basse dans le groupe HP que HM (respectivement 27% vs 35,9 %,  $p=0,26$ ) et que l'héritabilité paternelle diminuerait de 66% le risque de faire un événement cardiovasculaire à l'âge adulte ( $p=0,076$ ).

Notre population, issue du registre marseillais de l'hypercholestérolémie familiale, présente des caractéristiques similaires à celle de la population française d'hypercholestérolémie familiale. Dans un travail s'intéressant aux événements cardiovasculaires chez les patients issus du Registre Français de l'Hypercholestérolémie Familiale (REFERCHOL), où 781 patients avec un Dutch Lipid Clinic Network  $\geq 6$  et un antécédent personnel d'événement cardiovasculaire ont été étudiés, les caractéristiques (âge au premier événement, nombre de récurrence, le sexe) de la population sont similaires aux nôtres [14]. La répartition des mutations génétiques, avec une très large prédominance de mutations du LDLR est également cohérente avec les données de la littérature. Notre échantillon est donc représentatif de la population des patients atteints d'hypercholestérolémie familiale hétérozygote.

Dans notre étude, les groupes HM et HP sont comparables sur les paramètres lipidiques, le type de mutation, le traitement hypolipémiant pris et sa durée, ainsi que sur l'âge, le sexe, l'IMC et la durée de suivi. Ils présentent cependant quelques différences concernant les facteurs de risque cardiovasculaires : les deux groupes sont comparables sur le tabagisme (HM : 28,1 %, HP : 24,3 %,  $p=0,61$ ) et la proportion de diabétiques (HM : 9,4 %, HP : 2,7 %,  $p=0,14$ ), mais présentent des caractéristiques différentes en ce qui concerne l'hypertension (groupe HM : 25 % vs 9,5 % dans le groupe HP,  $p=0,015$ ) et les antécédents cardiovasculaires familiaux précoces (28,6 % dans le groupe HM vs 9,5 % dans le groupe HP,  $p=0,007$ ). Le sexe masculin étant un facteur de risque cardiovasculaire, il apparaît logique que les patients ayant hérité de la mutation génétique par leur père (groupe HP) présentent plus d'antécédents familiaux cardiovasculaires précoces que le groupe HM, qui a hérité de la mutation génétique



par la mère, les hommes hypercholestérolémiques présentant donc un facteur de risque cardiovasculaire que les femmes hypercholestérolémiques. Concernant la différence significative sur le facteur de risque hypertension artérielle, il pourrait être en partie expliqué par le fait que le groupe HM est légèrement plus âgé que le groupe HP (respectivement 49,6 ans vs 45,4 ans,  $p = 0,14$ ), même si cette différence n'est pas statistiquement significative, l'hypertension étant plus fréquente avec l'âge. On peut remarquer une tendance similaire concernant la prévalence du diabète dans nos deux groupes, avec 9,4 % de patients diabétiques dans le groupe HM, contre 2,7 % dans le groupe HP ( $p = 0,14$ ).

Les précédentes études réalisées sur cette thématique se sont essentiellement intéressées aux différences concernant les paramètres lipidiques en fonction de l'héritabilité maternelle ou paternelle de la mutation génétique et présentent des résultats contradictoires. Dans notre étude, les paramètres lipidiques des groupes sont strictement comparables (LDL-c maximal, LDL-c actuel, TG actuels, HDL-c actuel, Lp(a)). Van Der Graaf et al [15], sur de larges cohortes hollandaises et canadiennes, ont étudié les différences sur les paramètres lipidiques et trouvaient une élévation du cholestérol total de 0,156 mmol/L, du LDL-c de 0,187 mmol/L et de l'ApoB100 de 0,064 g/L dans le groupe hérédité maternelle (1069 patients) comparé au groupe hérédité paternelle (1270 patients). A l'inverse, d'autres études n'ont pas retrouvé de différence sur les paramètres lipidiques en fonction de l'héritabilité de la mutation : Narverud et al [16] ont étudié les paramètres lipidiques chez 1063 enfants (808 enfants norvégiens et 255 enfants hollandais) dont 500 avec hérédité maternelle et 563 avec hérédité paternelle, âgés de 10 ans en moyenne et n'ont pas retrouvé de différence significative sur les paramètres lipidiques ainsi que sur la CRP dans l'enfance. Enfin, Kusters et al [17], ont comparé les effets de l'héritabilité sur les paramètres lipidiques chez des patients HF ainsi que chez des patients non-HF et ne trouvaient pas de différence significative sur le taux de LDL-c, de TG et sur l'épaisseur intima-média.

En dehors des paramètres lipidiques, Vermissen et al [18] ont étudié la mortalité toute cause dans une famille atteinte d'hypercholestérolémie familiale par mutation V408M sur le gène du LDLR sur 7 générations. Dans cette étude, l'héritabilité maternelle était associée à un risque relatif de décès de 2,2 comparé à l'héritabilité paternelle ( $p=0,048$ ), et était également associée à un sur-risque de mortalité comparé à la population générale (Standardized Mortality Ratio à 2,49, intervalle de confiance 95% : 1,45-3,99,  $p=0,001$ ), ce qui n'était pas le

cas de l'héritabilité paternelle (SMR 1,3, intervalle de confiance 95% 0,65-2,32, p=0,234). Nos résultats en faveur d'une protection quand l'héritabilité est paternelle (ou d'un sur-risque quand elle est maternelle) vont dans le même sens que ces travaux hollandais.

Les enfants ayant hérité de la mutation de l'hypercholestérolémie familiale de la mère sont exposés à des taux élevés de cholestérol pendant le développement intra-utero, contrairement aux enfants avec hérédité paternelle. Des scientifiques ont étudié les effets de l'exposition à des doses importantes de cholestérol lors de la vie intra-utérine ou chez des prématurés. L'étude FELIC [19] (Fate of Early Lesions In Children) est une étude post-mortem qui s'est intéressée à la taille et la progression des plaques d'athérome artérielles chez des enfants normo-cholestérolémiques décédés issus de mère normo-cholestérolémique ou hyper-cholestérolémique durant leur grossesse. Les résultats de cette étude montrent d'une part, que les lésions artérielles induites par les lipides existent dès la vie fœtale, mais régressent ensuite dans les premières années de vie. D'autre part, les enfants issus de mère hyper-cholestérolémique présentaient une progression plus rapide de leur athérosclérose que les enfants issus de mère normo-cholestérolémique, et ceci dès le plus jeune âge. Des résultats similaires avaient déjà été découverts en étudiant l'athérosclérose de nouveaux nés décédés (fausses couches ou prématuré mort dans les 12 premières heures) [20] : les fœtus de mère hypercholestérolémique présentaient des lésions aortiques significativement plus importantes que les enfants de mère normo-cholestérolémique. Des chercheurs se sont également intéressés à la progression des lésions d'athérosclérose dans des modèles animaux d'hypercholestérolémie, afin d'évaluer la progression de ces plaques plus tard dans la vie des enfants de mère hypercholestérolémique. Des lapins (modèle animal de l'hypercholestérolémie familiale) ont été répartis en 5 groupes, recevant chacun une alimentation différente : un groupe recevant une alimentation contrôle, les quatre autres recevant une alimentation enrichie en cholestérol, soit seule, soit associée à une supplémentation avec un anti-oxydant (vitamine E), ou avec un traitement hypocholestérolémiant (cholestyramine) ou les deux. Les 136 descendants (tous groupes confondus) ont reçu une alimentation identique pendant un an, et avaient un taux similaire de cholestérol. L'équipe a étudié la taille des lésions aortiques et l'oxydation des lipides chez les descendants à la naissance, à 6 mois ou à 12 mois. Les lésions chez les lapins issus de mère ayant reçu une alimentation enrichie en cholestérol uniquement avaient, à chaque temps, des

lésions aortiques 1,5 à 3 fois plus importantes que ceux issus de mère normocholestérolémique, et les supplémentations en vitamine E et en cholestyramine lors de la grossesse chez les mères avaient un effet bénéfique sur la taille des lésions à la naissance et à 6 mois, et permettaient de réduire l'aire totale des lésions à celle des lapins issus de mère normocholestérolémique à 12 mois [21]. Ces données sont renforcées par un modèle murin d'hypercholestérolémie : des souris femelles, dont le gène du LDLR a été inactivé, sont nourries selon un régime normal ou hypercholestérolémiant durant leur gestation. Les descendants males des souris LDLR -/- nourries avec un régime hypercholestérolémiant présentaient des lésions d'athérosclérose 2 fois plus importantes que les descendants des souris nourries normalement [22]. Enfin, ces effets ont pu être démontrés chez l'homme, en s'intéressant aux conséquences à long terme de l'exposition aux lipides chez les enfants prématurés sur la fonction cardiaque et aortique [23]. Les patients, âgés alors de 23 à 28 ans, ont été séparés en deux groupes : un groupe ayant reçu des lipides par voie exogène dans les premiers jours de vie (dans le cadre d'un support nutritionnel de routine chez les prématurés) et un groupe contrôle avec les mêmes caractéristiques périnatales. Les adultes ayant reçu des lipides exogènes au début de leur vie avaient une rigidité aortique plus importante que ceux n'ayant pas reçu les lipides, et il a été montré que la rigidité était proportionnelle à l'élévation de la cholestérolémie durant la période néonatale. Ces deux études sur des humains viennent confirmer que la cholestérolémie dans les périodes critiques du développement, et notamment en période prénatale ou néonatale, a un impact à long terme sur le plan cardiovasculaire.

L'hypercholestérolémie maternelle lors de la période gestationnelle semble donc avoir des effets métaboliques à long terme chez les descendants, indépendamment de la présence d'une mutation génétique chez les descendants ou non. Des pistes orientant vers un mécanisme épigénétique ont été mises en évidence dans le cadre d'études nutritionnelles, montrant que l'alimentation maternelle engendrait des modifications d'expression génique de leurs descendants chez des modèles animaux [24]. Le mécanisme entrant en jeu semblerait être une activation ou une répression de certains gènes chez les descendants de mère hypercholestérolémique : chez les souris, il a été retrouvé une sur- ou sous-expression de 139 gènes chez les descendants de mère hypercholestérolémique (en comparaison à des descendants de mère normocholestérolémique), dont 4 montraient une expression

supérieure à 1,7 fois celle retrouvée chez les souris issues de mère normocholestérolémique [22]. Chez les descendants de souris hypercholestérolémiques dont le gène de l'apolipoprotéine E a été inactivé (ApoE -/-), il existe une corrélation entre l'importance des lésions d'athérosclérose de la racine de l'aorte et les taux de Triméthylamine-N-Oxide (TMAO) à 18 et 25 semaines de vie. Cette relation est également retrouvée pour les taux de triglycérides et les lésions d'athérosclérose, mais pas pour le taux de cholestérol. L'hypercholestérolémie maternelle aurait un rôle dans la modulation de l'expression des gènes impliqués dans le métabolisme de la TMAO [25], qui est liée à la survenue d'événements cardio-vasculaires [26]. L'ARNm de Fmo3 (gène codant notamment pour la TMAO) est surexprimé chez les souris femelles issues de souris hypercholestérolémiques, comparé aux femelles issues de souris normocholestérolémiques, cependant, le mécanisme de cette surexpression est encore peu connu, et ne repose pas sur des différences de méthylation de la région promotrice de Fmo3, les niveaux de méthylation concernant ce gène étant les mêmes chez les sujets issus de souris hyper- et normocholestérolémiques. La régulation de l'expression de Fmo3 pourrait dépendre de l'expression du Farnesoid X Recepteur (FXR) [27], qui est codé par le gène Nr1h4, dont l'ARNm est surexprimé chez les descendants de souris hypercholestérolémiques, notamment les femelles. Il a en effet été mis en évidence dans la population islandaise, un variant de Nr1h4 à l'origine d'une mutation faux-sens du gène, et associé à des taux de cholestérol inférieurs à la moyenne d'environ 0.5 mmol/L [28]. Enfin, il a récemment été montré que des mécanismes épigénétiques sont impliqués dans la régulation du FXR, notamment via la phosphorylation de la Tyrosine 67, qui aurait un effet activateur sur le gène du FXR, diminuant les taux de cholestérol plasmatique et hépatique, via une augmentation des taux de cholestérol biliaire et fécal [29]. L'hypercholestérolémie maternelle jouerait un rôle dans ces mécanismes épigénétiques, via l'activation ou l'inhibition de certains gènes impliqués dans le métabolisme lipidique, laissant une empreinte durable sur le métabolisme des descendants, et pouvant expliquer le développement de lésions d'artériosclérose plus importantes lorsque la mutation génétique est transmise par la mère.

Cette exposition prématurée à des taux très élevés de cholestérol est d'autant plus importante qu'elle se surajoute aux autres facteurs de risque cardiovasculaires dans la progression des plaques d'athérosclérose, y compris dès le plus jeune âge. Il est connu depuis plusieurs

décennies, notamment grâce à des études post-mortem, que les plaques d'athérosclérose se développent dès le plus jeune âge et sont liées aux facteurs de risque cardiovasculaires, avec notamment une progression plus importante des plaques d'athérosclérose aortiques et coronaires lorsque les facteurs de risque cardiovasculaires s'accumulent [30]. Les autres facteurs associés au risque de survenue d'un événement cardiovasculaire dans notre population, en analyse multivariée, sont l'âge de début des statines, le taux de lipoprotéine (a) et le sexe masculin. Il s'agit là de 3 facteurs de risque cardiovasculaires bien connus : l'âge au début des statines, dans notre population présentant une mutation génétique, donc une hypercholestérolémie dès l'enfance, témoigne du temps d'exposition des artères à des taux de LDL-cholestérol très élevés avec les conséquences sur la formation d'athérosclérose que nous avons détaillées précédemment. La lipoprotéine (a), ou Lp(a) est connue et considérée comme associée au risque d'événement cardiovasculaire depuis plus d'une décennie [31] et de larges études de cohorte européennes sur plus de 50 000 participants montrent une association significative entre Lp(a) et événement cardiovasculaire ou coronaropathie [32].

Points faibles de l'étude : notre étude manque de puissance, du fait d'un nombre limité de patients inclus dans celle-ci, puisque les 2 groupes ne comptent que 64 patients (groupe HM) et 74 patients (groupe HP). Un certain nombre de patients ont été exclus de notre étude bien qu'ils présentaient une mutation car l'origine parentale de l'hypercholestérolémie est parfois difficile à retracer : en l'absence d'hypercholestérolémie familiale hétérozygote objectivée sur un prélèvement génétique, la suspicion se fait en étudiant les antécédents familiaux de dyslipidémie et d'événements cardiovasculaires. Il se pose alors plusieurs difficultés : la dyslipidémie est très fréquente et sa prévalence augmente avec l'âge, il est donc courant de retrouver des antécédents familiaux de dyslipidémie dans les familles respectives des deux parents, de même pour les événements cardiovasculaires. A l'inverse, la dyslipidémie n'étant pas toujours connue et n'occasionnant pas systématiquement de retentissement clinique, elle peut passer inaperçue et n'être pas retrouvée lorsque les antécédents familiaux sont demandés aux participants. Pour des raisons diverses, il n'est souvent pas possible d'objectiver une mutation génétique par un prélèvement sanguin chez les ascendants des patients consultant dans les centres experts de lipidologie (éloignement géographique, décès, refus de venir à l'hôpital). Pour notre étude, nous n'avons donc inclus que les patients dont

l'histoire familiale montrait une nette prédominance de dyslipidémie (lorsqu'elle était connue) ou d'événements cardiovasculaires précoces du côté maternel ou paternel de la famille. Cependant, cette sélection nous a permis de classer les patients au plus proche de la réalité, malgré l'absence de test génétique chez les ascendants. Nous prévoyons ensuite d'élargir notre étude à d'autres centres recruteurs du registre français de l'hypercholestérolémie, voire à l'ensemble du registre.

Points forts : Le registre français de l'hypercholestérolémie familiale présente une grande richesse dans les items collectés lors de la consultation initiale et des consultations de suivi, avec notamment les paramètres anthropométriques, les antécédents personnels et familiaux, les paramètres lipidiques et génétiques, les événements cardiovasculaires, menant à un phénotypage très précis des patients et nous permettant donc d'étudier beaucoup de paramètres lors des études basées sur ce registre.. Le caractère national de ce registre, avec plus de vingt centres experts en France, rend possible le fait d'élargir cette étude princeps à l'ensemble des patients présentant une hypercholestérolémie familiale hétérozygote en France dont l'origine parentale peut être retracée, permettant d'augmenter considérablement le nombre de patients inclus et donc de vérifier si les tendances qui se dégagent dans notre étude, sans parvenir à la significativité statistique, se généralisent.

## V. Conclusion

Ces résultats ne mettent pas en évidence que l'héritabilité maternelle ou paternelle de la mutation génétique de l'hypercholestérolémie familiale ait un effet significatif sur le risque de faire un évènement cardiovasculaire à l'âge adulte. Cependant, il semblerait exister une tendance à une protection quand la mutation est héritée du père (moins d'évènements,  $p=0,2$  et  $OR=0,34$ ,  $p=0,076$  en analyse multivariée). Cette étude devra être étendue à l'ensemble des patients HF hétérozygotes avec diagnostic génétique du registre REFERCHOL afin d'augmenter la puissance de l'étude et voir si les tendances se confirment ou non.

## Références bibliographiques :

- [1] Nordestgaard BG, Chapman MJ, Humphries SE, Ginsberg HN, Masana L, Descamps OS, et al. Familial hypercholesterolaemia is underdiagnosed and undertreated in the general population: guidance for clinicians to prevent coronary heart disease: Consensus Statement of the European Atherosclerosis Society. *Eur Heart J*. 1 déc 2013;34(45):3478-90.
- [2] Henderson R, O’Kane M, McGilligan V, Watterson S. The genetics and screening of familial hypercholesterolaemia. *J Biomed Sci [Internet]*. déc 2016 [cité 2 juill 2019];23(1). Disponible sur: <http://jbiomedsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12929-016-0256-1>
- [3] Walma EP, Visseren FL, Jukema JW, et al. [The practice guideline 'Diagnosis and treatment of familial hypercholesterolaemia' of the Dutch Health Care Insurance Board]. *Ned Tijdschr Geneesk* 2006;150:18-23.
- [4] Mata N, Alonso R, Badimon L, et al. Clinical characteristics and evaluation of LDL-cholesterol treatment of the Spanish Familial Hypercholesterolemia Longitudinal Cohort Study (SAFEHEART). *Lipids Health Dis* 2011;10:94.
- [5] Scientific Steering Committee on behalf of the Simon Broome Register Group. Mortality in treated heterozygous familial hypercholesterolaemia: implications for clinical management. *Atherosclerosis* 1999;142:105-112.
- [6] Benn M, Watts GF, Tybjaerg-Hansen A, Nordestgaard BG. Familial hypercholesterolemia in the danish general population: prevalence, coronary artery disease, and cholesterol-lowering medication. *J Clin Endocrinol Metab*. 2012 Nov;97(11):3956-64
- [7] Versmissen J, Oosterveer DM, Yazdanpanah M, et al. Efficacy of statins in familial hypercholesterolaemia: a long term cohort study. *BMJ* 2008;337:a2423.
- [8] Ilse K. Luirink, M.D., Albert Wiegman, M.D., Ph.D., D. Meeike Kusters, M.D., et al. 20-Year Follow-up of Statins in Children with Familial Hypercholesterolemia. *N Engl J Med* 2019; 381:1547-1556
- [9] Michel Farnier 1, Eric Bruckert 2, Catherine Boileau 3, Michel Krempf. Diagnostic et traitement des hypercholestérolémies familiales (HF) chez l’adulte : recommandations de la Nouvelle société française d’athérosclérose (NSFA). *j.lpm*.2013.01.053
- [10] Barker DJ, The origins of the developmental origins theory. *J Intern Med*. 2007 May;261(5):412-7.



- [11] Roseboom TJ, van der Meulen JH, Ravelli AC, Osmond C, Barker DJ, Bleker OP. Effects of prenatal exposure to the Dutch famine on adult disease in later life: an overview. *Mol Cell Endocrinol.* 2001 Dec 20;185(1-2):93-8.
- [12] Agot Lia Amundsen<sup>a</sup>, Janette Khoury<sup>b</sup>, Per Ole Iversen<sup>a</sup>, Marked changes in plasma lipids and lipoproteins during pregnancy in women with familial hypercholesterolemia, *Atherosclerosis* 189 (2006) 451–457.
- [13] 2019 ESC/EAS Guidelines for the management of dyslipidaemias: lipid modification to reduce cardiovascular risk, The Task Force for the management of dyslipidaemias of the European Society of Cardiology (ESC) and European Atherosclerosis Society (EAS)
- [14] Sophie Béliard, Franck Boccard, Bertrand Cariou, Alain Carrié, Xavier Collet, Michel Farnier, Jean Ferrières, Michael Krempf, Noël Peretti, Jean-Pierre Rabès, Mathilde Varret, Alexandre Vimont, Sybil Charrière, Eric Bruckert, French FH Registry group, High burden of recurrent cardiovascular events in heterozygous familial hypercholesterolemia: The French Familial Hypercholesterolemia Registry, *Atherosclerosis*, 277 (2018) 334-340.
- [15] Anouk van der Graaf, Maud N. Vissers, Daniel Gaudet, Diane Brisson, Suthesh Sivapalaratnam, Tessa J. Roseboom, Angelique C.M. Jansen, John J.P. Kastelein, Barbara A. Hutten, Dyslipidemia of Mothers With Familial Hypercholesterolemia Deteriorates Lipids in Adult Offspring, *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2010;30:2673-2677.
- [16] Ingunn Narverud, Jeanine Roeters van Lennep, Jacob J. Christensen, Jorie Versmissen, Jon Michael Gran, Per Ole Iversen, Pål Aukrust, Bente Halvorsen, Thor Ueland, Stine M. Ulven, Leiv Ose, Marit B. Veierød, Eric Sijbrands, Kjetil Retterstøl, Kirsten B. Holven, Maternal inheritance does not predict cholesterol levels in children with familial hypercholesterolemia, *Atherosclerosis* 243 (2015) 155e160
- [17] Kusters, D. M., H. J. Avis, M. J. Braamskamp, R. Huijgen, F. A. Wijburg, J. J. Kastelein, A. Wiegman, and B. A. Hutten. Inheritance pattern of familial hypercholesterolemia and markers of cardiovascular risk. *J. Lipid Res.* 2013. 54: 2543–2549.
- [18] Jorie Versmissen, Ilse P.G. Botdena et al. Maternal inheritance of familial hypercholesterolemia caused by the V408M low-density lipoprotein receptor mutation increases mortality. *Atherosclerosis* 219 (2011) 690–693
- [19] Claudio Napoli, Christopher K Glass, Joseph L Witztum et al, Influence of maternal hypercholesterolaemia during pregnancy on progression of early atherosclerotic lesions in

childhood: Fate of Early Lesions in Children (FELIC) study. THE LANCET · Vol 354 · October 9, 1999

[20] Claudio Napoli, Francesco Paolo D'Armiento, Francesco Paolo Mancini, Alfredo Postiglione, Joseph L. Witztum, Giuseppe Palumbo, and Wulf Palinski, Fatty Streak Formation Occurs in Human Fetal Aortas and is Greatly Enhanced by Maternal Hypercholesterolemia, *J Clin Invest.* 1997;100(11):2680-2690

[21] Wulf Palinski, Francesco P. D'Armiento, Joseph L. Witztum, Filomena de Nigris, Florencia Casanada, Mario Condorelli, Mercedes Silvestre, Claudio Napoli, Maternal Hypercholesterolemia and Treatment During Pregnancy Influence the Long-Term Progression of Atherosclerosis in Offspring of Rabbits, *Circ Res.* 2001;89:991-996

[22] Claudio Napoli, MD; Filomena de Nigris, PhD; John S. Welch, BS; Federico B. Calara, PhD; Robert O. Stuart, MD; Christopher K. Glass, MD; Wulf Palinski, MD, Maternal Hypercholesterolemia During Pregnancy Promotes Early Atherogenesis in LDL Receptor-Deficient Mice and Alters Aortic Gene Expression Determined by Microarray. *Circulation.* 2002;105:1360-1367.

[23] Adam J. Lewandowski, Merzaka Lazdam, Esther Davis, Ilias Kyliantireas, Jonathan Diesch, Jane Francis, Stefan Neubauer, Atul Singhal, Alan Lucas, Brenda Kelly, Paul Leeson, Short-Term Exposure to Exogenous Lipids in Premature Infants and Long-Term Changes in Aortic and Cardiac Function, *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2011;31:2125-2135.

[24] Chien-Ning Hsu and You-Lin Tain, The Good, the Bad, and the Ugly of Pregnancy Nutrients and Developmental Programming of Adult Disease, *Nutrients*, April 2019.

[25] Charlotte Trenteseaux, Anh-thu Gaston, Audrey Aguesse, Guillaume Poupeau, Pierre de Coppet, Ramarason Andriantsitohaina, Jamila Laschet, Valérie Amarger, Michel Krempf, Estelle Nobecourt-Dupuy, Khadija Ouguerram, Perinatal Hypercholesterolemia Exacerbates Atherosclerosis Lesions in Offspring by Altering Metabolism of Trimethylamine-N-Oxide and Bile Acids, *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2017;37: 2053-2063.

[26] Jiaqian Qi, Tao You, Jing Li, Tingting Pan, Li Xiang, Yue Han, Li Zhu, Circulating trimethylamine N-oxide and the risk of cardiovascular diseases: a systematic review and meta-analysis of 11 prospective cohort studies, *J. Cell. Mol. Med.* Vol 22, No 1, 2018 pp. 185-194

[27] Brian J. Bennett, Thomas Q. de Aguiar Vallim, Zeneng Wang, Diana M. Shih, Yonghong Meng, Jill Gregory, Hooman Allayee, Richard Lee, Mark Graham, Rosanne Crooke, Peter A. Edwards, Stanley L. Hazen, and Aldons J. Lusis, Trimethylamine-N-Oxide, a Metabolite

Associated with Atherosclerosis, Exhibits Complex Genetic and Dietary Regulation, *Cell Metab.* 2013 January 8; 17(1): 49–60.

[28] Deaton, A.M., Sulem, P., Nioi, P. et al. A rare missense variant in NR1H4 associates with lower cholesterol levels. *Commun Biol* 1, 14 (2018).

[29] Sangwon Byun, Hyunkyung Jung, Jinjing Chen, Young-Chae Kim, Dong-Hyun Kim, Bo Kong, Grace Guo, Byron Kemper and Jongsook Kim Kemper, Phosphorylation of hepatic farnesoid X receptor by FGF19 signaling-activated Src maintains cholesterol levels and protects from atherosclerosis, *J. Biol. Chem.* April 17, 2019.

[30] Gerald S. Berenson, Sathanur R. Srinivasan, Weihang Bao, William P. Newman III, Richard E. Tracy, and Wendy A. Wattigney, for the Bogalusa Heart Study. Association between multiple cardiovascular risk factors and atherosclerosis in children and young adults. *N Engl J Med* 1998;338:1650-6.

[31] Nordestgaard, Børge G.. (12.2010). Lipoprotein(a) as a cardiovascular risk factor: current status. *European heart journal.* (31)23. p.2844 - 2853. 10.1093/eurheartj/ehq386

[32] Christoph Waldeyer, Nataliya Makarova, Tanja Zeller, Renate B. Schnabel, Fabian J. Brunner, Torben Jørgensen, Allan Linneberg, Teemu Niiranen, Veikko Salomaa, Pekka Jousilahti, John Yarnell, Marco M. Ferrario, Giovanni Veronesi, Paolo Brambilla, Stefano G. Signorini, Licia Iacoviello, Simona Costanzo, Simona Giampaoli, Luigi Palmieri, Christa Meisinger, Barbara Thorand, Frank Kee, Wolfgang Koenig, Francisco Ojeda, Jukka Kontto, Ulf Landmesser, Kari Kuulasmaa, Stefan Blankenberg, Lipoprotein(a) and the risk of cardiovascular disease in the European population: results from the BiomarCaRE consortium, *European Heart Journal*, Volume 38, Issue 32, 21 August 2017, Pages 2490–2498

## SERMENT D'HIPPOCRATE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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