HAL
open science

De l'étude des effets à long terme de la plongée sous-marine sur les paramètres de l'exploration fonctionnelle respiratoire en plongée militaire

Fabien Chadelaud

▶ **To cite this version:**

Fabien Chadelaud. De l'étude des effets à long terme de la plongée sous-marine sur les paramètres de l'exploration fonctionnelle respiratoire en plongée militaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2018. dumas-01974134

HAL Id: dumas-01974134

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01974134v1

Submitted on 8 Jan 2019

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 de Médecine
Aix*Marseille Université

De l'étude des effets à long terme de la plongée sous-marine sur les paramètres de l'exploration fonctionnelle respiratoire en plongée militaire

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 2 Octobre 2018

Par Monsieur Fabien CHADELAUD

Né le 18 décembre 1992 à Limoges (87)

Élève de l'Ecole du Val-de-Grâce - Paris

Ancien élève de l'Ecole de Santé des Armées – Lyon-Bron

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE

Membres du Jury de la Thèse :

Madame le Professeur BREGEON Fabienne	**Président**
Monsieur le Professeur LAVIEILLE Jean-Pierre	**Assesseur**
Monsieur le Professeur GAINNIER Marc	**Assesseur**
Monsieur le Docteur PONTIER Jean-Michel	**Directeur**

Faculté de Médecine
Aix*Marseille Université

De l'étude des effets à long terme de la plongée sous-marine sur les paramètres de l'exploration fonctionnelle respiratoire en plongée militaire

T H È S E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MARSEILLE

Le 2 Octobre 2018

Par Monsieur Fabien CHADELAUD

Né le 18 décembre 1992 à Limoges (87)

Élève de l'Ecole du Val-de-Grâce - Paris

Ancien élève de l'Ecole de Santé des Armées – Lyon-Bron

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE

Membres du Jury de la Thèse :

Madame le Professeur BREGEON Fabienne	**Président**
Monsieur le Professeur LAVIEILLE Jean-Pierre	**Assesseur**
Monsieur le Professeur GAINNIER Marc	**Assesseur**
Monsieur le Docteur PONTIER Jean-Michel	**Directeur**

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DE MEDECINE

Doyen : Georges LEONETTI

Vice-Doyen aux Affaires Générales : Patrick DESSI
Vice-Doyen aux Professions Paramédicales : Philippe BERBIS

Assesseurs :
* aux Etudes : Jean-Michel VITON
* à la Recherche : Jean-Louis MEGE
* aux Prospectives Hospitalo-Universitaires : Frédéric COLLART
* aux Enseignements Hospitaliers : Patrick VILLANI
* à l'Unité Mixte de Formation Continue en Santé : Fabrice BARLESI
* pour le Secteur Nord : Stéphane BERDAH
* aux centres hospitaliers non universitaires : Jean-Noël ARGENSON

Chargés de mission :
* 1er cycle : Jean-Marc DURAND et Marc BARTHET
* 2ème cycle : Marie-Aleth RICHARD
* 3eme cycle DES/DESC : Pierre-Edouard FOURNIER
* Licences-Masters-Doctorat : Pascal ADALIAN
* DU-DIU : Véronique VITTON
* Stages Hospitaliers : Franck THUNY
* Sciences Humaines et Sociales : Pierre LE COZ
* Préparation à l'ECN : Aurélie DAUMAS
* Démographie Médicale et Filiarisation : Roland SAMBUC
* Relations Internationales : Philippe PAROLA
* Etudiants : Arthur ESQUER

Chef des services généraux : * Déborah ROCCHICCIOLI

Chefs de service :
* Communication : Laetitia DELOUIS
* Examens : Caroline MOUTTET
* Logistique : Joëlle FRAVEGA
* Maintenance : Philippe KOCK
* Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

M. Yvon BERLAND
M. André ALI CHERIF
M. Jean-François PELLISSIER

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
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
BREMOND Georges
BRICOT René
BRUNET Christian
BUREAU Henri
CAMBOULIVES Jean
CANNONI Maurice
CARTOUZOU Guy

CHAMLIAN Albert
CHARREL Michel
CHAUVEL Patrick
CHOUX Maurice
CIANFARANI François
CLEMENT Robert
COMBALBERT André
CONTE-DEVOLX Bernard
CORRIOL Jacques
COULANGE Christian
DALMAS Henri
DE MICO Philippe
DELARQUE Alain
DEVIN Robert
DEVRED Philippe
DJIANE Pierre
DONNET Vincent
DUCASSOU Jacques
DUFOUR Michel
DUMON Henri
FARNARIER Georges
FAVRE Roger
FIECHI Marius

MM FIGARELLA Jacques
FONTES Michel
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
GRISOLI François
GROULIER Pierre
HADIDA/SAYAG Jacqueline
HASSOUN Jacques
HEIM Marc
HOUEL Jean
HUGUET Jean-François
JAQUET Philippe
JAMMES Yves
JOUVE Paulette
JUHAN Claude
JUIN Pierre
KAPHAN Gérard
KASBARIAN Michel
KLEISBAUER Jean-Pierre
LACHARD Jean
LAFFARGUE Pierre
LAUGIER René
LEVY Samuel
LOUCHET Edmond
LOUIS René
LUCIANI Jean-Marie
MAGALON Guy
MAGNAN Jacques
MALLAN- MANCINI Josette
MALMEJAC Claude
MATTEI Jean François
MERCIER Claude
METGE Paul
MICHOTEY Georges
MILLET Yves
MIRANDA François
MONFORT Gérard
MONGES André
MONGIN Maurice
MONTIES Jean-Raoul
NAZARIAN Serge
NICOLI René
NOIRCLERC Michel
OLMER Michel
OREHEK Jean
PAPY Jean-Jacques
PAULIN Raymond
PELOUX Yves
PENAUD Antony

MM 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
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 Jean-Claude
SASTRE Bernard
SCHIANO Alain
SCOTTO Jean-Claude
SEBAHOUN Gérard
SERMENT Gérard
SERRATRICE Georges
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

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967

MM. les Professeurs
DADI (Italie)
CID DOS SANTOS (Portugal)

1974

MM. les Professeurs
MAC ILWAIN (Grande-Bretagne)
T.A. LAMBO (Suisse)

1975

MM. les Professeurs
O. SWENSON (U.S.A.)
Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)

1976

MM. les Professeurs
P. FRANCHIMONT (Belgique)
Z.J. BOWERS (U.S.A.)

1977

MM. les Professeurs
C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.)
C.GIBBS (U.S.A.)
J. DACIE (Grande-Bretagne)

1978

M. le Président
F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)

1980

MM. les Professeurs
A. MARGULIS (U.S.A.)
R.D. ADAMS (U.S.A.)

1981

MM. les Professeurs
H. RAPPAPORT (U.S.A.)
M. SCHOU (Danemark)
M. AMENT (U.S.A.)
Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne)
S. REFSUM (Norvège)

1982

M. le Professeur
W.H. HENDREN (U.S.A.)

1985

MM. les Professeurs
S. MASSRY (U.S.A.)
KLINSMANN (R.D.A.)

1986

MM. les Professeurs
E. MIHICH (U.S.A.)
T. MUNSAT (U.S.A.)
LIANA BOLIS (Suisse)
L.P. ROWLAND (U.S.A.)

1987

M. le Professeur
P.J. DYCK (U.S.A.)

1988

MM. les Professeurs
R. BERGUER (U.S.A.)
W.K. ENGEL (U.S.A.)
V. ASKANAS (U.S.A.)
J. WEHSTER KIRKLIN (U.S.A.)
A. DAVIGNON (Canada)
A. BETTARELLO (Brésil)

1989

M. le Professeur
P. MUSTACCHI (U.S.A.)

1990

MM. les Professeurs J.G. MC LEOD (Australie)
J. PORTER (U.S.A.)

1991

MM. les Professeurs J. Edward MC DADE (U.S.A.)
W. BURGDORFER (U.S.A.)

1992

MM. les Professeurs H.G. SCHWARZACHER (Autriche)
D. CARSON (U.S.A.)
T. YAMAMURO (Japon)

1994

MM. les Professeurs G. KARPATI (Canada)
W.J. KOLFF (U.S.A.)

1995

MM. les Professeurs D. WALKER (U.S.A.)
M. MULLER (Suisse)
V. BONOMINI (Italie)

1997

MM. les Professeurs C. DINARELLO (U.S.A.)
D. STULBERG (U.S.A.)
A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne)
P.I. BRANEMARK (Suède)

1998

MM. les Professeurs O. JARDETSKY (U.S.A.)

1999

MM. les Professeurs J. BOTELLA LLUSIA (Espagne)
D. COLLEN (Belgique)
S. DIMAURO (U. S. A.)

2000

MM. les Professeurs D. SPIEGEL (U. S. A.)
C. R. CONTI (U.S.A.)

2001

MM. les Professeurs P-B. BENNET (U. S. A.)
G. HUGUES (Grande Bretagne)
J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)

2002

MM. les Professeurs M. ABEDI (Canada)
K. DAI (Chine)

2003

M. le Professeur T. MARRIE (Canada)
Sir G.K. RADDA (Grande Bretagne)

2004

M. le Professeur M. DAKE (U.S.A.)

2005

M. le Professeur L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)

2006

M. le Professeur A. R. CASTANEDA (U.S.A.)

2007

M. le Professeur S. KAUFMANN (Allemagne)

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

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	VIALETTES 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	SEBBAHOUN Gérard	31/08/2018

PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert
ALBANESE Jacques
ALIMI Yves
AMABILE Philippe
AMBROSI Pierre
ANDRE Nicolas
ARGENSON Jean-Noël
ASTOUL Philippe
ATTARIAN Shahram
AUDOUIN Bertrand
AUQUIER Pascal
AVIERINOS Jean-François
AZULAY Jean-Philippe
BAILLY Daniel
BARLESI Fabrice
BARLIER-SETTI Anne
BARTHET Marc
BARTOLI Jean-Michel
BARTOLI Michel
BARTOLIN Robert Surnombre
BARTOLOMEI Fabrice
BASTIDE Cyrille
BENSOUSSAN Laurent
BERBIS Philippe
BERDAH Stéphane
BERLAND Yvon Surnombre
BERNARD Jean-Paul
BEROUD Christophe
BERTUCCI François
BLAISE Didier
BLIN Olivier
BLONDEL Benjamin
BONIN/GUILLAUME Sylvie
BONELLO Laurent
BONNET Jean-Louis
BOTTA/FRIDLUND Danielle
BOUBLI Léon
BOYER Laurent
BREGEON Fabienne
BRETELLE Florence
BROUQUI Philippe
BRUDER Nicolas
BRUE Thierry
BRUNET Philippe
BURTEY Stéphane
CARCOPINO-TUSOLI Xavier
CASANOVA Dominique
CASTINETTI Frédéric
CECCALDI Mathieu
CHABOT Jean-Michel
CHAGNAUD Christophe
CHAMBOST Hervé
CHAMPSAUR Pierre
CHANEZ Pascal
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle
CHARREL Rémi
CHARPIN Denis Surnombre
CHAUMOITRE Kathia
CHIARONI Jacques
CHINOT Olivier
CHOSSEGROS Cyrille
CLAVERIE Jean-Michel Surnombre
COLLART Frédéric
COSTELLO Régis
COURBIERE Blandine
COWEN Didier
CRAVELLO Ludovic
CUISSET Thomas
CURVALE Georges
DA FONSECA David
DAHAN-ALCARAZ Laetitia
DANIEL Laurent
DARMON Patrice
D'ERCOLE Claude
D'JOURNO Xavier
DEHARO Jean-Claude
DELPERO Jean-Robert
DENIS Danièle
DESSEIN Alain Surnombre
DESSI Patrick
DISDIER Patrick
DODDOLI Christophe
DRANCOURT Michel
DUBUS Jean-Christophe
DUFFAUD Florence
DUFOUR Henry
DURAND Jean-Marc
DUSSOL Bertrand
ENJALBERT Alain Surnombre
EUSEBIO Alexandre
FAKHRY Nicolas
FAUGERE Gérard Surnombre
FELICIAN Olvier
FENOLLAR Florence
FIGARELLA/BRANGER Dominique
FLECHER Xavier
FOURNIER Pierre-Edouard
FRANCES Yves Surnombre

FUENTES Stéphane
GABERT Jean
GAINNIER Marc
GARCIA Stéphane
GARIBOLDI Vlad
GAUDART Jean
GAUDY-MARQUESTE Caroline
GENTILE Stéphanie
GERBEAUX Patrick
GEROLAMI/SANTANDREA René
GILBERT/ALESSI Marie-Christine
GIORGI Roch
GIOVANNI Antoine
GIRARD Nadine
GIRAUD/CHABROL Brigitte
GONCALVES Anthony
GORINCOUR Guillaume
GRANEL/REY Brigitte
GRANVAL Philippe
GREILLIER Laurent
GRILLO Jean-Marie Surnombre
GRIMAUD Jean-Charles
GROB Jean-Jacques
GUEDJ Eric
GUIEU Régis
GUIS Sandrine
GUYE Maxime
GUYOT Laurent
GUYS Jean-Michel
HABIB Gilbert
HARDWIGSEN Jean
HARLE Jean-Robert
HOFFART Louis
HOUVENAEGHEL Gilles
JACQUIER Alexis
JOURDE-CHICHE Noémie
JOUVE Jean-Luc
KAPLANSKI Gilles
KARSENTY Gilles
KERBAUL François
KRAHN Martin
LAFFORGUE Pierre
LAGIER Jean-Christophe
LAMBAUDIE Eric
LANCON Christophe
LA SCOLA Bernard
LAUNAY Franck
LAVIEILLE Jean-Pierre
LE CORROLLER Thomas
LE TREUT Yves-Patrice Surnombre
LECHEVALLIER Eric
LEGRE Régis
LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
LEONE Marc
LEONETTI Georges
LEPIDI Hubert
LEVY Nicolas
MACE Loïc
MAGNAN Pierre-Edouard
MARANINCHI Dominique Surnombre
MARTIN Claude Surnombre
MATONTI Frédéric
MEGE Jean-Louis
MERROT Thierry
METZLER/GUILLEMAIN Catherine
MEYER/DUTOUR Anne
MICCALEF/ROLL Joëlle
MICHEL Fabrice
MICHEL Gérard
MICHELET Pierre
MILH Mathieu
MOAL Valérie
MONCLA Anne
MORANGE Pierre-Emmanuel
MOULIN Guy
MOUTARDIER Vincent
MUNDLER Olivier Surnombre
NAUDIN Jean
NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
NICOLLAS Richard
OLIVE Daniel

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

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 ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE *A MI-TEMPS*

ADNOT Sébastien
FILIPPI Simon

PROFESSEUR ASSOCIE *A TEMPS PARTIEL*

BURKHART Gary

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIENS HOSPITALIERS

ACHARD Vincent (disponibilité)
ANGELAKIS Emmanouil
ATLAN Catherine (disponibilité)
BARTHELEMY Pierre
BARTOLI Christophe
BEGE Thierry
BELIARD Sophie
BERBIS Julie
BERGE-LEFRANC Jean-Louis
BEYER-BERJOT Laura
BIRNBAUM David
BONINI Francesca
BOUCRAUT Joseph
BOULAMERY Audrey
BOULLU/CIOCCA Sandrine
BUFFAT Christophe
CAMILLERI Serge
CARRON Romain
CASSAGNE Carole
CHAUDET Hervé
COZE Carole
DADOUN Frédéric (disponibilité)
DALES Jean-Philippe
DAUMAS Aurélie
DEGEORGES/VITTE Joëlle
DEL VOLGO/GORI Marie-José
DELLIAUX Stéphane
DESPLAT/JEGO Sophie
DEVEZE Arnaud Disponibilité
DUBOURG Grégory
DUFOUR Jean-Charles
EBBO Mikaël
FABRE Alexandre
FOLETTI Jean- Marc
FOUILLOUX Virginie
FROMONOT Julien
GABORIT Bénédicte
GASTALDI Marguerite
GELSI/BOYER Véronique
GIUSIANO Bernard
GIUSIANO COURCAMBECK Sophie
GONZALEZ Jean-Michel
GOURIET Frédérique
GRAILLON Thomas
GRISOLI Dominique
GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné
GUIDON Catherine
HAUTIER/KRAHN Aurélie
HRAIECH Sami
KASPI-PEZZOLI Elise
L'OLLIVIER Coralie
LABIT-BOUVIER Corinne
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina
LAGIER Aude (disponibilité)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude
LEVY/MOZZICONACCI Annie
LOOSVELD Marie
MANCINI Julien
MARY Charles
MASCAUX Céline
MAUES DE PAULA André
MILLION Matthieu
MOTTOLA GHIGO Giovanna
NGUYEN PHONG Karine
NINOVE Laetitia
NOUGAIREDE Antoine
OLLIVIER Matthieu
OUDIN Claire
OVAERT Caroline
PAULMYER/LACROIX Odile
PERRIN Jeanne
RANQUE Stéphane
REY Marc
ROBERT Philippe
SABATIER Renaud
SARI-MINODIER Irène
SARLON-BARTOLI Gabrielle
SAVEANU Alexandru
SECQ Véronique
TOGA Caroline
TOGA Isabelle
TROUSSE Delphine
TUCHTAN-TORRENTS Lucile
VALLI Marc
VELY Frédéric
VION-DURY Jean
ZATTARA/CANNONI Hélène

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

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

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

BARGIER Jacques
BONNET Pierre-André
CALVET-MONTREDON Céline
GUIDA Pierre
JANCZEWSKI Aurélie

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

REVIS Joana

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à TEMPS-PLEIN

TOMASINI Pascale

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)
MAUES DE PAULA André (MCU-PH)
SECQ Véronique (MCU-PH)

ANESTHESIOLOGIE ET REANIMATION CHIRURGICALE ; MEDECINE URGENCE *4801*

ALBANESE Jacques (PU-PH)
BRUDER Nicolas (PU-PH)
KERBAUL François (PU-PH)
LEONE Marc (PU-PH)
MARTIN Claude (PU-PH) Surnombre
MICHEL Fabrice (PU-PH)
MICHELET Pierre (PU-PH)
VELLY Lionel (PU-PH)

GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANGLAIS *11*

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

BURKHART Gary (PAST)

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

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)

PERRIN Jeanne (MCU-PH)

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE *4301*

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*

CLAVERIE Jean-Michel (PU-PH) Surnombre
GAUDART Jean (PU-PH)
GIORGI Roch (PU-PH)

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

ANTHROPOLOGIE *20*

ADALIAN Pascal (PR)

DEGIOANNI/SALLE Anna (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)

ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH)
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)
ENJALBERT Alain (PU-PH) Surnombre
GABERT Jean (PU-PH)
GUIEU Régis (PU-PH)
OUAFIK L'Houcine (PU-PH)

BUFFAT Christophe (MCU-PH)
FROMONOT Julien (MCU-PH)
MOTTOLA GHIGO Giovanna (MCU-PH)
SAVEANU Alexandru (MCU-PH)

BIOLOGIE CELLULAIRE *4403*

ROLL Patrice (PU-PH)

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

CARDIOLOGIE *5102*

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 DIGESTIVE *5202*

BERDAH Stéphane (PU-PH)
HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
LE TREUT Yves-Patrice (PU-PH) Surnombre
SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE *5302*

GIUSIANO Bernard (MCU-PH)
MANCINI Julien (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)
FLECHER Xavier (PU PH)
PARRATTE Sébastien (PU-PH)
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)
MARANINCHI Dominique (PU-PH) Surnombre
SALAS Sébastien (PU-PH)
VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (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)
GRISOLI Dominique (MCU-PH)
TROUSSE Delphine (MCU-PH)

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE *5104*

ALIMI Yves (PU-PH)
AMABILE Philippe (PU-PH)
BARTOLI Michel (PU-PH)
MAGNAN Pierre-Edouard (PU-PH)
PIQUET Philippe (PU-PH)

SARLON-BARTOLI Gabrielle (MCU PH)

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE *4202*

GRILLO Jean-Marie (PU-PH) Surnombre
LEPIDI Hubert (PU-PH)

ACHARD Vincent (MCU-PH) disponibilité
PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE *5003*

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

DUSI

COLSON Sébastien (MCF)

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

BRUE Thierry (PU-PH)
CASTINETTI Frédéric (PU-PH)

PIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION *4601*

AUQUIER Pascal (PU-PH)
BOYER Laurent (PU-PH)
CHABOT Jean-Michel (PU-PH)
GENTILE Stéphanie (PU-PH)
SAMBUC Roland (PU-PH) Surnombre
THIRION Xavier (PU-PH)

DELPERO Jean-Robert (PU-PH)
MOUTARDIER Vincent (PU-PH)
SEBAG Frédéric (PU-PH)
TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)
BIRNBAUM David (MCU-PH)

CHIRURGIE INFANTILE *5402*

GUYS Jean-Michel (PU-PH)
JOUVE Jean-Luc (PU-PH)
LAUNAY Franck (PU-PH)
MERROT Thierry (PU-PH)
VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH)

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE *5503*

CHOSSEGROS Cyrille (PU-PH)
GUYOT Laurent (PU-PH)

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE,

RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛLOLOGIE *5004*

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

HAUTIER/KRAHN Aurélie (MCU-PH)

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE *5201*

BARTHET Marc (PU-PH)
BERNARD Jean-Paul (PU-PH)
BOTTA-FRIDLUND Danielle (PU-PH)
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)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

GENETIQUE *4704*

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

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

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE *5403*

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

BERBIS Julie (MCU-PH)
LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude (MCU-PH)

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

IMMUNOLOGIE *4703*

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

FERON François (PR) (69ème section)

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

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES *4503*

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

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE INTERNE ; GERIATRIE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT ; MEDECINE GENERALE ; ADDICTOLOGIE *5301*

BONIN/GUILLAUME Sylvie (PU-PH)
DISDIER Patrick (PU-PH)
DURAND Jean-Marc (PU-PH)
FRANCES Yves (PU-PH) Surnombre
GRANEL/REY Brigitte (PU-PH)
HARLE Jean-Robert (PU-PH)
ROSSI Pascal (PU-PH)
SCHLEINITZ Nicolas (PU-PH)

EBBO Mikael (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

ADNOT Sébastien (PR associé Méd. Gén. à mi-temps)
FILIPPI Simon (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)
GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

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)
MATONTI Frédéric (PU-PH)
RIDINGS Bernard (PU-PH) Surnombre

HEMATOLOGIE ; TRANSFUSION *4701*

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)

GELSI/BOYER Véronique (MCU-PH)
LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
LOOSVELD Marie (MCU-PH)

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

MEDECINE LEGALE ET DROIT DE LA SANTE *4603*

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

BARTOLI Christophe (MCU-PH)
TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

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

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION *4905*

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

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL *4602*

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

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

NEPHROLOGIE *5203*

BERLAND Yvon (PU-PH) Surnombre
BRUNET Philippe (PU-PH)
BURTEY Stépahne (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)

PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE *4904*

DA FONSECA David (PU-PH)
POINSO François (PU-PH)

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE *5501*

DESSI Patrick (PU-PH)
FAKHRY Nicolas (PU-PH)
GIOVANNI Antoine (PU-PH)
LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)
NICOLLAS Richard (PU-PH)
TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)

DEVEZE Arnaud (MCU-PH) Disponibilité

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

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE *4502*

DESSEIN Alain (PU-PH) Surnombre

CASSAGNE Carole (MCU-PH)
L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)
MARY Charles (MCU-PH)
RANQUE Stéphane (MCU-PH)
TOGA Isabelle (MCU-PH)

PEDIATRIE *5401*

ANDRE Nicolas (PU-PH)
CHAMBOST Hervé (PU-PH)
DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)
GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)
MICHEL Gérard (PU-PH)
MILH Mathieu (PU-PH)
REYNAUD Rachel (PU-PH)
SARLES Jacques (PU-PH)
TSIMARATOS Michel (PU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)
FABRE Alexandre (MCU-PH)
OUDIN Claire (MCU-PH)
OVAERT Caroline (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE *4903*

BAILLY Daniel (PU-PH)
LANCON Christophe (PU-PH)
NAUDIN Jean (PU-PH)

'CHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE *4302*

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)
GIRARD Nadine (PU-PH)
GORINCOUR Guillaume (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)

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE *4802*

GAINNIER Marc (PU-PH)
GERBEAUX Patrick (PU-PH)
PAPAZIAN Laurent (PU-PH)
ROCH Antoine (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

RHUMATOLOGIE *5001*

GUIS Sandrine (PU-PH)
LAFFORGUE Pierre (PU-PH)
PHAM Thao (PU-PH)
ROUDIER Jean (PU-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)
VALLI Marc (MCU-PH)

PHILOSPHIE *17*

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

PHYSIOLOGIE *4402*

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)
BREGEON Fabienne (PU-PH)
MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)
TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)
BONINI Francesca (MCU-PH)
BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)
DADOUN Frédéric (MCU-PH) (disponibilité)
DEL VOLGO/GORI Marie-José (MCU-PH)
DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
GABORIT Bénédicte (MCU-PH)
REY Marc (MCU-PH)

LIMERAT/BOUDOURESQUE Françoise (MCF) (40ème section) Retraite 1/5/2018
RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
STEINBERG Jean-Guillaume (MCF) (66ème section)
THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE *5101*

ASTOUL Philippe (PU-PH)
BARLESI Fabrice (PU-PH)
CHANEZ Pascal (PU-PH)
CHARPIN Denis (PU-PH) Surnombre
GREILLIER Laurent (PU PH)
REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

MASCAUX Céline (MCU-PH)

TOMASINI Pascale (Maitre de conférences associé des universités)

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE *4804*

AMBROSI Pierre (PU-PH)
BARTOLIN Robert (PU-PH) Surnombre
VILLANI Patrick (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

UROLOGIE *5204*

BASTIDE Cyrille (PU-PH)
KARSENTY Gilles (PU-PH)
LECHEVALLIER Eric (PU-PH)
ROSSI Dominique (PU-PH)

ÉCOLE DU VAL DE GRACE

A Monsieur le médecin général inspecteur Jean-Didier CAVALLO
Directeur de l'École du Val-de-Grâce
Professeur agrégé du Val-de-Grâce
Officier de la Légion d'honneur
Commandeur dans l'Ordre National du Mérite
Chevalier de l'Ordre des Palmes Académiques

***

A Monsieur le médecin général Humbert BOISSEAUX
Directeur-adjoint de l'École du Val-de-Grâce
Professeur agrégé du Val-de-Grâce
Chevalier de la Légion d'honneur
Officier dans l'Ordre National du Mérite
Chevalier de l'Ordre des Palmes académiques

HOPITAL D'INSTRUCTION DES ARMEES SAINTE-ANNE

A Monsieur le Médecin Général Yves AUROY
Médecin chef de l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte Anne
Professeur Agrégé du Val de Grâce
Chevalier de la Légion d'Honneur
Officier de l'Ordre National du Mérite
Médaille de la Défense Nationale – OR

***

A Monsieur le Médecin Chef des Services de Classe Normale Thierry BRUGE-ANSEL
Médecin chef adjoint de l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte Anne
Spécialiste du service de santé des armées
Chevalier de la Légion d'Honneur
Officier de l'Ordre National du Mérite

***

A Monsieur le Médecin chef des services hors Philippe REY
Coordinateur pédagogique de l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte Anne
Professeur Agrégé du Val de Grâce
Chef du service de pathologie digestive
Chevalier de la Légion d'Honneur
Officier de l'Ordre National du Mérite
Chevalier de l'Ordre des palmes académiques

A NOTRE PRESIDENT DE JURY DE THESE

Madame le Professeur Fabienne BREGEON
Vous nous faites le grand honneur d'assurer la présidence de notre jury.
Nous vous remercions de l'intérêt que vous avez voulu accorder à notre travail.
Soyez assurés de la marque de notre profond respect.

***

AUX MEMBRES DE NOTRE JURY DE THESE

Monsieur le Professeur Jean-Pierre LAVIEILLE
Nous vous remercions d'avoir bien voulu prendre le temps de juger ce travail sans nous connaître.
Votre présence parmi les membres du jury nous honore.

***

Monsieur le Professeur Marc GAINNIER
Nous vous remercions d'avoir accepté de siéger à notre jury de thèse et de juger notre travail.
Le temps que vous nous accordez nous honore.

***

A NOTRE MAITRE ET DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Médecin en Chef Jean-Michel Pontier
Vous nous avez proposé ce sujet et guidé tout au long de ce travail.
Puisse le résultat être à la hauteur de votre soutien.

***

Remerciements

A ma famille, c'est grâce à vous tous que je suis là aujourd'hui. Merci de tout ce que vous avez pu faire pour moi. Maman, pour tes valeurs et ta cuisine qui m'a permis de maintenir une alimentation correcte. Papa, c'est toi qui m'a inscrit il y a maintenant 10 ans au concours de l'ESSA. Papi, mamie, vous avez été des modèles pour moi.

A ma grand-mère, tu es malheureusement partie trop tôt, mais je suis sûr que tu aurais été fière. Merci pour ces moments passés ensemble.

A Brenda, ton soutien et ton amour ont été les piliers de ma réussite. Merci pour le bonheur que tu m'apporte chaque jour, je suis fier d'avoir une femme comme toi à mes côtés.

A Alban, mon plus vieil ami, même si les kilomètres nous séparent, je suis heureux de te retrouver à chaque fois que je rentre dans notre beau Limousin. Je te souhaite toute la réussite possible.

A Pierre-Baptiste et Rémi, votre amitié perdure avec les années et les kilomètres.

Aux gros, Arthur & Pauline, Benoît, Gauthier & Charlotte, Sylvain, Yann & Anne-Cécile, nous avons survécu ensemble à la P1, à l'ECN et bientôt à l'internat, merci pour tout en général et la PAUSE en particulier.

Aux Rouges Carabins Toulonnais et aux internes de Sainte-Anne, merci pour les apéros, les sorties à la plage et vos avis spécialisés, l'internat n'aurait pas été pareil sans vous.

Mention spéciale à Godefroy, Nils, Hugues et Quentin pour les aventures passées ensemble dans Venzia.

A Pauline, Alexandra, Freddy, Julien, Kelly, Tiffany, Pierre, merci pour ces soirées à la boâte.

Table des matières

1. INTRODUCTION 2

2.1. Contraintes physiologique pulmonaire en plongée 3

2.1.1. Modifications de la mécanique ventilatoire en plongée 3

2.1.2. Toxicité pulmonaire de l'oxygène hyperbare en plongée 6

2.1.3. Effets sur le contrôle ventilatoire 7

2.2. Modifications des paramètres de l'exploration fonctionnelle respiratoire en plongée sous-marine 8

2.3. Spécificités de la plongée militaire et de la surveillance médicale médicale 9

3. MATERIEL ET METHODES 11

3.1. Protocole expérimental de l'étude 11

3.2. Population étudiée 12

3.3. Variables étudiées 12

3.4. Critères d'inclusion des sujets et recueil des données 13

3.5. Analyse statistique des données 13

4. RESULTATS 14

4.1. Population et catégories de plongeurs étudiés 14

4.2. Paramètres de l'Exploration Fonctionnelle Respiratoire (EFR) 16

4.3. Comparaison des valeurs obtenues de l'EFR avec les valeurs théoriques 18

5. DISCUSSION 21

5.1. Effets de l'entrainement physique et de la pratique régulière de la plongée sous-marine 21

5.2. Limites de l'étude et biais méthodologiques 22

5.3. Limites et biais liés à la réalisation de l'EFR 24

5.4. Analyse de la littérature scientifique 24

5.4.1. Etudes transversales 25

5.4.2. Etudes de cohorte 25

5.4.3. Etude des méta-analyses 27

5.5. Intérêt de la réalisation systématique des EFR chez les plongeurs militaires 28

6. CONCLUSION 30

7. BIBLIOGRAPHIE 32

1. INTRODUCTION

La plongée sous-marine est une activité subaquatique pratiquée en loisir mais constitue également une activité professionnelle à part entière (travaux de génie sous-marins, plongeurs de la police ou pompiers, plongeurs militaires).

Afin de pouvoir évoluer sous l'eau, le plongeur utilise un équipement composé d'une réserve de gaz (air, nitrox, trimix) en pression et d'un détendeur chargé de délivrer ce dernier à la pression ambiante et à la demande. Lorsque le gaz est expiré dans le milieu ambiant on parle d'appareil de plongée fonctionnant en circuit ouvert. Afin d'augmenter la durée des plongées, il est possible d'utiliser un appareil fonctionnant en circuit fermé ou semi fermé avec recyclage des gaz expirés et différents mélanges gazeux synthétiques en fonction de la profondeur d'intervention. Ce type d'appareil de plongée permet ainsi d'augmenter l'autonomie en gaz et le temps d'intervention sous la surface.

Cependant, l'eau reste un milieu dense, froid et irrespirable. En plongée sous-marine, les principales contraintes sur l'économie humaine sont la conséquence de l'immersion du plongeur et les variations de pressions hydrostatiques ambiantes entre la surface et le fond. L'ensemble de ces contraintes est à l'origine de répercussions sur la physiologie du plongeur, son organisme et des organismes tels quel que le poumon.

L'objectif principal de ce travail est d'étudier les effets à long terme de la plongée sous-marine sur la fonction pulmonaire chez le plongeur militaire à partir du suivi longitudinal sur plusieurs années des paramètres de l'exploration fonctionnelle respiratoire . Pour cela, le travail s'appuie sur l'analyse de données rétrospectives issues de la surveillance médicale de cette catégorie de plongeurs professionnel.

2. RAPPELS

2.1. Contraintes physiologique pulmonaire en plongée

En environnement hyperbare le poumon est soumis à de multiples contraintes, conséquence de l'augmentation rapide de la pression hydrostatique ambianter. La mécanique ventilatoire doit donc s'adapter au milieu (1). Ces principales modifications sont liées à l'augmentation de la densité des gaz respirés en fonction de la profondeur. Cela modifie l'écoulemente des gaz dans les petites bronches, passant d'un régime laminaire à un régime turbulent entrainant une augmentation des résistances à l'écoulement et limitant le débit expiratoire (2). Ainsi en plongée sous-marine, le travail respiratoire est modifié du fait de l'augmentation de pression ambiante et de la redistribution du volume sanguin depuis les extrémités et la périphérie vers le thorax à l'origine d'une diminution de la compliance pulmonaire et deses efforts inspiratoires majorés. Enfin, l'augmentation de la pression partielle des gaz respirés est à l'origine d'une toxicité pulmonaire de l'oxygène lors d'exposition de longue durée (effet Lorrain-Smith)et en particulier sur l'échangeur alvéolo-capillaire (3).

2.1.1. Modifications de la mécanique ventilatoire en plongée

Les contraintes de la plongée sous-marine sur la mécanique ventilatoire du plongeur portent sur des modifications de l'écoulement du mélange gazeux dans les bronches et la modification de l'équilibre des pressions liées aux modifications de la pression hydrostatique ambiante s'exerçant sur la cage thoracique.

En ambiance hyperbare, la pression ambiante augmente avec la profondeur. La pression des gaz respirés doit donc augmenter de manière proportionnelle, afin d'éviter un phénomène de pression inspiratoire négative, conséquence d'une pression intrapulmonaire supérieure à celle

du gaz inspiré avec l'impossibilité pour le plongeur de faire pénétrer le mélange gazeux dans les poumons. Si cette pression transmurale négative dépasse 150cm H_20 alors l'inspiration devient impossible, en pratique au-delà d'une profondeur de 1,5m de colonne d'eau (1). Dans l'équipement du plongeur, le rôle du détendeur de plongée est de fournir une pression de gaz inspiré égale à la pression ambiante afin de permettre l'inspiration.

L'augmentation de pression du mélange gazeux a pour conséquence d'augmenter sa masse volumique et de modifier le régime de l'écoulement au sein de l'arbre pulmonaire du fait de l'augmentation des résistances intra-pulmonaires. En environnement normobare, l'écoulement de l'air dans les voies aériennes de diamètre inférieur à 2 mm est laminaire ; c'est-à-dire que le flux d'air se déplace en couches parallèles avec une vitesse plus élevée au centre qu'en périphérie. Pour les bronches de calibre supérieur à 2 mm de diamètre, l'écoulement s'effectue en régime de type turbulent, c'est-à-dire sans organisation. Or il existe un phénomène de perte de charge (ou chute de pression) lié à l'écoulement de l'air dans les bronches. Quand l'écoulement est laminaire, la perte de charge dépend de la viscosité du gaz, qui est une caractéristique intrinsèque et ne varie pas avec la pression. En revanche, dans un système turbulent, cette perte de charge est proportionnelle à la masse volumique du gaz, qui elle augmente proportionnellement à la pression. Les résistances sont donc augmentées au niveau des grosses bronches au cours de l'inspiration et de l'expiration (4), avec un aplatissement des courbes débit-volume sur les spirométries réalisées en ambiance hyperbare (2).

De plus, en ambiance normobare, il existe une limitation de l'expiration liée à la compression des voies aériennes par l'augmentation de la pression intrathoracique en particulier dans les petites bronches distales de petit calibre en raison de la moindre rigidité de leur paroi. Il y a donc une limitation physiologique, appelé point d'égale pression, à partir duquel une augmentation de la pression intrathoracique ne permet plus de majorer le débit expiratoire.

L'expiration est donc un phénomène effort-indépendant. On peut donc supposer qu'avec un mélange gazeux plus dense, et connaissant le phénomène de perte de charge, le point d'égale pression est atteint à une plus faible pression intrathoracique, et donc crée une plus grande limitation du flux expiratoire (5) (6). Une adaptation physiologique de ce phénomène est retrouvée chez des sujets sains qui ventilent un mélange gazeux dont la masse volumique est plus importante en ambiance hyperbare. Cette adaptation consiste à augmenter le volume de réserve expiratoire (VRE) afin de retrouver le niveau de distension thoracique où la compliance pulmonaire est plus favorable à l'expiration (7).

En théorie, l'inspiration n'est pas soumise à ce phénomène, puisque l'inspiration diminue les résistances en augmentant le débit d'air. En effet, lors de l'inspiration, l'augmentation du volume thoracique par la traction des muscles respiratoire cause une augmentation du diamètre des bronches. En ambiance hyperbare, il semblerait qu'il existe une diminution du débit inspiratoire maximal avec augmentation du travail respiratoire lié à l'augmentation des résistances ventilatoire à l'écoulement. De plus, le volume pulmonaire étant augmenté par celle du VRE, l'inspiration est rendue plus difficile par la moindre compliance pulmonaire d'un thorax déjà distendu, majorant encore le travail des muscles respiratoires.

Enfin, l'immersion est à l'origine d'une augmentation du volume sanguin intra-thoracique par un phénomène de redistribution sanguin depuis les extrémités vers le thorax (8). Les causes de ce phénomène sont multiples et sont liées à la poussée d'Archimède, le port du vêtement de protection thermique en néoprène, qui rajoute une pression ainsi qu'à la vasoconstriction périphérique en réaction au froid. La conséquence est une diminution de la capacité vitale (CV) du fait du remplacement de l'air par un volume de sang. De plus la compliance pulmonaire est diminuée de 30 à 50% et est associée à une augmentation du travail inspiratoire (9) qui a pour conséquence de limiter l'effort pendant la plongée.

En plus des effets sur la mécanique ventilatoire du plongeur, la toxicité des gaz inhalés en ambiance hyperbare va être à l'origine d'une toxicité pulmonaire en particulier liée aux effets de l'hyperoxie sur le poumon.

2.1.2. Toxicité pulmonaire de l'oxygène hyperbare en plongée

La toxicité pulmonaire de l'oxygène est un sujet bien connu et apparait à partir d'une pression partielle de 50kPa. Cette toxicité est liée à la pression partielle en O2 respirée (PIO2) ainsi qu'à la durée d'exposition (10,11). On parle d'effet Lorrain-Smith ou de toxicité pulmonaire chronique de l'oxygène hyperbare. Selon la sévérité de l'exposition, le tableau clinique associe une irritation trachéale, une toux, une oppression thoracique et parfois même une gêne respiratoire avec une dyspnée.

Sur le plan anatomo-pathologique, les lésions débutent par une phase initiale exsudative réversible avec œdème pulmonaire apparaissant après entre 4 et 5 jours pour une ventilation à 100% de FIO2. Puis, on passe à un stade prolifératif irréversible avec un remplacement des cellules alvéolaires de type 1 par des cellules de type 2, responsable d'une modification de structurale et épaississement de la membrane basale avec apparition d'un exsudat alvéolaire composé de fibroblastes et de collagène. Puis une phase finale apparait, caractérisée par une fibrose interstitielle et de l'emphysème (12). Toutefois ces études ont été réalisées en phase post-mortem chez des patients ayant bénéficié d'une ventilation invasive avec l'aide d'un respirateur .

Un marqueur de cette toxicité pulmonaire de l'oxygène est la mesure de la capacité vitale (CV) par spirométrie (13). Mais l'enregistrement de ce paramètre peut être affecté par la douleur, gênant l'inspiration complète et ne permet pas d'identifier de minimes variations (<5%) et donc

non informatif pour des expositions de courte durée. La mesure de la diffusion libre du monoxyde de carbone (DLCO) pourrait être un marqueur plus sensible pour des expositions lors de plongées ou de séjour en enceinte hyperbare sans immersion de longue durée (14)

Enfin, il semblerait que l'évolution des lésions se poursuivent vers l'aggravation après l'arrêt de l'exposition du fait de la réaction inflammatoire locale. La durée de récupération serait ainsi de l'ordre de quelques jours (15). Lors de plongées expérimentales à certains niveau et durée d'expositions hyperbare, des auteurs ont montré une majoration de la diminution des débits expiratoires maximum (DEM 25-75) et de la DLCO lorsque les plongées successives étaient réalisées avec un intervalle de temps rapproché (20h) et avec des efforts physiques soutenus (19). Il existe donc un effet cumulatif de cette toxicité pulmonaire de l'oxygène hyperbare et l'évolution des lésions va dépendre de l'intervalle de temps entre 2 plongées en mode successif (16).

2.1.3. Effets sur le contrôle ventilatoire

Le contrôle ventilatoire en hyperbarie est affecté par plusieurs éléments : l'effet direct de la pression ambiante sur le système nerveux (système nerveux des hautes pressions, SNHP) et sur la paroi thoracique, ainsi que l'augmentation de charge interne liée à la densité des mélanges gazeux respirés.

En effet des études ont montré une modification de la respiration lors de plongées à l'hélium avec une hyperventilation caractérisée par l'augmentation du volume courant et une diminution de la fréquence respiratoire (17).

Par ailleurs, il existe une fatigabilité des muscles respiratoires d'origine non métabolique au cours de la plongée.

2.2. Modifications des paramètres de l'exploration fonctionnelle respiratoire en plongée sous-marine

Plusieurs études se sont intéressées aux effets à long terme de la plongée sous-marine sur le poumon et la fonction ventilatoire en particulier dans le domaine de la plongée professionnelle. Les résultats de ces études ont montré une relation entre les modifications de la fonction ventilatoire et le nombre d'années de pratique de la plongée en particulier avec une diminution des valeurs du VEMS, DEM 50, DEM 25-75 et DLCO (18). Il semblerait que les valeurs de la DLCO et du DEM 25 soit modifiées à l'issue des 5 premières années de pratique, 10 ans pour le DEM 50 et 12 ans pour le DEM 25-75, en relation directe avec le nombre de plongées réalisées (19). Ainsi à long terme, ces modifications pourraient caractériser une atteinte prédominante sur les petites bronches. De plus, cette atteinte semble ne pas être liée à l'âge du plongeur ni au degré de sa consommation tabagique (20). En revanche, cette atteinte semblerait prédominante chez les plongeurs professionnels respirant en plongée de l'oxygène ou des mélanges suroxygénés en ambiance hyperbare. Sur le palan méthodologique, ces résultats sont le plus souvent issus d'études rétrospectives de cohorte sans groupe contrôle et qui présentent un faible niveau de preuve. Un autre biais méthodologique est lié à la réalisation de l'EFR et son interprétation en raison de la variabilité de ce type d'exploration qui reste opérateur-dépendant et des modifications physiologiques de fonction pulmonaire avec la sénescence et le vieillissement.

Une étude récente ne montre pas de différences significatives autres que celles en rapport avec le vieillissement de la population de plongeurs étudiée, (21) et les auteurs concluent à l'absence d'intérêt dans la réalisation régulière et systématique d'une EFR dans le cadre de la surveillance médicale des plongeurs professionnels asymptomatiques.

Même si de nombreuses études ont été réalisés chez les plongeurs professionnels, peu d'entre elles se sont intéressées aux plongeurs militaires.

2.3. Spécificités de la plongée militaire et de la surveillance médicale médicale

La plongée militaire s'est développée dans les années 1960 au sein de plusieurs unités dans lesquelles on retrouve : les plongeurs démineurs et nageurs de combat de la marine, les unités d'aide au franchissement du génie, les plongeurs sauveteurs de l'armée de l'air et les plongeurs de la gendarmerie nationale.

Sur le plan de l'aptitude médicale, les plongeurs militaires sont considérés comme des plongeurs professionnels et classés en 2 catégories distinctes selon leur niveau de formation et d'emploi. Les plongeurs de catégorie 1 (CAT1) regroupent les plongeurs de bord (PLB) aptes à faire des plongées n'excédant pas 35m et utilisant l'air en pression comme mélange gazeux respiré. Ils peuvent ensuite se spécialiser pour devenir soit plongeurs démineurs (PLD) réalisant des plongées jusqu'à 80 m de profondeur et utilisant des mélanges gazeux suroxygénés (Nitrox ou Trimix) soitnageurs de combat (NC) réalisant des plongées à faible profondeur (7 m environ) respirant de l'oxygène pur comme gaz avec l'aide d'un appareil à recyclage de gaz fonctionnant en circuit fermé (absence de bulles en surface et discrétion de la mission). L'ensemble des plongeurs PLD et NC sont regroupés dans la catégorie 2 (CAT2) des plongeurs militaires.

Le suivi médical de ces plongeurs passe par une première visite médicale initiale d'expertise et de sélection, des visites régulières et périodiques annuelles et enfin des visites quadriennales associant la réalisation d'examens complémentaires. Les visites périodiques annuelles de cette surveillance médicale sont réalisées par des médecins spécialisés en médecine générale et formés t en médecine de la plongée. Les visites initiales et quadriennales sont réalisées par un médecin expert au sein du service de médecine hyperbare et expertise plongée (SMHEP) de

l'hôpital d'instruction, des armées St Anne à Toulon. Jusqu'en 2015, les examens complémentaires réalisés lors de ces visites périodiques associaient entre autre : une radiographie du thorax, une exploration fonctionnelle respiratoire (EFR), un bilan biologique standard . (22)

L'hypothèse de départ est la présence de contraintes sur le poumon en plongée militaire à l'origine de modifications des principaux paramètres de l'EFR. Dans ce contexte, l'objectif principal de ce travail a été d'étudier l'évolution de ces paramètres chez des plongeurs militaires. Un objectif secondaire a été de comparer les résultats obtenus au sein de 2 populations distinctes de plongeur militaire : les plongeurs de catégorie 1 (PLB) avec ceux de catégorie 2 (PLD et NC) soumis à des contraintes différentes du fait de leur mission, du niveau de leur pratique et du matériel de plongée utilisé (appareil de plongée et mélange gazeux respiratoire).. Sur le plan méthodologique, ce travail reposera sur l'analyse du suivi longitudinal effectué dans le cadre de la surveillance médicale du personnel plongeur.

3. MATERIEL ET METHODES

3.1. Protocole expérimental de l'étude

L'objectif principal de ce travail est d'étudier les effets à long terme de la plongée sous-marine sur la fonction pulmonaire des plongeurs militaires. Pour cela, l'étude s'appuie sur l'analyse rétrospective des dossiers médicaux de surveillance médicale spéciale. Il s'agit d'une étude de cohorte rétrospective incluant des plongeurs militaires faisant tous l'objet d'un suivi médical régulier par le Service de Médecine Hyperbare et Expertise Plongée (SMHEP) de l'Hôpital d'Instruction des Armées Ste Anne à Toulon. Dans le cadre de cette surveillance médicale chaque plongeur effectue une visite tous les 4 ans au SMHEP durant laquelle une exploration fonctionnelle respiratoire (EFR) est systématiquement réalisée.

La période d'observation a été de 16 ans entre la première EFR réalisée lors de la visite médicale d'aptitude initiale et l'EFR réalisée lors de 5ème visite médicale d'aptitude. Dans un premier temps, l'étude a porté sur la comparaison des différents paramètres des EFR réalisées chez l'ensemble des plongeurs militaires durant la période d'observation. Puis l'étude a porté sur la comparaison des paramètres des EFR entre les plongeurs des différentes catégories (CAT 1 et CAT 2).

Les plongeurs ont ensuite été appariés un à un aux valeurs théoriques obtenues par les équations de la Global Lung function Initiative (GLI). Pour chaque visite réalisée les valeurs des différents paramètres mesurés ont été comparées aux valeurs obtenues avec l'aide de ces équations pour la population générale de l'étude et pour chaque groupe. La proportion de z-score pathologique correspondant à un écart à la moyenne supérieur à 2 écarts-type (hors de l'intervalle de confiance à 95%) a été mesuré dans chaque groupe. La valeur de z-score pathologique retenue par la GLI est une valeur inférieure à -1,64.

3.2. Population étudiée

Les plongeurs militaires des 4 armées (Marine, Terre, Air et Gendarmerie) sont classés en 2 catégorie comme rappelé précédemment : le groupe des plongeurs de catégorie 1 (CAT1) est constitué par les plongeurs de bord qui plongent à l'air en circuit ouvert limités à 30 mètres de profondeur et le groupe des plongeurs de catégorie 2 (CAT2) composé des plongeurs démineurs (PLD) et des nageurs de combat (NC) qui plongent avec des appareils à recyclage et des mélanges gazeux suroxygénés.

3.3. Variables étudiées

Lors de chaque visite médicale effectuée dans le cadre de la surveillance médicale des plongeurs militaires, les éléments suivants sont relevés :

- Catégorie du plongeur (CAT 1et CAT 2),
- Biométrie (âge, taille, poids, statut tabagique, nombre d'années de pratique),
- Nombre annuel et type de plongées réalisées

L'âge, la taille et le poids sont notés sur la fiche d'observation médicale rédigée lors de la consultation. Le nombre de plongées effectuées au cours du dernier semestre et le début de pratique de la plongée font l'objet d'un recueil avec l'aide d'un questionnaire rempli par le plongeur lui-même avant la consultation..

Concernant les EFR réalisées, les paramètres recueillis sont le VEMS, la CVF, le coefficient de Tiffeneau, le DEM50 et le DEM25-75.

3.4. Critères d'inclusion des sujets et recueil des données

Les sujets inclus dans cette étude sont tous des plongeurs militaires qui ont fait l'objet d'une visite au SMHEP entre 2012 et 2015 dans le cadre de la surveillance médicale régulière. Tous étaient nés avant le 01/01/1977 en vue d'une période d'observation et de suivi longitudinal d'au moins 15 années..

Les critères d'exclusion étaient :

- la découverte d'une pathologie pulmonaire chronique au cours de la période,
- un accident de plongée à l'origine d'une inaptitude médicale temporaire ou définitive,
- une interruption dans le suivi médical supérieure à 6 ans,

Les données ont été collectées à partir des informations à l'intérieur des dossiers médicaux des sujets pour la période entre février 2016 et aout 2017.

3.5. Analyse statistique des données

Les statistiques ont été réalisées au moyen du logiciel OpenEpi version 3. Les tests de comparabilité entre les groupes ont été faits avec le test ANOVA qui analyse la variance, l'analyse des différents paramètres des EFR ont été réalisés avec le test T de Student en variance égale ou inégale après test d'égalité de variance. Il a été considéré une valeur de $p<0,05$ comme significative.

4. RESULTATS

4.1. Population et catégories de plongeurs étudiés

Le nombre total de sujets de cette étude est de 103 plongeurs militaires. Le nombre de plongeurs de catégorie 1 (CAT 1) est de 59. Il est de 44 pour les plongeurs de catégorie 2 (CAT 2) avec 28 plongeurs démineur (PLD) et 16 nageurs de combat (NC). Tous les plongeurs de l'étude sont de sexe masculin.

Lors de la première visite effectuée (visite initiale d'aptitude), les résultats ne montrent pas de différence significative entre les plongeurs CAT 1 et CAT 2 concernant l'âge, la taille , le poids, l'indice de masse grasse (IMC)MC et le nombre d'années de pratique de la plongée. En revanche, les résultats montrent que les plongeurs CAT 2 effectuent un nombre annuel de plongées significativement plus élevé que les plongeurs CAT 1 (respectivement 70,2 plongées semestrielles pour les plongeurs CAT 2 vs 48,7 pour les plongeurs CAT 1 avec p=0,032). L'ensemble des résultats figurent dans le tableau 1.

	Age (ans)	Taille (cm)	IMC	Expérience (ans)	Nombre de plongées semestrielles
Tous les plongeurs	30,47	176	23,67	6,91	55,4
CAT1	30,51	177	23,79	6,52	48,73
CAT2	30,41	176	23,51	7,42	70,22 (*)

Tableau 1 : Caractéristiques générales de la population étudiée lors de la 1ère visite médicale (visite d'aptitude initiale). (*) différence significative entre les plongeurs CAT1 et CAT2

Lors de la 5ème visite effectuée (visite d'aptitude révisionnelle), les résultats ne montrent pas de différence significative entre les plongeurs CAT 1 et CAT 2 et l'ensemble des plongeurs militaires de l'étude. Il n'existe pas de différence significative entre le nombre de plongées semestrielles réalisées chez les plongeurs CAT 1 et CAT 2 (respectivement 45,51 pour les plongeurs CAT14 vs 53,21 pour les plongeurs CAT 2 avec p=0,15). L'ensemble des résultats figurent dans le tableau 2.

	Age (ans)	IMC	Nombre de plongées semestrielles
Tous les plongeurs	46,34	25,09	48,64
CAT1	46,46	25,03	45,51
CAT2	46,18	25,17	53,21

Tableau 2 : Caractéristiques générales de la population étudiée lors de la 5ème visite médicale (aptitude médicale révisionnelle)

Les résultats ne montrent pas de différences significatives (pour l'âge, le poids, la taille et l'IMC) entre la 1ère visite médicale (aptitude médicale initiale) et la 5ème visite (aptitude médicale révisionnelle) pour le poids, la taille et l'IMC des sujets de l'étude et chez les plongeurs des 2 catégories.

Concernant le tabagisme, les résultats montrent que le pourcentage de fumeurs actifs était de 18,4% (soit 18/98 plongeurs pour lesquels les données étaient disponibles lors de la 1ère visite médicale) avec une répartition plus élevée dans le groupe CAT2 (9 fumeurs sur 41 plongeurs contre 9/57 dans le groupe CAT1). A la 5ème visite médicale, le pourcentage de fumeurs était de 6,8% dans la population (7/103 plongeurs) , 5 fumeurs sur 59 plongeurs dans le groupe CAT1 et 2 fumeurs pour 44 plongeurs dans le groupe CAT2).

4.2. Paramètres de l'Exploration Fonctionnelle Respiratoire (EFR)

Les résultats des différentes EFR réalisées chez l'ensemble des plongeurs de l'étude et dans les différentes catégories de plongeurs (CAT 1 et CAT 2) sont représentés dans le tableau 3.

Les résultats ne montrent pas de différence significative de la valeur moyenne du VEMS Capacité Vitale Fonctionnelle (CVF) à 16 ans d'intervalle pour l'ensemble des sujets de l'étude mais également chez les plongeurs CAT 1 et CAT 2 (tableau 3). De plus, il n'existe pas de différence significative entre les différentes catégories de plongeurs lors de la 1ère visite (aptitude médicale initiale) etla 5ème visite (aptitude révisionnelle) (Tableau 3).

Concernant le coefficient Tiffeneau, Les résultats montrent une diminution significative de la valeur moyenne de ce dernier entre la 1ère et la 5ème visite pour l'ensemble des sujets de l'étude (80,7 ±6,04 % lors de la 5ème visite vs 83,00 ±6,05% lors de la 1ère visite avec p=0,006).). Cette diminution est significative pour les plongeurs CAT 1 (p=0,016). La diminution des valeurs moyennes du coefficient de Tiffeneau est plus importante chez les plongeurs CAT 1 (-2,78 points) que chez les plongeurs CAT2 (-1,7 points Enfin, les résultats ne montrent pas de différence significative des valeurs moyennes du Tiffeneau entre les 2 groupes de plongeurs lors de la 1ère visite mais il existe une différence entre les CAT 1 et CAT 2 lors de la 5ème visite une valeur moyenne du Tiffeneau plus basse chez les plongeurs CAT 1 (79,24% pour les plongeurs CAT 1 vs 82,61% pour les plongeurs CAT 2 avec p=0,005) (Tableau 3).

Concernant l'étude des débits distaux, les résultats montrent une baisse significative de la valeur moyenne du DEM50 pour l'ensemble des sujets de l'étude (4,56 ±1,21L/min lors de la visite révisionnelle vs 5,24 ±1,43L/min à la visite d'inclusion avec p=0,006) ainsi que dans le groupe des plongeurs CAT 1 (5,19L/min à 16 ans de suivi contre 5,20L/min à la visite d'inclusion, p=0,973). En revanche, les résultats ne montrent pas de différence significative des valeurs

moyennes du DEM50 dans le groupe des plongeurs CAT 2 (5,19 ±1,39L/min à 16 ans de suivi contre 5,20 ±1,34 L/min à la visite d'inclusion, p=0,973) (Tableau 3).

Concernant le DEM25-75, les résultats montrent une diminution qui tend vers la significativité des valeurs moyennes pour l'ensemble des sujets de l'étude entre la 1ère et la 5ème visite (4,44 ±1,26 L/min lors de la 5ème visite vs 4,79 ±1,13L/min lors de la 1ère visite avec p=0,0502). Dans le groupe CAT1, l'évolution du DEM25-75 suit celle du DEM50 avec une perte de 0,49L/min en moyenne au cours du suivi. Cette différence entre V1 et V5 est significative (p=0,045) (Tableau 3). Cette diminution est significative dans le groupe des plongeurs CAT 1 mais non significatif dans le groupe CAT2, (p=0,102).

	VEMS (L/min)	CVF (L)	Tiffeneau	DEM50 (L/min)	DEM25-75 (L/min)
Plongeurs de l'étude					
Aptitude initiale	4,47 (0,63)	5,39 (0,75)	83,00 (6,05)	5,22 (1,38)	4,79 (1,13)
Aptitude HO+16	4,41 (0,63)	5,48 (0,85)	80,68 (6,04) (*)	4,83 (1,32) (*)	4,44 (1,26)
Plongeurs CAT1					
Aptitude initiale	4,49 (0,60)	5,49 (0,73)	82,02 (6,18)	5,24 (1,43)	4,75 (1,14)
Aptitude H0+16	4,38 (0,61)	5,55 (0,79)	79,24 (6,19) (*)	4,56 (1,21) (*)	4,26 (1,29) (*)
Plongeurs CAT2					
Aptitude initiale	4,43 (0,66)	5,26 (0,77)	84,31 (5,69)	5,20 (1,34)	4,83 (1,13)
Aptitude HO+16	4,44 (0,67)	5,40 (0,91)	82,61 (5,32) (+)	5,19 (1,39) (+)	4,67 (1,19)

Tableau 3 : Valeurs moyennes des différents paramètres de l'exploration fonctionnelle respiratoire (moyenne +/- écart-types) réalisées lors de la 1ère visite (aptitude médicale initiale) d et la 5ème visite (aptitude révisionnelle 16 ans plus tard) chez les sujets de l'étude, les plongeurs de la catégorie 1 (CAT 1) et de la catégorie 2 (CAT 2).
(*) : différence significative entre V1 et V5 dans le même groupe (p<0,05)
(+) : différence significative entre les groupes CAT1 et CAT2 (p<0,05)

4.3. Comparaison des valeurs obtenues de l'EFR avec les valeurs théoriques

L'étude ne disposant pas de groupe contrôle, les valeurs des paramètres mesurés sur les EFR réalisées ont été comparés aux valeurs théoriques données par les équations de la Global Lung Initiative (GLI) (23).

Lors de la 1ère visite (visite d'aptitude initiale) chez les sujets de l'étude, les résultats ne montrent pas de différence significative entre les valeurs des paramètres mesurés sur les EFR et les valeurs théoriques données par les équations de la GLI .

Lors de la 1ère visite pour l'ensemble des sujets de l'étude, les plongeurs CAT 1 et CAT 2, les résultats ne montrent pas de différence significative entre les valeurs mesurées et théoriques du VEMS, de la CVF et du coefficient de Tiffeneau (Tableau 4) . En revanche, seule la valeur moyenne du DEM25-75 mesurés pour l'ensemble des sujets est significativement plus élevé que la valeur théorique obtenue avec les équations de la GLI (4,79 ±1,13 L/min mesurée chez les sujets vs 4,5 ±0,32 L/min théorique avec p=0,017). (Tableau 4).

	VEMS (L/min)	CVF (L)	Tiffeneau	DEM25-75 (L/min)
Totalité des plongeurs				
Plongeurs à H0	4,47 (0,63)	5,39 (0,75)	83,00 (6,05)	4,79 (1,13)
Valeurs théoriques à H0	4,42 (0,34)	5,35 (0,43)	82,89 (1,09)	4,51 (0,32) (*)
Plongeurs à H0+16	4,41 (0,63)	5,48 (0,85)	80,68 (6,04)	4,44 (1,26)
Valeurs théoriques à H0+16	3,97 (0,31) (*)	4,99 (0,41) (*)	79,80 (0,85)	3,72 (0,31) (*)
CAT1				
Plongeurs à H0	4,49 (0,60)	5,49 (0,73)	82,02 (6,18)	4,75 (1,14)
Valeurs théoriques à H0	4,43 (0,61)	5,37 (0,38)	82,86 (1,13)	4,52 (0,29)
Plongeurs à H0+16	4,38 (0,61)	5,55 (0,79)	79,24 (6,19)	4,26 (1,29)
Valeurs théoriques à H0+16	3,98 (0,28) (*)	5,01 (0,37) (*)	79,76 (0,90)	3,72 (0,30) (*)
CAT2				
Plongeurs à H0	4,43 (0,66)	5,26 (0,77)	84,31 (5,69)	4,83 (1,13)
Valeurs théoriques à H0	4,40 (0,39)	5,33 (0,49)	82,92 (1,04)	4,50 (0,36)
Plongeurs à H0+16	4,44 (0,67)	5,40 (0,91)	82,61 (5,32)	4,67 (1,19)
Valeurs théoriques à H0+16	3,95 (0,35) (*)	4,97 (0,46) (*)	79,85 (0,78) (*)	3,72 (0,33) (*)

Tableau 4 : Valeurs théoriques selon les équations de la GLI à H0 et H0+16 pour la globalité des plongeurs, CAT1 et CAT2. Valeurs données en moyenne (écart-type).
(*) : différence significative avec la valeur moyenne des EFR du groupe ($p<0,05$)

Lors de la 5ème visite (visite d'aptitude révisionnelle) à 16 ans pour l'ensemble des sujets de l'étude, les plongeurs CAT 1 et CAT 2, les résultats montrent une différence significative avec des valeurs moyennes du VEMS et de la CVF mesurées plus élevées que les valeurs théoriques (4,41 ±0,63L/min pour le VEMS mesuré vs 3,97 ±0,31L/min pour le VEMS théorique avec $p<0,001$ et 5,48 ±0,85L pour le CVF mesurés vs 4,99 ±0,41L pour le CVF théorique avec $p<0,001$). Cette élévation significative des valeurs moyennes du VEMS et de la CVF mesurées par rapport aux valeurs théoriques est retrouvée dans les groupes de plongeurs CAT 1 et CAT 2 (tableau 4),.

De même lors de la 5ème visite (visite d'aptitude révisionnelle) à 16 ans pour l'ensemble des sujets de l'étude, les plongeurs CAT 1 et CAT 2, les résultats montrent une différence significative avec des valeurs moyennes du DEM25-75 mesurées plus élevées que les valeurs théoriques (4,44 ±1,26L/min vs 3,72 ±0,30L/min avec p=0,003 pour l'ensemble des sujets de l'étude, 4,26 ±1,29L/min vs 3,72 ±0,30L/min avec p<0,001 pour les plongeurs CAT1 et 4,67 ±1,19L/min vs 3,72 ±0,33L/min avec p<0,001 pour les plongeurs CAT2).

Enfin, la proportion de z-scores pathologiques, c'est-à-dire la proportion de valeurs situées en dehors de 2 dérivations standards par rapport à la valeur théorique attendue, n'évoluait pas au cours du suivi, dans la population globale étudiée comme dans les groupes CAT1 et CAT2 (Tableau 5).

	VEMS	CVF	Tiffeneau	DEM25-75
Population globale à H0	1,94	3,88	3,88	0,00
Population globale à H0+16	0,97	0,97	3,88	0,00
CAT1 à H0	1,69	5,08	6,78	0,00
CAT1 à H0+16	1,69	1,69	6,78	0,00
CAT2 à H0	2,27	2,27	0,00	0,00
CAT2 à H0+16	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau 5 : Proportion de z-score pathologique (inférieur à -1,64), en pourcentage, pour chaque paramètre de l'EFR et dans chaque catégorie étudiée.

5. DISCUSSION

Le premier résultat montrent une diminution statistiquement significative du coefficient de Tiffeneau et des débits distaux pour le groupe de sujets de l'étude ainsi que pour les groupes de plongeurs CAT 1.

Notre étude étant réalisée sans groupe contrôle, nous avons comparé les valeurs des différents paramètres des EFR mesurés avec les valeurs théoriques obtenues par les équations de la Globale Lung Initiative (23) qui prend en compte l'évolution des paramètres d'une EFR en fonction de l'âge. Un second résultat de l'étude montre que le retentissement de l'âge sur la capacité respiratoire est moins importante dans le groupe de sujets de l'étude qui font l'objet du suivi. Une hypothèse pour expliquer ce résultat pourrait être lié à l'entrainement des muscles respiratoire causés par une pratique régulière et continue de la plongée sous-marine.

Enfin un autre résultats concerne l'absence de z-score hors des limites de 2 écarts types et donc d'apparition de valeur seuil pathologiques après 16 ans de suivi.

5.1. Effets de l'entrainement physique et de la pratique régulière de la plongée sous-marine

Contrairement à l'hypothèse de départ dans le groupe de plongeurs CAT 2, les résultats ne montrent pas de différence significative des valeurs moyennes des différents paramètres de l'EFR entre la 1ère et la 5ème visite soit après 16 ans d'exposition. Ces résultats sont conformes à ceux d'une étude réalisée chez des plongeurs militaires exposés à la respiration d'oxygène hyperbare répétée. Dans cette étude, les auteurs n'ont pas montré de différence significative des valeurs des différents paramètres mesurées sur les EFR sur une période d'observation de 8 ans (24).

Les plongeurs CAT 2 constitue une population de plongeurs militaires qui font l'objet d'un entrainement physique et sportif régulier et d'une pratique répétée de la plongée sous-marine. Par rapport aux plongeurs CAT 1, ils réalisent un nombre plus important de plongées avec différents mélanges gazeux suroxygénés.

Une hypothèse pour expliquer ces résultats est que l'entrainement physique et sportif pourrait avoir un effet sur la fonction respiratoire. Une étude soumettant une population sédentaire de fumeurs et non-fumeurs à un entrainement physique d'intensité modéré a montré une amélioration du VEMS dans les 2 groupes ainsi qu'une amélioration de la CVF dans le groupe des sujets fumeurs (25). Cependant, une étude réalisée chez des sportifs a montré que l'entrainement physique avait des conséquences sur la fonction pulmonaire avec le développement d'une inflammation infra-clinique. En effet le nombre de cellules (polynucléaires neutrophiles et macrophages) et de la concentration en leucotriène E4 et Interleukine dans les crachats de sportifs augmentait avec l'intensité de l'entrainement (26).

Enfin, une méta-analyse recherchant l'effet de l'entrainement physique sur l'EFR de patients atteint de pathologies pulmonaires chronique a montré qu'il existe un lien entre entrainement et amélioration de la spirométrie (27)

5.2. Limites de l'étude et biais méthodologiques

Il s'agit d'une étude de cohorte rétrospective qui présente un niveau de preuve scientifique plus faible qu'une étude prospective multicentrique en double aveugle.

La première limite est liée au défaut de données concernant le nombre de plongées effectuées par les plongeurs souvent mal renseignées sur le questionnaire rempli lors de la visite médicale avec un taux de réponse moyen de 77% (56% lors de la 1ère visite et 25% chez les plongeurs

NC). Concernant les données des EFR, seule la valeur du DEM25-75 manquait lors de la 1ère visite pour 19,5% des sujets de l'étude, 22% pour les plongeurs CAT 1 et 15,9% pour le groupe.

Enfin la pratique, de la plongée loisir n'a pas été renseignée lors des différentes visites. Par conséquent, il peut exister une sous-estimation du nombre de plongées réalisées.

Par ailleurs, certaines données étaient recueillies au moyen d'un auto-questionnaire renseigné par le sujet et peuvent faire l'objet d'un biais de déclaration.

Un autre biais pourrait être la non déclaration des accidents de plongée n'ayant pas entrainé d'inaptitude, ceux-ci ayant pu ne pas être mentionnés sur le compte rendu de consultation par omission de la part du plongeur. Nous avons donc choisi d'ignorer cette donnée, sachant que dans les 3 premières années de suivi d'une cohorte de plongeurs, aucune différence spirométrique n'avait été mise en évidence entre les plongeurs indemnes de tout accident de plongée et ceux en ayant eu au moins un (28).

Enfin concernant les paramètres de l'EFR, la mesure de la DLCO pourrait être un marqueur intéressant. Cette variable et a d'ailleurs été utilisée dans de nombreuses études sur l'évolution de la fonction pulmonaire chez des plongeurs (19). Or celle-ci ne faisant pas partie des examens réalisés dans le suivi des sujets de notre étude, nous n'avons pu analyser de données concernant ce paramètre. Dans les différentes études, la diminution de la DLCO chez les plongeurs est systématique, et pourrait constituer le reflet indirect de la toxicité pulmonaire de l'oxygène à l'origine d'une atteinte de la paroi alvéolaire d'abord œdémateuse et réversible, puis fibrosante et irréversible.

5.3. Limites et biais liés à la réalisation de l'EFR

Les EFR présentent l'inconvénient d'une reproductibilité relativement médiocre et engendrant des écarts relativement importants entre 2 mesures réalisées chez un même individu. Cet écart a été estimé par l'American Thoracic Society, qui retrouve des intervalles de confiance à 95% de 11% pour la CVF et de 12% pour le VEMS (29). Les valeurs retrouvées au cours de notre étude à 16 ans sont toutes dans l'intervalle de confiance à 95% des valeurs de la visite initiale, donnant donc moins de signification à leur évolution.

Malgré les efforts de standardisation de l'EFR, celui-ci reste un examen opérateur dépendant (30). Cela a des répercussions sur notre étude car celle-ci étant rétrospective et sur une durée de 16 ans, il existe différentes machines à EFR ayant servi à donner les données que nous avons analysé. Ceci est encore accentué par le fait que les plongeurs de par leur état de militaire ont pu être mutés, et donc les EFR peuvent provenir de toute la France. De plus certains plongeurs réalisaient l'EFR dans un centre à proximité de chez eux avant la consultation au SMHEP. Nous retrouvons donc une grande variété de spiromètres et d'opérateurs dans notre étude, que nous n'avons pas recensé. Une telle variété peut donc nuire à l'interprétation de nos résultats sur l'évolution de la fonction pulmonaire.

5.4. Analyse de la littérature scientifique

Nous avons vu précédemment que les valeurs des paramètres de l'EFR variaient avec l'âge en particulier les paramètres explorant le versant expiratoire de la ventilation (31).

Il existe de nombreuses publications s'intéressant à l'effet de la plongée sur la fonction pulmonaire. Ces études montrent des résultats qui divergent avec des conclusions contradictoires. Il s'agit d'études principalement réalisées sur des cohortes de plongeurs professionnels non militaire qui n'ont pas la même pratique de la plongée

5.4.1. Etudes transversales

Une première étude transversale publiée en 1990, a comparé la fonction pulmonaire d'un groupe de plongeur avec des témoins comparables en termes d'âge, de taille et de poids. Les résultats de la spirométrie ont montré un VEMS et un coefficient de Tiffeneau significativement plus faible dans le groupe des plongeurs (19). Par ailleurs une diminution de la (en entier dans le texte avant abréviation) TLCO et du (idem) KCO étaient aussi retrouvé dans le groupe plongeur par rapport au groupe témoin. Enfin, d'après leurs résultats, une corrélation existait entre le temps passé en plongée en saturation et une capacité ventilatoire diminuée à l'EFR.

Dans une étude comparant les résultats des EFR d'un groupe de plongeurs avec les valeurs prédictives de la CECA (communauté européenne du charbon et de l'acier), il a été montré une augmentation de la CVF et une diminution du DEM25-75 (32). Ce résultat évoque une possible distension thoracique chez les plongeurs. Cette augmentation de la CVF dans cette étude peut être interprétée comme dans la nôtre par une diminution plus faible de celle-ci dans une population de plongeurs que dans la population générale.

5.4.2. Etudes de cohorte

Une étude de cohorte prospective sur 12 ans sur des futurs plongeurs professionnels entrant en formation a été étudiée et les résultats du suivi à 3, 6 et 12 ans ont été publiés. L'inclusion a été faite entre 1992 et 1994 et les résultats du suivi à 12 ans ont été publiés en 2008. Les résultats à 3 ans retrouvaient une diminution significative du VEMS ainsi que des débits distaux (DEM25-75, DEM50, DEM75) par rapport à la visite d'inclusion avant l'entrée en école, à la sortie d'école ainsi que par rapport au suivi réalisé à 1 an. Ils n'étaient comparés à aucun groupe

témoin. Contrairement à l'étude transversale de 1990, il n'existait pas de lien statistique entre le nombre de plongées effectuées et la réduction de la capacité ventilatoire (28).

Après 6 ans de suivi, des résultats comparatifs avec un groupe de policiers non plongeurs ont été publiés. Ils retrouvaient une diminution significativement plus rapide (en pourcentage annuel) du VEMS, de la CVF, et du DEM25-75 dans le groupe plongeurs (31). Un autre aspect intéressant de cette étude est une analyse de sous-groupes comparant les plongeurs à l'air selon l'intensité de leur pratique (exposition faible ou élevée) avec les plongeurs utilisant d'autres mélanges gazeux. Les résultats sont en faveur d'une diminution plus rapide de la fonction respiratoire dans le groupe à exposition élevée par rapport à ceux à faible exposition. En revanche, aucune différence statistiquement significative n'était retrouvée entre les plongeurs à l'air à exposition élevée et les plongeurs utilisant d'autres mélanges gazeux. Ce résultat étant néanmoins à prendre avec précaution car l'effectif de ce groupe était très faible (5 plongeurs). Néanmoins, il va dans le sens, comme notre étude le montre d'une absence de toxicité pulmonaire des mélanges gazeux suroxygénés.

En revanche, une cohorte rétrospective réalisée sur des plongeurs de l'US Navy retrouvait des résultats différents, avec une absence de diminution significative du VEMS, de la CVF et de la DLCO en 5,9 années de suivi (29).

Enfin après 12 ans de suivi (33), nous retrouvons des résultats similaires à notre étude en ce qui concerne le débit expiratoire à bas volume pulmonaire, avec une diminution du DEM25-75 augmentant avec le nombre de plongées. En revanche l'évolution de la CVF a été différente dans les 2 études avec une tendance à la diminution à long terme alors que nos résultats suggèrent une augmentation mineure, de l'ordre de +2% en 16 ans, non statistiquement significative. Nous pouvons expliquer ceci par le mécanisme supposé de l'augmentation de la CVF chez le plongeur, qui serait une adaptation à l'effort respiratoire plus important demandé

en conditions hyperbare afin de vaincre l'augmentation des résistances des voies aériennes du fait de la pression hydrostatique s'exerçant sur le thorax (4). Or dans cette cohorte, à 12 ans de suivi, seulement 47% des patients étaient encore plongeurs à temps complet ou partiel, alors que nos plongeurs militaires restent en activité tout au long du suivi. Enfin, la prise de poids dans notre cohorte a été inférieure sur 12 ans (+3,1kg en moyenne contre +8kg), ce qui peut influencer les mesures de CVF.

Pour pallier à la difficulté de suivre un groupe contrôle sur une longue période de temps, une étude néo-zélandaise a comparé l'évolution de la fonction pulmonaire de plongeurs professionnels à 4 formules prédictives des valeurs de l'EFR (Gore, Knudson, WRS et NHANES III). La méthodologie est proche de celle que nous avons adopté dans la deuxième partie de notre analyse. Cette étude a été menée sur 5 ans. Sur les 4 formules utilisées, NHANES III correspondait plus aux valeurs de base des plongeurs et est la seule avec laquelle on retrouvait une différence au niveau du seul VEMS après 5 années de suivi. Néanmoins cette différence était faible et n'avait probablement pas de conséquence clinique, remettant en cause l'intérêt des EFR systématiques dans cette population (34). En revanche, cette formule a été créé par rapport à une population américaine et non néo-zélandaise, ce qui peut rendre ces résultats douteux, les deux populations n'étant pas forcément comparables. D'autant plus que les analyses menées avec les équations adaptées à la population locale n'ont pas retrouvé de différence.

5.4.3. Etude des méta-analyses

Des revues systématiques de la littérature sont venues synthétiser les résultats de ces études longitudinales. Une méta-analyse publiée en 2014 a recensé 14 publications traitant de l'évolution à long terme de la fonction pulmonaire chez le plongeur professionnel (35). Sur ces

quatorze études, sept montraient une diminution significative du VEMS. Mais celle-ci était supérieure à la perte physiologique liée à l'âge dans 3 cas seulement. Quant aux débits distaux, le DEM25 présentait une baisse significative dans deux études, et le DEM50 dans trois. Mais ces études, comme la nôtre, présentaient des biais et seulement deux d'entre elle avaient un groupe contrôle. Leurs résultats sont donc sujet à caution. Dans une autre revue systématique, les auteurs notent que les cohortes de militaires présentent une évolution différente des plongeurs professionnels civils, avec une absence d'effets à long terme de la plongée sur leur fonction pulmonaire (36). En effet, ceux-ci sont moins soumis aux profondeurs extrêmes avec une exposition cumulée à l'hyperbarie moins marquée. Par ailleurs il n'y a pas de plongée en saturation en milieu militaire. Cette différence de pratique peut donc expliquer que les EFR n'évoluent pas de façon identique dans les deux populations et corrobore les résultats de notre cohorte, ne retrouvant pas d'altération de la fonction pulmonaire supérieure aux variations liées à l'âge.

5.5. Intérêt de la réalisation systématique des EFR chez les plongeurs militaires

Les données actuellement disponibles sont donc issues d'études présentant pour la plupart des biais méthodologiques. Les résultats ne sont pas uniformes entre les études, et les variations observées sont mineures. Il est peu probable qu'elles entrainent une symptomatologie clinique.

Dans notre étude, les résultats sont cohérents avec ce qui a été décrit chez les plongeurs professionnels, à savoir une réduction des débits distaux (DEM50 et DEM25-75). Mais celle-ci restant dans les limites de la variabilité de l'EFR et du vieillissement naturel.

Une cohorte, avec un effectif important de 232 plongeurs professionnels et une durée de suivi de 10 ans a été publiée en mars 2018 (22). Ses résultats, comparables aux nôtres, montrent une faible diminution du VEMS et de la CVF, inférieure à celle du vieillissement naturel. La

conclusion des auteurs est qu'il n'y a aucun intérêt clinique à la réalisation d'EFR systématiques chez les plongeurs professionnels.

L'intérêt de réaliser des EFR systématiques de suivi dans la population des plongeurs est donc discutable, du fait de l'absence de trouble clinique mis en évidence à long terme chez les plongeurs militaires. L'EFR initial reste néanmoins indispensable afin dépister les plongeurs présentant déjà un trouble ventilatoire obstructifs, plus sujets aux pathologies de la plongée et notamment à l'œdème pulmonaire d'immersion.

Ces modifications de la fonction pulmonaire au cours du temps chez les plongeurs professionnels seraient aussi détectables chez les plongeurs loisir (37). Une étude portant sur 33 plongeurs avec plus de 15 ans d'expérience de la plongée, ce qui est une durée d'exposition proche de notre étude, a retrouvé des valeurs de CVF et de VEMS plus élevées que les valeurs attendues. Ces résultats sont comparables au nôtres. En revanche la diminution du DEM25-75 retrouvé, en lien avec l'âge et les années d'exposition à la plongée sont contraires à nos résultats. Cette divergence peut être liée aux différences entre les populations, la population d'amateurs ne plongeant majoritairement qu'à de faibles profondeurs (moins de 10m dans 76% des cas).

6. CONCLUSION

Les résultats de l'étude montre que les valeurs des principaux paramètres de l'EFR ne sont pas modifiées par les contraintes exercées sur le poumon du fait des contraintes de l'environnement hyperbare après 16 années de suivi médical pour la population de plongeurs militaires de notre étude, les plongeurs CAT 1 et CAT 2. Cette dernière aurait même tendance à être préservée par le déclin naturel lié à l'âge et la senescence du fait d'une sollicitation des muscles respiratoires et en particulier expiratoires plus important du fait des contraintes de la ventilation en ambiance hyperbare.

Il ne semble ne pas y avoir d'effets à long terme sur l'exploration fonctionnelle pulmonaire liés à la respiration de mélanges gazeux enrichis en oxygène en ambiance hyperbare. Une explication de ce résultat pourrait être liée à la pratique plus importante des activités physiques et sportives et une pratique répétée de la plongée, à l'origine d'un entrainement des muscles respiratoires chez les plongeurs CAT 2.

Cette étude ne retrouve pas d'éléments en faveur d'une toxicité pulmonaire de l'oxygène ou des mélanges gazeux utilisés en plongée militaire sous réserve de l'absence de mesure de la DLCO lors du suivi systématique.

Ces résultats, bien qu'issus d'une étude rétrospective, questionnent l'utilité de la réalisation d'un EFR tous les 4 ans chez les sujets asymptomatiques. Le suivi EFR des plongeurs étant d'ailleurs remis en question par d'autres études récentes, comme vu au cours de notre discussion.

Néanmoins, un EFR initial reste indispensable afin de dépister les contre-indications éventuelles à la plongée tels la présence d'un syndrome obstructif ou restrictif. Pour la suite du suivi, nous proposons la réalisation d'un EFR en cas de symptomatologie respiratoire et en fin

de carrière, afin de mesurer à postériori une diminution (qui serait alors asymptomatique) de la capacité respiratoire.

7. BIBLIOGRAPHIE

1. Doolette DJ, Mitchell SJ. Hyperbaric conditions. Compr Physiol. janv 2011;1(1):163-201.

2. Lord GP, Bond GF, Schaefer KE. Breathing under high ambient pressure. J Appl Physiol. nov 1966;21(6):1833-8.

3. Chawla A, Lavania A. OXYGEN TOXICITY. Med J Armed Forces India. avr 2001;57(2):131-3.

4. Held HE, Pendergast DR. Relative effects of submersion and increased pressure on respiratory mechanics, work, and energy cost of breathing. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. 1 mars 2013;114(5):578-91.

5. McClaran SR, Wetter TJ, Pegelow DF, Dempsey JA. Role of expiratory flow limitation in determining lung volumes and ventilation during exercise. J Appl Physiol. avr 1999;86(4):1357-66.

6. Wood LD, Bryan AC. Exercise ventilatory mechanics at increased ambient pressure. J Appl Physiol. févr 1978;44(2):231-7.

7. Hesser CM, Linnarsson D, Fagraeus L. Pulmonary mechanisms and work of breathing at maximal ventilation and raised air pressure. J Appl Physiol. 1 avr 1981;50(4):747-53.

8. Datta A, Tipton M. Respiratory responses to cold water immersion: neural pathways, interactions, and clinical consequences awake and asleep. J Appl Physiol Bethesda Md 1985. juin 2006;100(6):2057-64.

9. Dahlbäck GO, Jönsson E, Linér MH. Influence of hydrostatic compression of the chest and intrathoracic blood pooling on static lung mechanics during head-out immersion. Undersea Biomed Res. mars 1978;5(1):71-85.

10. Arieli R. Oxygen toxicity as a function of time and PO2. J Basic Clin Physiol Pharmacol. mars 1994;5(1):67-87.

11. Shykoff BE. Pulmonary effects of submerged oxygen breathing in resting divers: repeated exposures to 140 kPa. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. avr 2008;35(2):131-43.

12. van Ooij PJ a. M, Hollmann MW, van Hulst RA, Sterk PJ. Assessment of pulmonary oxygen toxicity: relevance to professional diving; a review. Respir Physiol Neurobiol. 1 oct 2013;189(1):117-28.

13. Clark JM, Lambertsen CJ, Gelfand R, Flores ND, Pisarello JB, Rossman MD, et al. Effects of prolonged oxygen exposure at 1.5, 2.0, or 2.5 ATA on pulmonary function in men (predictive studies V). J Appl Physiol Bethesda Md 1985. janv 1999;86(1):243-59.

14. van Ooij PJ a. M, van Hulst RA, Houtkooper A, Sterk PJ. Differences in spirometry and diffusing capacity after a 3-h wet or dry oxygen dive with a PO(2) of 150 kPa. Clin Physiol Funct Imaging. sept 2011;31(5):405-10.

15. Shykoff BE. Pulmonary effects of submerged oxygen breathing: 4-, 6-, and 8-hour dives at 140 kPa. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. oct 2005;32(5):351-61.

16. Shykoff BE. Cumulative effects of repeated exposure to pO2 = 200 kPa (2 atm). Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. août 2014;41(4):291-300.

17. Jammes Y, Broussole B, Giry P, Hyacinthe R : Physiologie respiratoire et plongée. In : Brousolle B. Physiologie et médecine de la plongée. Paris : Ellipses, 1992:121-54. In.

18. Thorsen E, Segadal K, Kambestad B, Gulsvik A. Divers' lung function: small airways disease? Br J Ind Med. août 1990;47(8):519-23.

19. Richard P, Anne H, Philippe M, David L, Laurence P, Ronan G, et al. Evolution of the ventilatory function of professional divers over 10 years. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. août 2013;40(4):339-43.

20. Reuter M, Tetzlaff K, Steffens J-C, Glüer C-C, Faeseke K, Bettinghausen E, et al. Functional and high-resolution computed tomographic studies of divers' lungs. Scand J Work Environ Health. févr 1999;25(1):67-74.

21. Sames C, Gorman DF, Mitchell SJ, Zhou L. Long-term changes in spirometry in occupational divers: a 10-25 year audit. Diving Hyperb Med. 31 mars 2018;48(1):10-6.

22. J.-M. PONTIER, C. PÉNY, C. ROBINET, C. RENAUD, M. HUGON, J.-É. BLATTEAU. Médecine de la plongée : caractéristiques et spécialités du soutien des Forces. .

23. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH, et al. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. Eur Respir J. déc 2012;40(6):1324-43.

24. Tetzlaff K, Friege L, Theysohn J, Neubauer B, Muth CM. Lung function in military oxygen divers: a longitudinal study. Aviat Space Environ Med. oct 2005;76(10):974-7.

25. Koubaa A, Triki M, Trabelsi H, Masmoudi L, Zeghal KN, Sahnoun Z, et al. Effect of low-intensity continuous training on lung function and cardiorespiratory fitness in both cigarette and hookah smokers. Afr Health Sci. déc 2015;15(4):1170-81.

26. Denguezli M, Ben Chiekh I, Ben Saad H, Zaouali-Ajina M, Tabka Z, Abdelkrim Z. One-year endurance training: effects on lung function and airway inflammation. J Sports Sci. oct 2008;26(12):1351-9.

27. Salcedo PA, Lindheimer JB, Klein-Adams JC, Sotolongo AM, Falvo MJ. Effects of Exercise Training on Pulmonary Function in Adults With Chronic Lung Disease: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Arch Phys Med Rehabil. 17 avr 2018;

28. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T. Lung function over the first 3 years of a professional diving career. Occup Environ Med. juin 2000;57(6):390-5.

29. Shykoff BE, Petryszyn JD. Stability of pulmonary function in U.S. Navy divers. Undersea Hyperb Med J Undersea Hyperb Med Soc Inc. 2004;31(4):385-6.

30. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. Eur Respir J. 1 août 2005;26(2):319-38.

31. Skogstad M, Thorsen E, Haldorsen T, Kjuus H. Lung function over six years among professional divers. Occup Environ Med. sept 2002;59(9):629-33.

32. Konarski M, Klos R, Nitsch-Osuch A, Korzeniewski K, Prokop E. Lung function in divers. Adv Exp Med Biol. 2013;788:221-7.

33. Skogstad M, Skare O. Pulmonary function among professional divers over 12 years and the effect of total number of dives. Aviat Space Environ Med. sept 2008;79(9):883-7.

34. Sames C, Gorman DF, Mitchell SJ, Gamble G. The long-term effects of compressed gas diving on lung function in New Zealand occupational divers: a retrospective analysis. Diving Hyperb Med. sept 2009;39(3):133-7.

35. Pougnet R, Pougnet L, Lucas D, Uguen M, Henckes A, Dewitte J-D, et al. Longitudinal change in professional divers' lung function: literature review. Int Marit Health. 2014;65(4):223-9.

36. Tetzlaff K, Thomas PS. Short- and long-term effects of diving on pulmonary function. Eur Respir Rev. 31 mars 2017;26(143):160097.

37. Lemaître F, Tourny-Chollet C, Lemouton M-C. Ventilatory function in experienced recreational scuba divers: Evidence of small airways disease? Int J Sports Med. nov 2006;27(11):875-9.

SERMENT D'HIPPOCRATE

En présence des Maîtres de cette École, de mes chers condisciples, je promets et je jure, au nom de l'Être Suprême, d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité, dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins gratuits à l'indigent, et n'exigerai jamais un salaire au dessus de mon travail.

Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe, ma langue taira les secrets qui me sont confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs, ni à favoriser le crime.

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

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses !

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque !

RÉSUMÉ :

INTRODUCTION : La plongée sous-marine expose le poumon du plongeur à de nombreuses contraintes du fait de l'augmentation de la pression environnante, engendrant une modification de l'écoulement de l'air dans les bronches. Plusieurs études ont montré une perturbation de l'épreuve fonctionnelle respiratoire (EFR) avec le temps chez les plongeurs professionnels civils. L'objectif de cette étude est donc de comparer les EFR des plongeurs militaires à l'inclusion et après 16 années de pratique de la plongée. **MATERIEL ET METHODES :** Cette étude de cohorte rétrospective a inclus 103 plongeurs militaires, répartis en 2 groupes : 59 dans le groupe catégorie 1 (CAT1) pour les plongeurs à l'air n'excédant pas 20m de profondeur et 44 dans le groupe catégorie 2 (CAT2), plongeant jusqu'à 80m et utilisant des mélanges enrichis en oxygène ou un recycleur d'air. Ils effectuaient une EFR tous les 4 ans dans le cadre de leur suivi médical. L'EFR réalisé à l'inclusion a été comparé aux valeurs obtenues après 4 visites soit 16 ans plus tard. Les valeurs étudiées étaient le VEMS, la CVF, le coefficient de Tiffeneau, le DEM 50 et le DEM 25-75. Les valeurs ont ensuite été comparées aux résultats théoriques données par les équations de la Global Lung Initiative (GLI). **RESULTATS :** Les résultats de cette étude montrent une diminution du coefficient de Tiffeneau et des débits distaux (DEM 50 et DEM25-75) significative dans la population totale de l'étude et dans le groupe CAT1 après 16 années de suivi. Il n'y a pas de modifications du VEMS et de la CVF. Il n'existe aucune modification significative des EFR dans le groupe CAT2 dans le même intervalle. Il n'existe pas de différence significative avec les équations de la GLI en début de suivi, mais après 16 années de suivi, les valeurs chez les plongeurs sont significativement plus élevées pour le VEMS, la CVF et le DEM25-75 dans la population globale et les groupes CAT1 et CAT2, le coefficient de Tiffeneau ne variant pas. **CONCLUSION :** Les plongeurs militaires semblent avoir une conservation de leur capacité respiratoire avec une perte de fonction liée à l'âge moins rapide que dans la population générale. Ceci est probablement lié à l'entrainement des muscles respiratoires, les plongeurs du groupe CAT2 plongeant plus souvent et à plus grande profondeur ayant une perte moins élevée que le groupe CAT1. Il n'y a pas d'effet toxique décelé des mélanges gazeux utilisés par le groupe CAT2, mais les données concernant la DLCO sont indisponibles. Devant ces résultats, se pose la question de l'intérêt de la réalisation d'EFR systématiques chez des plongeurs asymptomatiques.

MOTS CLES : Plongée sous-marine, Plongée militaire, Epreuve fonctionnelle respiratoire, Fonction pulmonaire

ABSTRACT :

BACKGROUND : Scuba-diving exposes the lungs to numerous constraints due to the improvement of the ambient pressure forcing modifications of the air flow in the bronchi. Several studies showed modifications of the pulmonary function tests (PFT) in experienced civilian professional scuba-divers. The objective of this study is to compare the evolution of PFTs in military divers after 16 years of practice with their initial results. **METHODS :** This retrospective cohort study included 103 military divers, divided in 2 groups : 59 in 1st category (CAT1), diving with air only and staying above a depth of 20m and 44 in 2nd category (CAT2), diving to a depth of 80m and using enhanced O2 concentrations in their gas mixtures or air recycling devices. Their medical monitoring required a PFT every 4 year. The PFT of the inclusion visit has been compared with the one obtained at the 4th follow-up consultation 16 years later. The studied parameters were FEV1, FVC, FEV1/FVC, MEF 50 and MMEF. They were then compared with the values given by the Global lung initiative (GLI) equations. **RESULTS :** This study shows that FEV1/FVC, MEF50 and MMEF decreased significatively in the overall population of the study and in CAT1 group after 16 years of diving practice. There is no evolution concerning FEV1 and FVC. There is also no evolution of the PFTs in CAT2 group during follow up. There is no difference with the theoretical values at the inclusion visit but after 16 years, FEV1, FVC and MMEF values are significantly higher in the overall population and the 2 groups, whereas there is no variation of the FEV1/FVC ratio. **CONCLUSION :** Military divers seem to have a conservation of their respiratory capacities with an age-related loss slower than the general population. The explanation may be the training of the respiratory muscles. Indeed CAT2 divers with more diving experience and deeper dives showed no evolution of their PFTs contrary to CAT1 divers. There seem to be no effect of oxygen toxicity on the lungs but no DLCO data were available. With these results the utility of realizing systematic PFTs to military divers during follow up can be questioned.

KEYWORDS : Scuba-diving, Military diving, Pulmonary function test, Pulmonary function