



**HAL**  
open science

# Scanner thoracique pour le dépistage d'anomalies aériques à risque de barotraumatisme pulmonaire dans le cadre de la détermination de l'aptitude médicale initiale à la pratique de la plongée militaire

Brieuc Bonnemaïson

## ► To cite this version:

Brieuc Bonnemaïson. Scanner thoracique pour le dépistage d'anomalies aériques à risque de barotraumatisme pulmonaire dans le cadre de la détermination de l'aptitude médicale initiale à la pratique de la plongée militaire. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03550560

**HAL Id: dumas-03550560**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03550560v1>**

Submitted on 1 Feb 2022

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

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



Faculté des sciences  
médicales et paramédicales  
Aix-Marseille Université

**Scanner thoracique pour le dépistage d'anomalies aériques à risque de  
barotraumatisme pulmonaire dans le cadre de la détermination de  
l'aptitude médicale initiale à la pratique de la plongée militaire**

# **T H E S E   A R T I C L E**

**Présentée et publiquement soutenue devant**

**LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES**

**DE MARSEILLE**

**Le 27 Janvier 2022**

**Par Monsieur Briec BONNEMAISON**

**Né le 12 avril 1996 à Toulon (83)**

**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 :**

**Monsieur le Professeur agrégé du Val-de-Grâce CASTAGNA Olivier**

**Président**

**Monsieur le Professeur agrégé du Val-de-Grâce BLATTEAU Jean-Eric**

**Directeur**

**Monsieur le Docteur COULANGE Mathieu**

**Assesseur**

**Monsieur le Docteur De MAISTRE Sébastien**

**Assesseur**

## FACULTÉ DES SCIENCES MÉDICALES & PARAMÉDICALES

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

### **Asseseurs :**

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

### **Chargés de mission :**

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

## ÉCOLE DE MEDECINE

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

### **Chargés de mission**

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

## ÉCOLE DE DE MAIEUTIQUE

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

**Chargés de mission**

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

## ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION

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

**Chargés de mission**

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

## ÉCOLE DES SCIENCES INFIRMIERES

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

**Chargés de mission**

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

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM	AGOSTINI Serge	MM	DEVIN Robert
	ALDIGHERI René		DEVRED Philippe
	ALESSANDRINI Pierre		DJIANE Pierre
	ALLIEZ Bernard		DONNET Vincent
	AQUARON Robert		DUCASSOU Jacques
	ARGEME Maxime		DUFOUR Michel
	ASSADOURIAN Robert		DUMON Henri
	AUFFRAY Jean-Pierre		ENJALBERT Alain
	AUTILLO-TOUATI Amapola		FAUGERE Gérard
	AZORIN Jean-Michel		FAVRE Roger
	BAILLE Yves		FIECHI Marius
	BARDOT Jacques		FARNARIER Georges
	BARDOT André		FIGARELLA Jacques
	BERARD Pierre		FONTES Michel
	BERGOIN Maurice		FRANCES Yves
	BERLAND Yvon		FRANCOIS Georges
	BERNARD Dominique		FUENTES Pierre
	BERNARD Jean-Louis		GABRIEL Bernard
	BERNARD Jean-Paul		GALINIER Louis
	BERNARD Pierre-Marie		GALLAIS Hervé
	BERTRAND Edmond		GAMERRE Marc
	BISSET Jean-Pierre		GARCIN Michel
	BLANC Bernard		GARNIER Jean-Marc
	BLANC Jean-Louis		GAUTHIER André
	BOLLINI Gérard		GERARD Raymond
	BONGRAND Pierre		GEROLAMI-SANTANDREA André
	BONNEAU Henri		GIUDICELLI Sébastien
	BONNOIT Jean		GOUDARD Alain
	BORY Michel		GOUIN François
	BOTTA Alain		GRILLO Jean-Marie
	BOTTA-FRIDLUND Danielle		GRIMAUD Jean-Charles
	BOUBLI Léon		GRISOLI François
	BOURGADE Augustin		GROULIER Pierre
	BOUVENOT Gilles		GUYS Jean-Michel
	BOUYALA Jean-Marie		HADIDA/SAYAG Jacqueline
	BREMOND Georges		HASSOUN Jacques
	BRICOT René		HEIM Marc
	BRUNET Christian		HOUEL Jean
	BUREAU Henri		HUGUET Jean-François
	CAMBOULIVES Jean		JAQUET Philippe
	CANNONI Maurice		JAMMES Yves
	CARTOUZOU Guy		JOUVE Paulette
	CAU Pierre		JUHAN Claude
	CHABOT Jean-Michel		JUIN Pierre
	CHAMLIAN Albert		KAPHAN Gérard
	CHARPIN Denis		KASBARIAN Michel
	CHARREL Michel		KLEISBAUER Jean-Pierre
	CHAUVEL Patrick		LACHARD Jean
	CHOUX Maurice		LAFFARGUE Pierre
	CIANFARANI François		LAUGIER René
	CLAVERIE Jean-Michel		LE TREUT Yves
	CLEMENT Robert		LEGRE Régis
	COMBALBERT André		LEVY Samuel
	CONTE-DEVOLX Bernard		LOUCHET Edmond
	CORRIOL Jacques		LOUIS René
	COULANGE Christian		LUCIANI Jean-Marie
	CURVALE Georges		MAGALON Guy
	DALMAS Henri		MAGNAN Jacques
	DE MICO Philippe		MALLAN- MANCINI Josette

## PROFESSEURS HONORAIRES

DELPERO Jean-Robert  
DESSEIN Alain  
DELARQUE Alain

MALMEJAC Claude  
MARANINCHI Dominique  
MARTIN Claude

## PROFESSEURS HONORAIRES

MM MATTEI Jean François  
MERCIER Claude  
MICHOTEY Georges  
MIRANDA François  
MONFORT Gérard  
MONGES André  
MONGIN Maurice  
MUNDLER Olivier  
NAZARIAN Serge  
NICOLI René  
NOIRCLERC Michel  
OLMER Michel  
OREHEK Jean  
PAPY Jean-Jacques  
PAULIN Raymond  
PELOUX Yves  
PENAUD Antony  
PENE Pierre  
PIANA Lucien  
PICAUD Robert  
PIGNOL Fernand  
POGGI Louis  
POITOUT Dominique  
PONCET Michel  
POUGET Jean  
PRIVAT Yvan  
QUILICHINI Francis  
RANQUE Jacques  
RANQUE Philippe  
RAOULT Didier  
RICHAUD Christian  
RIDINGS Bernard  
ROCHAT Hervé  
ROHNER Jean-Jacques  
ROUX Hubert  
ROUX Michel  
RUFO Marcel  
SAHEL José  
SALAMON Georges  
SALDUCCI Jacques  
SAMBUC Roland  
SAN MARCO Jean-Louis  
SANKALE Marc  
SARACCO Jacques  
SARLES Jacques  
SARLES - PHILIP Nicole  
SASTRE Bernard  
SCHIANO Alain  
SCOTTO Jean-Claude  
SEBAHOUN Gérard  
SEITZ Jean-François  
SERMENT Gérard  
SOULAYROL René  
TAMALET Jacques  
TARANGER-CHARPIN Colette  
THIRION Xavier  
THOMASSIN Jean-Marc

UNAL Daniel  
VAGUE Philippe  
VAGUE/JUHAN Irène  
VANUXEM Paul  
VERVLOET Daniel  
VIALETTES Bernard  
WEILLER Pierre-Jean

## EMERITAT

### 2008

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

### 2009

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

### 2010

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

### 2011

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

### 2012

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

### 2013

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

### 2014

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

### 2015

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

## EMERITAT

### 2016

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

### 2018

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

### 2019

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

### 2020

M. le Professeur	DELPERO Jean-Robert	31/08/2023
M. le Professeur	GRIMAUD Jean-Charles	31/08/2023
M. le Professeur	SAMBUC Roland	31/08/2023
M. le Professeur	SEITZ Jean-François	31/08/2023
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2021
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2021

## EMERITAT

M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2021
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2021
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2021
M. le Professeur	WEILLER Pierre-Jean	31/08/2021

2021

M. le Professeur	BOUBLI Léon	31/08/2024
M. le Professeur	LEGRE Régis	31/08/2024
M. le Professeur	RAOULT Didier	31/08/2024
M. le Professeur	DELPERO Jean-Robert	31/08/2023
M. le Professeur	GRIMAUD Jean-Charles	31/08/2023
M. le Professeur	SAMBUC Roland	31/08/2023
M. le Professeur	SEITZ Jean-François	31/08/2023
M. le Professeur	BERLAND Yvon	31/08/2022
M. le Professeur	CHARPIN Denis	31/08/2022
M. le Professeur	CLAVERIE Jean-Michel	31/08/2022
M. le Professeur	FRANCES Yves	31/08/2022
M. le Professeur	BONGRAND Pierre	31/08/2022
M. le Professeur	BRUNET Christian	31/08/2022
M. le Professeur	COZZONE Patrick	31/08/2022
M. le Professeur	FAVRE Roger	31/08/2022
M. le Professeur	FONTES Michel	31/08/2022
M. le Professeur	NAZARIAN Serge	31/08/2022
M. le Professeur	OLIVER Charles	31/08/2022

<b>1967</b>	
MM. les Professeurs	DADI (Italie) CID DOS SANTOS (Portugal)
<b>1974</b>	
MM. les Professeurs	MAC ILWAIN (Grande-Bretagne) T.A. LAMBO (Suisse)
<b>1975</b>	
MM. les Professeurs	O. SWENSON (U.S.A.) Lord J.WALTON of DETCHANT (Grande-Bretagne)
<b>1976</b>	
MM. les Professeurs	P. FRANCHIMONT (Belgique) Z.J. BOWERS (U.S.A.)
<b>1977</b>	
MM. les Professeurs	C. GAJDUSEK-Prix Nobel (U.S.A.) C.GIBBS (U.S.A.) J. DACIE (Grande-Bretagne)
<b>1978</b>	
M. le Président	F. HOUPHOUET-BOIGNY (Côte d'Ivoire)
<b>1980</b>	
MM. les Professeurs	A. MARGULIS (U.S.A.) R.D. ADAMS (U.S.A.)
<b>1981</b>	
MM. les Professeurs	H. RAPPAPORT (U.S.A.) M. SCHOU (Danemark) M. AMENT (U.S.A.) Sir A. HUXLEY (Grande-Bretagne) S. REFSUM (Norvège)
<b>1982</b>	
M. le Professeur	W.H. HENDREN (U.S.A.)
<b>1985</b>	
MM. les Professeurs	S. MASSRY (U.S.A.) KLINSMANN (R.D.A.)
<b>1986</b>	
MM. les Professeurs	E. MIHICH (U.S.A.) T. MUNSAT (U.S.A.) LIANA BOLIS (Suisse) L.P. ROWLAND (U.S.A.)
<b>1987</b>	
M. le Professeur	P.J. DYCK (U.S.A.)
<b>1988</b>	
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)
<b>1989</b>	
M. le Professeur	P. MUSTACCHI (U.S.A.)

<b>1990</b>	
MM. les Professeurs	J.G. MC LEOD (Australie) J. PORTER (U.S.A.)
<b>1991</b>	
MM. les Professeurs	J. Edward MC DADE (U.S.A.) W. BURGDORFER (U.S.A.)
<b>1992</b>	
MM. les Professeurs	H.G. SCHWARZACHER (Autriche) D. CARSON (U.S.A.) T. YAMAMURO (Japon)
<b>1994</b>	
MM. les Professeurs	G. KARPATI (Canada) W.J. KOLFF (U.S.A.)
<b>1995</b>	
MM. les Professeurs	D. WALKER (U.S.A.) M. MULLER (Suisse) V. BONOMINI (Italie)
<b>1997</b>	
MM. les Professeurs	C. DINARELLO (U.S.A.) D. STULBERG (U.S.A.) A. MEIKLE DAVISON (Grande-Bretagne) P.I. BRANEMARK (Suède)
<b>1998</b>	
MM. les Professeurs	O. JARDETSKY (U.S.A.)
<b>1999</b>	
MM. les Professeurs	J. BOTELLA LLUSIA (Espagne) D. COLLEN (Belgique) S. DIMAURO (U. S. A.)
<b>2000</b>	
MM. les Professeurs	D. SPIEGEL (U. S. A.) C. R. CONTI (U.S.A.)
<b>2001</b>	
MM. les Professeurs	P-B. BENNET (U. S. A.) G. HUGUES (Grande Bretagne) J-J. O'CONNOR (Grande Bretagne)
<b>2002</b>	
MM. les Professeurs	M. ABEDI (Canada) K. DAI (Chine)
<b>2003</b>	
M. le Professeur Sir	T. MARRIE (Canada) G.K. RADDI (Grande Bretagne)
<b>2004</b>	
M. le Professeur	M. DAKE (U.S.A.)
<b>2005</b>	
M. le Professeur	L. CAVALLI-SFORZA (U.S.A.)
<b>2006</b>	
M. le Professeur	A. R. CASTANEDA (U.S.A.)

**2007**

M. le Professeur

S. KAUFMANN (Allemagne)

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AGOSTINI FERRANDES Aubert	CHIARONI Jacques
<i>ALBANESE Jacques Surnombre</i>	CHINOT Olivier
ALIMI Yves	CHOSSEGROS Cyrille
AMABILE Philippe	COLLART Frédéric
AMBROSI Pierre	COSTELLO Régis
ANDRE Nicolas	COURBIERE Blandine
ARGENSON Jean-Noël	COWEN Didier
ASTOUL Philippe	CRAVELLO Ludovic
ATTARIAN Shahram	CUISSET Thomas
AUDOUIN Bertrand	DA FONSECA David
AUQUIER Pascal	DAHAN-ALCARAZ Laetitia
AVIERINOS Jean-François	DANIEL Laurent
AZULAY Jean-Philippe	DARMON Patrice
BAILLY Daniel	DAUMAS Aurélie
BARLESI Fabrice	DAVID Thierry
BARLIER-SETTI Anne	D'ERCOLE Claude
BARLOGIS Vincent	D'JOURNO Xavier
BARTHET Marc	DEHARO Jean-Claude
BARTOLI Christophe	DELAPORTE Emmanuel
BARTOLI Jean-Michel	DENIS Danièle
BARTOLI Michel	DISDIER Patrick
BARTOLOMEI Fabrice	DODDOLI Christophe
BASTIDE Cyrille	DRANCOURT Michel
BELIARD-LASSERRE Sophie	DUBUS Jean-Christophe
BENSOUSSAN Laurent	DUFFAUD Florence
BERBIS Philippe	DUFOUR Henry
BERBIS Julie	DURAND Jean-Marc
BERDAH Stéphane	DUSSOL Bertrand
BEROUD Christophe	EBBO Mikaël
BERTRAND Baptiste	EUSEBIO Alexandre
BERTUCCI François	FABRE Alexandre
BEYER-BERJOT Laura	FAKHRY Nicolas
BLAISE Didier	FAURE Alice
BLIN Olivier	FELICIAN Olivier
BLONDEL Benjamin	FENOLLAR Florence
BOISSIER Romain	FIGARELLA/BRANGER Dominique
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FLECHER Xavier
BONELLO Laurent	FOUILLOUX Virginie
BONNET Jean-Louis	FOURNIER Pierre-Edouard
BOUFI Mourad	FRANCESCHI Frédéric
BOYER Laurent	FUENTES Stéphane
BREGÉON Fabienne	GABERT Jean
BRETELLE Florence	GABORIT Bénédicte
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc
BRUDER Nicolas	GARCIA Stéphane
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad
BRUNET Philippe	GAUDART Jean
BURTEY Stéphane	GAUDY-MARQUESTE Caroline
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GENTILE Stéphanie
CASANOVA Dominique	GERBEAUX Patrick
CASTINETTI Frédéric	GEROLAMI/SANTANDREA René
CECCALDI Mathieu	GILBERT/ALESSI Marie-Christine
CHAGNAUD Christophe	GIORGI Roch
CHAMBOST Hervé	GIOVANNI Antoine
CHAMPSAUR Pierre	GIRARD Nadine
CHANEZ Pascal	GIRAUD/CHABROL Brigitte
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GONCALVES Anthony
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte
CHAUMOITRE Kathia	GRANDVAL Philippe
	GREILLIER Laurent

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AMABILE Philippe	COLLART Frédéric	GUIS Sandrine
AMBROSI Pierre	COSTELLO Régis	GUYE Maxime
ANDRE Nicolas	COURBIERE Blandine	GUYOT Laurent
ARGENSON Jean-Noël	COWEN Didier	<i>GUY'S Jean-Michel Retraite le 24/09/2021</i>
ASTOUL Philippe	CRAVELLO Ludovic	HABIB Gilbert
ATTARIAN Shahram	CUISSET Thomas	HARDWIGSEN Jean
AUDOUIN Bertrand	DA FONSECA David	HARLE Jean-Robert
AUQUIER Pascal	DAHAN-ALCARAZ Laetitia	HOUVENAEGHEL Gilles
AVIERINOS Jean-François	DANIEL Laurent	JACQUIER Alexis
AZULAY Jean-Philippe	DARMON Patrice	JOURDE-CHICHE Noémie
BAILLY Daniel	DAUMAS Aurélie	JOUBE Jean-Luc
BARLESI Fabrice	DAVID Thierry	KAPLANSKI Gilles
BARLIER-SETTI Anne	D'ERCOLE Claude	KARSENTY Gilles
BARLOGIS Vincent	D'JOURNO Xavier	<i>KERBAUL François détachement</i>
BARTHET Marc	DEHARO Jean-Claude	KRAHN Martin
BARTOLI Christophe	DELAPORTE Emmanuel	LAFFORGUE Pierre
BARTOLI Jean-Michel	DENIS Danièle	LAGIER Jean-Christophe
BARTOLI Michel	DISDIER Patrick	LAMBAUDIE Eric
BARTOLOMEI Fabrice	DODDOLI Christophe	LANCON Christophe
BASTIDE Cyrille	DRANCOURT Michel	LA SCOLA Bernard
BELIARD-LASSERRE Sophie	DUBUS Jean-Christophe	LAUNAY Franck
BENSOUSSAN Laurent	DUFFAUD Florence	LAVIEILLE Jean-Pierre
BERBIS Philippe	DUFOUR Henry	LE CORROLLER Thomas
BERBIS Julie	DURAND Jean-Marc	LECHEVALLIER Eric
BERDAH Stéphane	DUSSOL Bertrand	LEHUCHER-MICHEL Marie-Pascale
BEROUD Christophe	EBBO Mikael	LEONE Marc
BERTRAND Baptiste	EUSEBIO Alexandre	LEONETTI Georges
BERTUCCI François	FABRE Alexandre	LEPIDI Hubert
BEYER-BERJOT Laura	FAKHRY Nicolas	LEVY Nicolas
BLAISE Didier	FAURE Alice	MACE Loïc
BLIN Olivier	FELICIAN Olivier	MAGNAN Pierre-Edouard
BLONDEL Benjamin	FENOLLAR Florence	MANCINI Julien
BOISSIER Romain	FIGARELLA/BRANGER Dominique	MEGE Jean-Louis
BONIN/GUILLAUME Sylvie	FLECHER Xavier	MERROT Thierry
BONELLO Laurent	FOUILLOUX Virginie	METZLER/GUILLEMAIN Catherine
BONNET Jean-Louis	FOURNIER Pierre-Edouard	MEYER/DUTOUR Anne
BOUFI Mourad	FRANCESCHI Frédéric	MICCALEF/ROLL Joëlle
BOYER Laurent	FUENTES Stéphane	MICHEL Fabrice
BREGEON Fabienne	GABERT Jean	MICHEL Gérard
BRETELLE Florence	GABORIT Bénédicte	MICHEL Justin
BROUQUI Philippe	GAINNIER Marc	MICHELET Pierre
BRUDER Nicolas	GARCIA Stéphane	MILH Mathieu
BRUE Thierry	GARIBOLDI Vlad	MILLION Matthieu
BRUNET Philippe	GAUDART Jean	MOAL Valérie
BURTEY Stéphane	GAUDY-MARQUESTE Caroline	MORANGE Pierre-Emmanuel
CARCOPINO-TUSOLI Xavier	GENTILE Stéphanie	MOULIN Guy
CASANOVA Dominique	GERBEAUX Patrick	MOUTARDIER Vincent
CASTINETTI Frédéric	GEROLAMI/SANTANDREA René	NAUDIN Jean
CECCALDI Mathieu	GILBERT/ALESSI Marie-Christine	NICOLAS DE LAMBALLERIE Xavier
CHAGNAUD Christophe	GIORGI Roch	NICOLLAS Richard
CHAMBOST Hervé	GIOVANNI Antoine	NGUYEN Karine
CHAMPSAUR Pierre	GIRARD Nadine	OLIVE Daniel
CHANEZ Pascal	GIRAUD/CHABROL Brigitte	OLLIVIER Matthieu
CHARAFFE-JAUFFRET Emmanuelle	GONCALVES Anthony	OUAFIK L'Houcine
CHARREL Rémi	GRANEL/REY Brigitte	OVAERT-REGGIO Caroline
CHAUMOITRE Kathia	GRANDVAL Philippe	PAGANELLI Franck
	GREILLIER Laurent	<i>PANUEL Michel Surnombre</i>

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

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

**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**

FRAISSE-MANGIALOMINI Jeanne

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à MI-TEMPS**

REVIS Joana

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES MEDECINE GENERALE**

GENTILE Gaëtan

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à TEMPS PLEIN DES DISCIPLINES MEDICALES**

BOUSSUGES Alain

**PROFESSEUR DES UNIVERSITES ASSOCIE à MI-TEMPS DES DISCIPLINES MEDICALES**

DUTAU Hervé

# MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

AHERFI Sarah	GELSI/BOYER Véronique	ROBERT Thomas
ANGELAKIS Emmanouil ( <i>disponibilité</i> )	GIUSIANO Bernard	ROMANET Pauline
ATLAN Catherine ( <i>disponibilité</i> )	GIUSIANO COURCAMBECK Sophie	SABATIER Renaud
BEGE Thierry	GONZALEZ Jean-Michel	SARI-MINODIER Irène
BENYAMINE Audrey	GOURIET Frédérique	SAVEANU Alexandru
BIRNBAUM David	GRAILLON Thomas	SECQ Véronique
BONINI Francesca	GUERIN Carole	SOLER Raphael
BOUCRAUT Joseph	GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné	STELLMANN Jan-Patrick
BOULAMERY Audrey	GUIDON Catherine	SUCHON Pierre
BOULLU/CIOCCA Sandrine	GUIVARCH Jokthan	TABOURET Emeline
BOUSSEN Salah Michel	HAUTIER Aurélie	TOGA Isabelle
BUFFAT Christophe	HRAIECH Sami	TOMASINI Pascale
CAMILLERI Serge	IBRAHIM KOSTA Manal	TROUDE Lucas
CARRON Romain	JALOUX Charlotte	TROUSSE Delphine
CASSAGNE Carole	JARROT Pierre-André	TUCHTAN-TORRENTS Lucile
CERMOLACCE Michel	KASPI-PEZZOLI Elise	VELY Frédéric
CHAUDET Hervé	L'OLLIVIER Coralie	VENTON Geoffroy
CHRETIEN Anne-Sophie	LABIT-BOUVIER Corinne	VION-DURY Jean
COZE Carole	LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina	ZATTARA/CANNONI Hélène
CUNY Thomas	LAGARDE Stanislas	
DADOUN Frédéric ( <i>disponibilité</i> )	LAGIER Aude ( <i>disponibilité</i> )	
DALES Jean-Philippe	LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude	
DARIEL Anne	LAMBERT Isabelle	
DEGEORGES/VITTE Joëlle ( <i>disponibilité</i> )	LENOIR Marien	
DEHARO Pierre	LEVY/MOZZICONACCI Annie	
DELLIAUX Stéphane	LOOSVELD Marie	
DELTEIL Clémence	MAAROUF Adil	
DESPLAT/JEGO Sophie	MACAGNO Nicolas	
DEVILLIER Raynier	MARLINGE Marion	
DUBOURG Grégory	MAUES DE PAULA André	
DUCONSEIL Pauline	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
DUFOUR Jean-Charles	MEGE Diane	
ELDIN Carole	MOTTOLA GHIGO Giovanna	
FOLETTI Jean- Marc	NOUGAIREDE Antoine	
FRANKEL Diane	PAULMYER/LACROIX Odile	
FROMNOT Julien	RADULESCO Thomas	
GASTALDI Marguerite	RESSEGUIER Noémie	
GAUDRY Marine	ROBERT Philippe	

## MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

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

## MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

CASANOVA Ludovic

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

BARGIER Jacques  
FIERLING Thomas  
FORTE Jenny  
JANCZEWSKI Aurélie  
NUSSLI Nicolas  
ROUSSEAU-DURAND Raphaëlle  
THERY Didier

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

BOURRIQUEN Maryline  
EVANS-VIALLAT Catherine  
LAZZAROTTO Sébastien  
LUCAS Guillaume  
MATHIEU Marion  
MAYENS-RODRIGUES Sandrine  
MELLINAS Marie  
ROMAN Christophe  
TRINQUET Laure

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

**ANATOMIE 4201**

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

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

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

**ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203**

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

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

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

ALBANESE Jacques (PU-PH) *Surnombre*  
BRUDER Nicolas (PU-PH)  
LEONE Marc (PU-PH)  
MICHEL Fabrice (PU-PH)  
VELLY Lionel (PU-PH)  
ZIELEZKIEWICZ Laurent (PU-PH)

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

**ANGLAIS 11**

FRAISSE-MANGIALOMINI Jeanne (PRCE)

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

METZLER/GUILLEMAIN Catherine (PU-PH)  
PERRIN Jeanne (PU-PH)

**ANTHROPOLOGIE 20**

ADALIAN Pascal (PR)

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

**BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501**

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

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

CHABRIERE Eric (PR) (64ème section)

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

**BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401**

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

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

**BIOLOGIE CELLULAIRE 4403**

ROLL Patrice (PU-PH)

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

**BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301**

GUEDJ Eric (PU-PH)  
 GUYE Maxime (PU-PH)  
 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 Médicale  
ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604**

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

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

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

**CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002**

ARGENSON Jean-Noël (PU-PH)  
 BLONDEL Benjamin (PU-PH)  
 FLECHER Xavier (PU PH)  
 OLLIVIER Matthieu (PU-PH)  
 ROCHWERGER Richard (PU-PH)  
 TROPIANO Patrick (PU-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)  
 PADOVANI Laetitia (PH-PH)  
 SALAS Sébastien (PU-PH)  
 VIENS Patrice (PU-PH)

SABATIER Renaud (MCU-PH)  
 TABOURET Emeline (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)

DEHARO Pierre (MCU PH)

**CHIRURGIE VISCERALE ET DIGESTIVE 5202**

BERDAH Stéphane (PU-PH)  
 BEYER-BERJOT Laura (PU-PH)  
 HARDWIGSEN Jean (PU-PH)  
 MOUTARDIER Vincent (PU-PH)  
 SEBAG Frédéric (PU-PH)  
 SIELEZNEFF Igor (PU-PH)  
 TURRINI Olivier (PU-PH)

BEGE Thierry (MCU-PH)  
 BIRNBAUM David (MCU-PH)  
 DUCONSEIL Pauline (MCU-PH)  
 GUERIN Carole (MCU PH)  
 MEGE Diane (MCU-PH)

**CHIRURGIE INFANTILE 5402**

*GUYS Jean-Michel (PU-PH) Retraite le 24/09/2021*  
 FAURE Alice (PU PH)  
 JOUVE Jean-Luc (PU-PH)  
 LAUNAY Franck (PU-PH)  
 MERROT Thierry (PU-PH)  
 PESENTI Sébastien (PU-PH)  
 VIEHWEGER Heide Elke (PU-PH) détachement

DARIEL Anne (MCU-PH)

**CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503**

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

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

**CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103**

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

LENOIR Marien (MCU-PH)  
 TROUSSE Delphine (MCU-PH)

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

BERTRAND Baptiste (PU-PH)  
 CASANOVA Dominique (PU-PH)

HAUTIER Aurélie (MCU-PH)  
 JALOUX Charlotte (MCU PH)

**CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104**

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

GAUDRY Marine (MCU PH)  
 SOLER Raphael (MCU-PH)

**GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201**

BARTHET Marc (PU-PH)  
 DAHAN-ALCARAZ Laetitia (PU-PH)  
 GEROLAMI-SANTANDREA René (PU-PH)  
 GRANDVAL Philippe (PU-PH)  
 VITTON Véronique (PU-PH)

**HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202**

LEPIDI Hubert (PU-PH)

PAULMYER/LACROIX Odile (MCU-PH)

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

**GENETIQUE 4704****DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003**

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

BEROUD Christophe (PU-PH)  
 KRAHN Martin (PU-PH)  
 LEVY Nicolas (PU-PH)  
 NGYUEN Karine (PU-PH)  
  
 ZATTARA/CANNONI Hélène (MCU-PH)

**DUSI**

COLSON Sébastien (MCF)

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

**GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403**

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

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

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

CUNY Thomas (MCU PH)

**EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION**

4601

AUQUIER Pascal (PU-PH)  
BERBIS Julie (PU-PH)  
BOYER Laurent (PU-PH)  
GENTILE Stéphanie (PU-PH)

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

MINVIELLE/DEVICTOR Bénédicte (MCF)(06ème section)

**IMMUNOLOGIE 4703I**

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)  
CHRETIEN Anne-Sophie (MCU PH)  
DEGEORGES/VITTE Joëlle (MCU-PH)  
DESPLAT/JEGO Sophie (MCU-PH)  
JARROT Pierre-André (MCU PH)  
ROBERT Philippe (MCU-PH)  
VELY Frédéric (MCU-PH)

**MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503**

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

ELDIN Carole (MCU-PH)

**MEDECINE D'URGENCE 4805**

GERBEAUX Patrick (PU PH)  
*KERBAUL François (PU-PH) détachement*  
MICHELET Pierre (PU-PH)

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

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

**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)

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

POGGI Marjorie (MCF) (64ème section)

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

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

DELTEIL Clémence (MCU PH)  
TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

BERLAND 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)

SARI/MINODIER Irène (MCU-PH)

**MEDECINE GENERALE 5303**

GENTILE Gaëtan (PR Méd. Gén. Temps plein)

CASANOVA Ludovic (MCF Méd. Gén. Temps plein)

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

FIERLING Thomas (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

FORTE Jenny (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

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

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

ROUSSEAU-DURAND Raphaëlle

(MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

THERY Didier (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

(nomination au 1/10/2019)

**NUTRITION 4404**

BELIARD Sophie (PU-PH)

DARMON Patrice (PU-PH)

RACCAH Denis (PU-PH)

VALERO René (PU-PH)

*ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité*

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

**ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)**

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)

SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

**OPHTALMOLOGIE 5502**

DAVID Thierry (PU-PH)

DENIS Danièle (PU-PH)

**OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501**

DESSI Patrick (PU-PH)

FAKHRY Nicolas (PU-PH)

GIOVANNI Antoine (PU-PH)

LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)

MICHEL Justin (PU-PH)

NICOLLAS Richard (PU-PH)

*TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH) Surnombre*

RADULESCO Thomas (MCU-PH)

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

**NEPHROLOGIE 5203**

BRUNET Philippe (PU-PH)

BURTEY Stéphanne (PU-PH)

DUSSOL Bertrand (PU-PH)

JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)

MOAL Valérie (PU-PH)

ROBERT Thomas (MCU-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)

TROUDE Lucas (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)

SUISSA Laurent (PU-PH)

MAAROUF Adil (MCU-PH)

**PEDOPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904**

DA FONSECA David (PU-PH)

POINSO François (PU-PH)

GUIVARCH Jokthan (MCU-PH)

**PHARMACOLOGIE FONDAMENTALE -  
PHARMACOLOGIE CLINIQUE; ADDICTOLOGIE 4803**

BLIN Olivier (PU-PH)

MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)

SIMON Nicolas (PU-PH)

BOULAMERY Audrey (MCU-PH)

RANQUE Stéphane (PU-PH)

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

CASSAGNE Carole (MCU-PH)

MATHIEU Marion (MAST)

L'OLLIVIER Coralie (MCU-PH)

TOGA Isabelle (MCU-PH)

### PEDIATRIE 5401

ANDRE Nicolas (PU-PH)

BARLOGIS Vincent (PU-PH)

CHAMBOST Hervé (PU-PH)

DUBUS Jean-Christophe (PU-PH)

FABRE Alexandre (PU-PH)

GIRAUD/CHABROL Brigitte (PU-PH)

MICHEL Gérard (PU-PH)

MILH Mathieu (PU-PH)

OVAERT-REGGIO Caroline (PU-PH)

REYNAUD Rachel (PU-PH)

TOSELLO Barthélémy (PU-PH)

TSIMARATOS Michel (PU-PH)

COZE Carole (MCU-PH)

### PHYSIOLOGIE 4402

BARTOLOMEI Fabrice (PU-PH)

BREGEON Fabienne (PU-PH)

GABORIT Bénédicte (PU-PH)

MEYER/DUTOUR Anne (PU-PH)

TREBUCHON/DA FONSECA Agnès (PU-PH)

BOUSSUGES Alain (PR associé à temps plein)

BONINI Francesca (MCU-PH)

BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)

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

DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)

LAGARDE Stanislas (MCU-PH)

LAMBERT Isabelle (MCU-PH)

RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)

THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

### PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

BAILLY Daniel (PU-PH)

LANCON Christophe (PU-PH)

NAUDIN Jean (PU-PH)

RICHERI Raphaëlle (PU-PH)

CERMOLACCE Michel (MCU-PH)

### PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101

ASTOUL Philippe (PU-PH)

BARLESI Fabrice (PU-PH)

CHANEZ Pascal (PU-PH)

GREILLIER Laurent (PU PH)

REYNAUD/GAUBERT Martine (PU-PH)

### PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PSYCHOLOGIE SOCIALE

AGHABABIAN Valérie (PR)

LAZZAROTTO Sébastien (MAST)

TOMASINI Pascale (MCU-PH)

DUTAU Hervé ( Pr Associé des universités à 1/2 temps)

### RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)

CHAGNAUD Christophe (PU-PH)

CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)

GIRARD Nadine (PU-PH)

JACQUIER Alexis (PU-PH)

MOULIN Guy (PU-PH)

*PANUEL Michel (PU-PH) surnombre*

PETIT Philippe (PU-PH)

VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)

VIDAL Vincent (PU-PH)

STELLMANN Jan-Patrick (MCU-PH)

### RHUMATOLOGIE 5001

GUIS Sandrine (PU-PH)

LAFFORGUE Pierre (PU-PH)

PHAM Thao (PU-PH)

ROUDIER Jean (PU-PH)

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

AMBROSI Pierre (PU-PH)

DAUMAS Aurélie (PU-PH)

VILLANI Patrick (PU-PH)

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

HRAIECH Sami (MCU-PH)

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



**MINISTÈRE  
DES ARMÉES**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



---

**ÉCOLE DU VAL DE GRACE – Paris**

**A Monsieur le Médecin Général Guillaume PELÉE de SAINT MAURICE**

Directeur de l'École du Val-de-Grâce

Professeur agrégé de l'École du Val-de-Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

Chevalier de l'Ordre des Palmes Académiques

**A Monsieur le médecin chef des services Jean-François GALLET**

Directeur-adjoint de l'École du Val-de-Grâce

Chevalier de la Légion d'Honneur

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

Chevalier de l'Ordre du Mérite maritime

**HÔPITAL D'INSTRUCTION DES ARMEES ALPHONSE LAVERAN**



**A Madame le Médecin Général Inspecteur Sylvie PEREZ**

Médecin-chef de l'Hôpital d'Instruction des Armées Laveran

Chevalier de la Légion d'Honneur

Chevalier de l'Ordre National du Mérite

# REMERCIEMENTS

**Monsieur le Professeur Olivier Castagna,**

Vous nous faites le grand honneur d'assurer la présidence de notre jury.

Nous vous remercions pour l'intérêt que vous avez voulu porter à notre travail, et pour votre grande disponibilité.

Nous vous prions d'accepter l'assurance de notre profond respect.

**Monsieur le Docteur Sébastien De Maistre,**

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Votre intérêt pour notre travail nous honore.

Veillez recevoir l'expression de nos sincères remerciements.

**Monsieur le Docteur Mathieu Coulange,**

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Vous êtes le lien nécessaire entre les mondes de la médecine de plongée militaire et civile.

Soyez assuré de l'expression de notre respectueuse considération.

**Monsieur le Professeur Jean-Éric Blatteau,**

Vous nous faites le grand honneur de votre soutien et de votre disponibilité dans la direction de notre travail.

Vous nous avez ouvert au monde de la médecine de la plongée.

Nous vous remercions pour votre bienveillance et votre grande disponibilité au cours de ce travail.

Avec notre plus grande reconnaissance et notre profond respect.

# **Scanner thoracique pour le dépistage d'anomalies aériques à risque de barotraumatisme pulmonaire dans le cadre de la détermination de l'aptitude médicale initiale à la pratique de la plongée militaire**

## **Introduction**

La présence de lésions aériques intra-pulmonaires telles que les kystes, les blebs et les bulles d'emphysème, prédispose aux barotraumatismes pulmonaires qui peuvent survenir lors de variations de pression, notamment lors des activités de plongée subaquatique. Ces accidents, bien que rares, peuvent toutefois avoir des conséquences dramatiques. Il existe peu de données sur la prévalence de ces anomalies dans la population générale indemne de pathologie respiratoire. La radiographie thoracique a longtemps été l'examen de référence pour le dépistage des pathologies respiratoires en médecine du travail. Dans le cadre du suivi médical des plongeurs militaires, elle était réalisée en visite initiale puis annuellement, avant d'être remplacée depuis octobre 2018 par le scanner thoracique, qui est devenu l'examen de référence des pathologies respiratoires. L'objectif de ce travail était d'évaluer la prévalence des différentes anomalies pulmonaires relevées depuis la réalisation du scanner thoracique, et les mettre en lien avec les caractéristiques de cette population et les résultats d'EFR.

## **Méthodes**

330 dossiers de candidats à la pratique de la plongée militaire ayant réalisé une visite initiale entre octobre 2018 et mars 2021 ont été analysés dans le cadre d'une analyse rétrospective monocentrique. Les sujets ayant retiré leur candidature et les dossiers incomplets ont été exclus. Les données suivantes ont été recueillies : le sexe, l'âge, l'IMC, la présence d'antécédents de pathologies respiratoires, l'antécédent de tabagisme, la prise de traitements, la présence d'allergies, la pratique de plongée, qu'elle soit régulière ou anecdotique, les résultats des EFR, les comptes-rendus radiologiques des scanners thoraciques, ainsi que la décision d'aptitude.

## **Résultats**

Cette étude a inclus 307 candidats plongeurs militaires, majoritairement masculins, de 25 ans d'âge médian. 6,5 % présentaient un antécédent respiratoire et 10,5 % un tabagisme non sévère. 19 % des sujets présentaient des EFR anormales, mais seulement 5 % de ces sujets ont été mis inaptes pour ce motif. Nous avons identifié 25 % de plongeurs présentant des anomalies scannographiques (76 sujets pour un total de 86 anomalies relevées), mais seuls 9 % de ces sujets ont été mis inapte à la suite du résultat du scanner. 76 % des scanners anormaux étaient des nodules bénins, dont 26 % mesuraient six millimètres ou plus de grand axe. Les anomalies à composante aérique représentaient 13 % des scanners anormaux avec six bulles d'emphysème, trois dilatations des bronches et une lésion kystique. Lors d'analyses en sous-groupe, aucune association n'a été retrouvée entre la présence de nodules et les caractéristiques générales de la population, tandis qu'une association statistique était mise en évidence sur les six sujets présentant des bulles d'emphysème avec un tabagisme non sévère ou une EFR anormale.

## **Conclusion**

La réalisation systématique d'un scanner thoracique dans une population jeune exempte de pathologie pulmonaire a permis de mettre en évidence une majorité de nodules bénins. Les anomalies à composante aérique sont nettement moins fréquentes, mais leur présence impose pour la plupart une décision d'inaptitude dans le cadre de la pratique de la plongée militaire.

**Mots-clés :** barotraumatisme pulmonaire, lésion aérique, bulle, blebs, kyste, nodule, scanner thoracique, épreuve fonctionnelle respiratoire, médecine de plongée, médecine de prévention

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION .....	2
MATERIELS ET METHODES .....	3
<b>Population étudiée</b> .....	3
<b>Recueil de données</b> .....	4
<b>Techniques d'imagerie</b> .....	4
<b>Analyses statistiques</b> .....	4
RESULTATS .....	5
<b>Description de la population</b> .....	5
<b>Résultats des scanners thoraciques</b> .....	6
<b>Description de deux cas de lésions à risque de barotraumatisme pulmonaire</b> .....	6
<b>Analyse secondaire : comparaison d'un résultat de scanner anormal avec les différentes caractéristiques et résultats d'EFR</b> .....	8
<b>Analyses complémentaires</b> .....	8
<i>Association concernant la présence de nodules</i> .....	8
<i>Association concernant la présence de bulles d'emphysème</i> .....	8
DISCUSSION.....	10
<b>Problématique de nodules</b> .....	10
<i>Données sur la prévalence de nodules de découverte fortuite en population générale</i> .....	10
<i>Relation entre l'EFR et la présence de nodules pulmonaires</i> .....	10
<i>Conduite à tenir après la détection de nodules</i> .....	10
<b>Problématique des bulles d'emphysème</b> .....	11
<i>Données sur la prévalence de lésions d'emphysème lors d'épisodes de pneumothorax spontané primaire</i> .....	11
<i>Données sur la prévalence de lésions d'emphysème de découverte fortuite dans la population générale</i> .....	11
<i>Relation entre l'EFR et la présence d'emphysème</i> .....	12
<b>Autres anomalies aériques pulmonaires</b> .....	13
<i>Données sur la prévalence de lésions kystiques pulmonaires</i> .....	13
<i>Données sur la prévalence de dilatations des bronches</i> .....	14
<b>Problématiques liées au scanner thoracique de dépistage</b> .....	14
<i>Performances du scanner basse dose et « ultra basse dose » pour dépister des lésions bulleuses</i> .....	14
<i>Impacts de ces examens d'imagerie en termes d'irradiation et financiers</i> .....	15
<i>Quelle place pour le scanner pulmonaire de dépistage en population générale ?</i> .....	16
<b>Problématiques liées aux normes d'EFR</b> .....	16
<b>Forces et limitations de l'étude</b> .....	16
CONCLUSION .....	17
ABREVIATIONS UTILISEES .....	19
REFERENCES .....	20
ANNEXE .....	26
ABSTRACT .....	27

# INTRODUCTION

La plongée sous-marine est une pratique à fortes contraintes sur l'organisme, liées notamment à l'immersion dans un milieu irrespirable froid et à l'augmentation de la pression ambiante (1). Les plongeurs ventilent un mélange gazeux sous pression par l'intermédiaire d'un détendeur ou d'un appareil à recyclage de gaz. Les gaz utilisés sont le plus souvent de l'air comprimé, mais parfois des mélanges artificiels suroxygénés de type Nitrox ( $O_2/N_2$ ) sont employés pour sécuriser la décompression, ou contenant de l'hélium (Héliox  $He/O_2$  ou Trimix  $He/N_2/O_2$ ) en cas de plongées profondes.

Ces conditions peuvent être responsables de pathologies et d'accidents spécifiques, notamment au niveau ventilatoire, avec la possibilité d'accidents barotraumatiques pulmonaires particulièrement redoutés en raison de complications graves souvent associées.

Ces accidents barotraumatiques sont liés aux variations de volume des gaz en fonction de la pression (loi de Boyle-Mariotte). Les alvéoles pulmonaires se comportent en cavités à parois souples, avec des variations de volumes et de pression acceptables dans les limites de l'élasticité. Lorsque l'équilibration des voies aériennes n'est plus possible avec le milieu extérieur, ce qui est le cas des remontées rapides ou incontrôlées avec blocage expiratoire (2), le risque est celui d'une surpression pulmonaire entraînant des lésions alvéolaires (1). L'air sous pression franchit alors les parois alvéolaires et diffuse dans les espaces voisins, à savoir la plèvre et le médiastin, et pénètre dans la circulation pulmonaire.

Les principaux symptômes d'un barotraumatisme pulmonaire peuvent être généraux, à type de malaise, d'asthénie ou encore d'anxiété, mais le plus souvent des signes respiratoires sont observés à type de dyspnée, de douleurs thoraciques ou encore d'hémoptysies. Des signes neurologiques à type de perte de connaissance ou de déficit sensitivo-moteur sont également possibles dans le cas de brèche alvéolo-capillaire entraînant un aéroembolisme artériel (1). Certains tableaux cliniques de présentations très diverses peuvent mener au décès par détresse respiratoire aiguë, arrêt cardio-respiratoire ou aéroembolisme cérébral (3–5).

De cette constatation résulte l'intérêt d'une recherche approfondie des facteurs pouvant mener à la survenue de tels accidents de plongée. D'un point de vue épidémiologique, les accidents barotraumatiques pulmonaires sont peu fréquents, soit environ 5 % des accidents de plongée admis en centre hyperbare (6). Néanmoins, les formes graves avec aéroembolisme cérébral s'observent dans 18 % des cas avec parfois mise en jeu du pronostic vital (3,4). La majorité survient lors de plongées d'exercice et notamment dans un contexte de remontée avec blocage expiratoire (2,6).

Si les barotraumatismes pulmonaires surviennent le plus souvent hors contexte de pathologie pulmonaire préexistante, des études ont révélé que la présence de certaines anomalies à composante aérienne telles que des kystes pulmonaires, des blebs (collections aériennes infracentimétriques sous-pleurales) ou des bulles d'emphysème prédisposaient à ce type d'accidents (7,8). La proportion de formations aériennes donnant lieu à une surpression pulmonaire en population générale est méconnue. Une étude rétrospective menée au sein des armées par Blatteau sur quinze cas de barotraumatismes pulmonaires survenus au sein de l'école de plongée (compte-rendu de réunion sur les accidents barotraumatiques survenant dans le contexte de la plongée militaire de formation, 2016) retrouvait des formations aériennes scannographiques dans deux cas (13,3 %). Ces épisodes de barotraumatismes pulmonaires étaient dus dans 73 % des cas à un exercice de remontée sur expiration, justifiant la modification des modalités de réalisation de cet exercice depuis 2017.

Les armées rassemblent environ 2 200 plongeurs professionnels, parmi lesquels essentiellement des plongeurs de bord, des plongeurs démineurs et des nageurs de combat (1). La prévention des accidents de plongée militaire repose sur une surveillance médicale renforcée avec la réalisation de visites médicales initiales et périodiques (9,10). Lors de la visite médicale initiale des candidats plongeurs militaires, sont recherchés les différents paramètres pouvant contre-indiquer la pratique de la plongée professionnelle. Au niveau ventilatoire, les examens paracliniques comprennent la réalisation d'une épreuve fonctionnelle respiratoire (EFR) et depuis octobre 2018, la prescription d'un scanner pulmonaire à faible dose (réalisé uniquement lors de la visite initiale) qui a remplacé la radiographie pulmonaire auparavant réalisée annuellement.

Le scanner pulmonaire possède en effet une bonne sensibilité (entre 84 et 88 %) et spécificité (proche de 100 %) pour détecter des blebs et bulles d'emphysème dans le cadre de pneumothorax spontanés primaires (11–16) ou de bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO)(17). Il est plus performant que la radiographie thoracique dans la recherche de ces anomalies (6,16,17). De plus, le scanner pulmonaire faible dose semble être un examen peu coûteux et moitié moins irradiant qu'un scanner à doses habituelles, pour des performances de dépistage de lésions pulmonaires équivalentes (20,21).

L'EFR permet de déceler des troubles ventilatoires obstructifs (BPCO, asthme), voire des pathologies emphysemateuses et de dilatation des bronches.

Nombreuses sont les études qui ont évalué la proportion d'anomalies pulmonaires préexistantes chez des sujets ayant présenté un pneumothorax spontané primaire (22–27), majoritairement des blebs et bulles d'emphysème, mais il existe peu de données sur la présence d'anomalies aériques intrapulmonaires dans la population générale (25).

L'objectif principal de cette étude est de quantifier la proportion d'anomalies pulmonaires détectées au scanner pulmonaire réalisé à visée de dépistage dans une population, saine et jeune, de candidats plongeurs militaires, ne présentant aucune pathologie pulmonaire connue, et par ailleurs de préciser l'incidence de formations aériques intra-pulmonaires susceptibles de contre-indiquer la pratique de la plongée sous-marine.

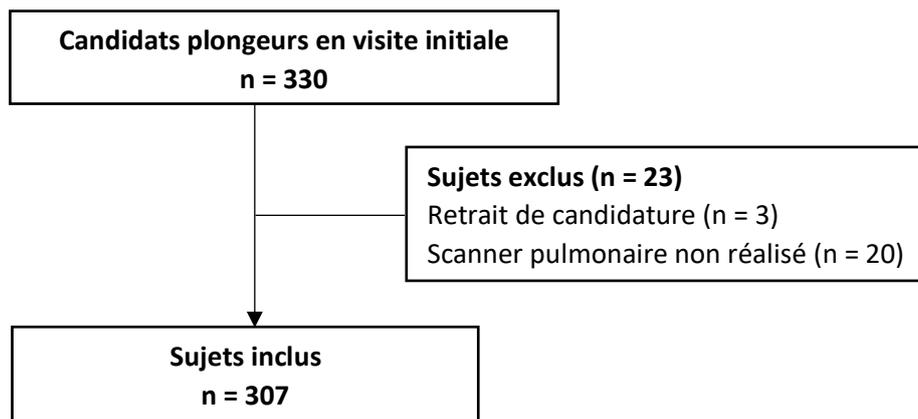
## MATERIELS ET METHODES

### Population étudiée

Il s'agit d'une étude rétrospective observationnelle par analyse de dossiers. Les dossiers analysés étaient ceux des candidats à la plongée professionnelle militaire dont la visite initiale a été réalisée entre octobre 2018 et mars 2021, soit une période d'inclusion de trente mois. Les dossiers sont tous issus du service de médecine hyperbare et d'expertise plongée (SMHEP) de l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne à Toulon, centre référent pour l'expertise des plongeurs militaires en France.

Ont été exclus les candidats n'ayant pas bénéficié de scanner pulmonaire lors de leur visite initiale, ainsi que ceux ayant retiré leur candidature. Sur 330 patients admis en visite initiale durant cette période, 23 ont été exclus de l'étude.

Figure 1 – Diagramme de flux



## Recueil de données

Les données recueillies à partir des dossiers médicaux étaient les suivantes : le sexe, l'âge, le poids, la taille, l'IMC (calculé selon la formule :  $IMC = \text{poids}/\text{taille}^2$  en  $\text{kg.m}^{-2}$ ), la présence d'antécédents de pathologies respiratoires, l'antécédent de tabagisme, sevré ou non, la prise de traitements, la présence d'allergies, la pratique de plongée, qu'elle soit régulière ou anecdotique, les résultats des EFR et plus précisément la valeur du quotient du VEMS (volume expiratoire maximal seconde) mesuré sur le VEMS théorique (en %), du quotient du DEM50 (débit expiratoire maximal au point 50 de la CVF, ou capacité vitale forcée) mesuré sur le DEM50 théorique et du coefficient de Tiffeneau (calculé selon la formule :  $\text{Tiffeneau} = \text{VEMS}/\text{CVF}$  en %). Les valeurs étaient considérées pathologiques pour des valeurs de  $\text{VEMS}_{\text{mesuré}}/\text{VEMS}_{\text{théorique}}$  inférieures à 90 %, de  $\text{DEM50}_{\text{mesuré}}/\text{DEM50}_{\text{théorique}}$  inférieures à 75 %, et de Tiffeneau inférieures à 75 % (10). Était aussi recherchée la présence d'un résultat de scanner pulmonaire pathologique avec, le cas échéant, l'analyse des lésions observées. Enfin, était relevée la décision finale d'aptitude à la plongée.

## Techniques d'imagerie

Les images ont été obtenues à l'aide d'un scanner multi-barrettes REVOLUTION CT GE, à faible dose.

Les scanners anormaux ont été analysés en termes d'anomalies emphysémateuses, kystiques, bronchiques (dilatation des bronches, syndrome bronchique, épaissement bronchique), parenchymateuses (nodules avec distinction concernant les nodules de plus de six millimètres, granulomes, atelectasies, anomalies en verre dépoli, troubles ventilatoires), et enfin d'irrégularité des apex.

## Analyses statistiques

L'analyse principale a consisté à recenser les différentes anomalies observées au scanner et en établir la prévalence.

Une analyse secondaire a été réalisée pour rechercher une association entre un résultat de scanner anormal, quelle que soit l'anomalie, avec les différentes caractéristiques et résultats d'EFR de la population d'étude.

Deux analyses complémentaires ont été réalisées à partir des différentes caractéristiques de la population et des résultats d'EFR : la recherche d'une relation avec la présence de nodules scannographiques d'une part, et la présence de lésions emphysémateuses d'autre part.

La distribution des variables étant hétérogène et ne répondant pas forcément à une loi normale, des tests non paramétriques ont été privilégiés et les données ont été exprimées en médianes et écarts interquartiles (Q1 - Q3) pour les variables continues, et en fréquences (%) pour les variables discrètes. Le test de Mann-Whitney a été utilisé pour comparer les variables continues. Le test du chi-deux a été utilisé pour les variables discrètes. Une valeur  $p < 0,05$  était considérée comme significative. Les analyses statistiques ont été réalisées en utilisant l'application GraphPad Prism 9.

## RESULTATS

### Description de la population

Le tableau I décrit les caractéristiques de la population étudiée. Il s'agit en grande majorité d'hommes (96,1 %), l'âge médian était de 25 ans. Peu d'entre eux ont des antécédents respiratoires (6,5 %), des allergies (17 %) ou une prise médicamenteuse (2 %). 22,5 % des sujets ont des antécédents de consommation tabagique et 10,5 % sont des fumeurs non sevrés.

Tableau I - Caractéristiques de la population étudiée

Sexe	
Hommes (n, %)	295 (96,1 %)
Femmes (n, %)	12 (3,9 %)
Âge (médiane, Q1 - Q3)	25 ans (23 - 28)
IMC (médiane, Q1 - Q3)	23,8 kg.m <sup>-2</sup> (22,2 - 25,1)
Antécédents respiratoires (n,%)	20 (6,5 %)
Antécédents tabagiques (n,%)	69 (22,5 %)
Dont tabagisme non sevré (n,%)	32 (10,5 %)
Prise médicamenteuse (n,%)	6 (2 %)
Allergies (n,%)	52 (17 %)
Plongées antérieures (n,%)	207 (67,4 %)
Résultats d'EFR	
VEMS/CVF (médiane, Q1 - Q3)	83,3 % (78,8 – 88,7)
VEMS (médiane, Q1 - Q3)	103 L (98 - 109)
DEM 50 (médiane, Q1 - Q3)	94 L.s <sup>-1</sup> (81,2 - 109)

Un total de 58 résultats d'EFR pathologiques a été recensé, parmi lesquels trois seulement ont donné lieu à une décision d'inaptitude. Le Tiffeneau médian en population générale était de 83,3 % (78,8 – 88,7), le VEMS médian de 103 L (98 - 109) et le DEM50 de 94 L.s<sup>-1</sup> (81,2 - 109).

## Résultats des scanners thoraciques

76 scanners ont eu un résultat pathologique (24,8 % de la population d'étude) avec un total de 86 anomalies (28,3 % de la population d'étude), recensées dans le tableau II. Pour un scanner pathologique, la présence de deux anomalies simultanées signifiait la présence de deux types d'anomalies différentes (par exemple, la présence simultanée d'une ou plusieurs bulles d'emphysème et d'un ou plusieurs nodules). Ces anomalies sont largement dominées par les nodules (n = 58, 76,3 % des scanners pathologiques), tous de consistance solide et d'aspect bénin. Parmi ceux-ci, 15 nodules (25,9 %) mesuraient six millimètres de grand axe ou plus.

Six scanners retrouvaient des lésions emphysemateuses, exclusivement des bulles. Quatre des six lésions emphysemateuses intéressaient les régions périphériques apicales, les deux autres étaient péri-hilaires ou latéro-basales. Une seule bulle d'emphysème était unique parmi les six scanners. Toutes étaient infracentimétriques. Un seul des six scanners montrant de l'emphysème n'a pas donné lieu à une décision d'inaptitude.

Un scanner retrouvait un kyste sous-pleural, ayant mené à une inaptitude. Des dilatations des bronches ont été retrouvées sur trois scanners, avec une décision d'inaptitude parmi ces trois cas.

Tableau II - Prévalence des anomalies observées au scanner

	Nombre d'anomalies	% d'anomalies présentes sur les scanners pathologiques (n = 76)	% d'anomalies sur la population étudiée (n = 307)
Bulles d'emphysème	6	7,9	2,0
Kyste	1	1,3	0,3
Anomalies bronchiques			
Dilatation des bronches	3	3,9	1,0
Syndrome bronchique	2	2,6	0,7
Epaississement bronchique	2	2,6	0,7
Anomalies parenchymateuses			
Nodules (dont $\geq 6$ mm)	58 (15)	76,3	18,9
Granulomes	7	9,2	2,3
Atélectasie	2	2,6	0,7
Verre dépoli	2	2,6	0,7
Troubles ventilatoires	2	2,6	0,7
Irrégularité des apex	1	1,3	0,3
Total	86		

## Description de deux cas de lésions à risque de barotraumatisme pulmonaire

Le premier cas est celui d'un gendarme de 55 ans, candidat pour devenir accompagnateur caisson. Il pratiquait la plongée dans le cadre civil avec un niveau 4 et plus de 250 plongées à son actif. Il avait présenté cinq années auparavant un accident de décompression neurologique sans gravité à type de faiblesse du membre inférieur gauche, résolutive sous oxygénothérapie normobare avant la prise en charge au centre hyperbare. A cette occasion, aucune imagerie n'avait été réalisée. Lors de sa visite

d'aptitude militaire pour devenir accompagnateur caisson militaire, il est découvert au scanner de dépistage un kyste sous-pleural basal droit (figure 2), donnant lieu à une inaptitude définitive à la plongée sous-marine et l'hyperbarie.

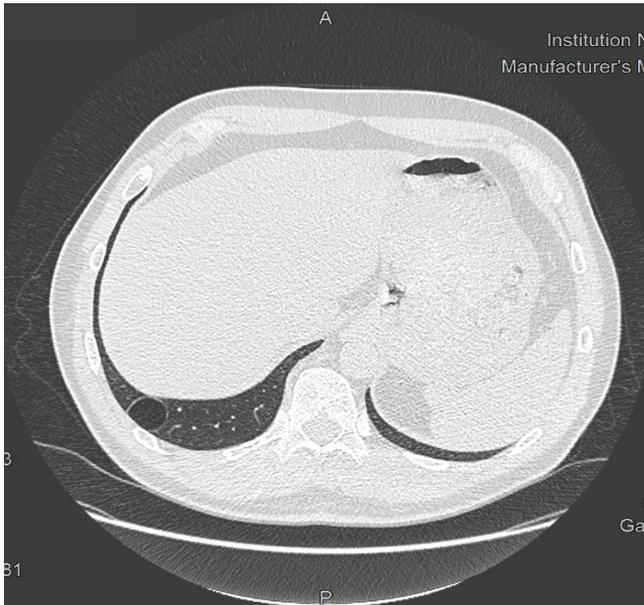


Figure 2 – Scanner thoracique mettant en évidence un kyste sous-pleural basal droit

Un deuxième cas est celui d'une femme de 36 ans sans antécédent médical, plongeuse de niveau 1 en milieu civil comptabilisant seize plongées, candidate pour devenir accompagnatrice en caisson militaire. Le scanner thoracique d'aptitude permet de mettre en évidence d'importantes plages de bronchectasies apicales gauches d'allure séquellaire (figure 3), incompatibles avec la pratique de la plongée et l'hyperbarie.

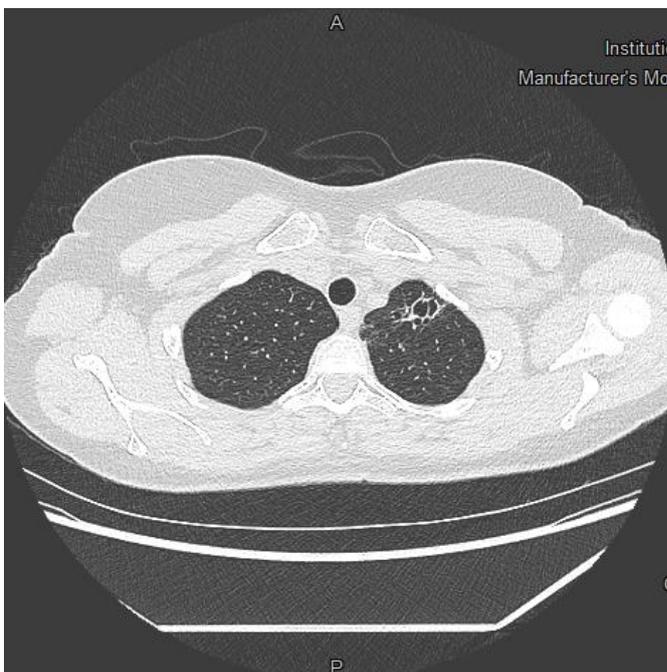


Figure 3 – Scanner thoracique mettant en évidence des bronchectasies apicales

## Analyse secondaire : comparaison d'un résultat de scanner anormal avec les différentes caractéristiques et résultats d'EFR

Les résultats de la comparaison entre un résultat de scanner anormal, quelle que soit l'anomalie, et les caractéristiques de la population ou un résultat d'EFR anormal sont retranscrites dans le tableau III. Il ne montre pas d'association significative, mais retrouve néanmoins une tendance statistique (valeur de p entre 0,05 et 0,10) si l'on compare un résultat de scanner anormal avec un résultat d'EFR anormal ( $p = 0,10$ ) ou avec le Tiffeneau ( $p = 0,10$ ).

Tableau III - Caractéristiques des sujets selon un résultat de scanner normal ou présentant une anomalie

	Scanner normal	Scanner anormal	Valeur p
Sexe			> 0,99
Hommes (n, %)	222 (96,1 %)	73 (96,1 %)	
Femmes (n, %)	9 (3,9 %)	3 (3,9 %)	
Âge (médiane, Q1 - Q3)	25 (23 - 28)	25 (22,5 - 28)	0,81
IMC (médiane, Q1 - Q3)	23,7 (22,3 - 25)	24 (22 - 25)	0,57
Antécédents respiratoires (n, %)	15 (6,5 %)	3 (4 %)	0,43
Antécédents tabagiques (n, %)	49 (21,2 %)	20 (26,7 %)	0,33
Dont tabagisme non sevré (n, %)	22 (9,5 %)	10 (13,3 %)	0,35
Prise médicamenteuse (n, %)	5 (2,2 %)	1 (1,3 %)	> 0,99
Allergies (n, %)	42 (18,2 %)	10 (13,3 %)	0,43
Plongées antérieures (n, %)	152 (65,8 %)	54 (0,7 %)	0,32
EFR anormale (n, %)	39 (17 %)	19 (25,3 %)	0,10
VEMS/CVF (médiane, Q1 - Q3)	83,6 (80 - 89)	82 (77 - 88,3)	0,10
VEMS (médiane, Q1 - Q3)	103 (98 - 109)	102 (95 - 110)	0,37
DEM50 (médiane, Q1 - Q3)	94 (82 - 109)	95 (78 - 109)	0,50

### Analyses complémentaires

Association concernant la présence de nodules

Aucune association significative n'a été retrouvée, que ce soit entre la présence de nodules et d'un résultat d'EFR pathologique ( $p = 0,46$ ), ou entre la présence de nodules et d'un tabagisme ( $p = 0,23$ ). Aucune association n'a été retrouvée en dissociant les différentes valeurs d'EFR recueillies, ni en considérant à part les nodules mesurant six millimètres de grand axe ou plus.

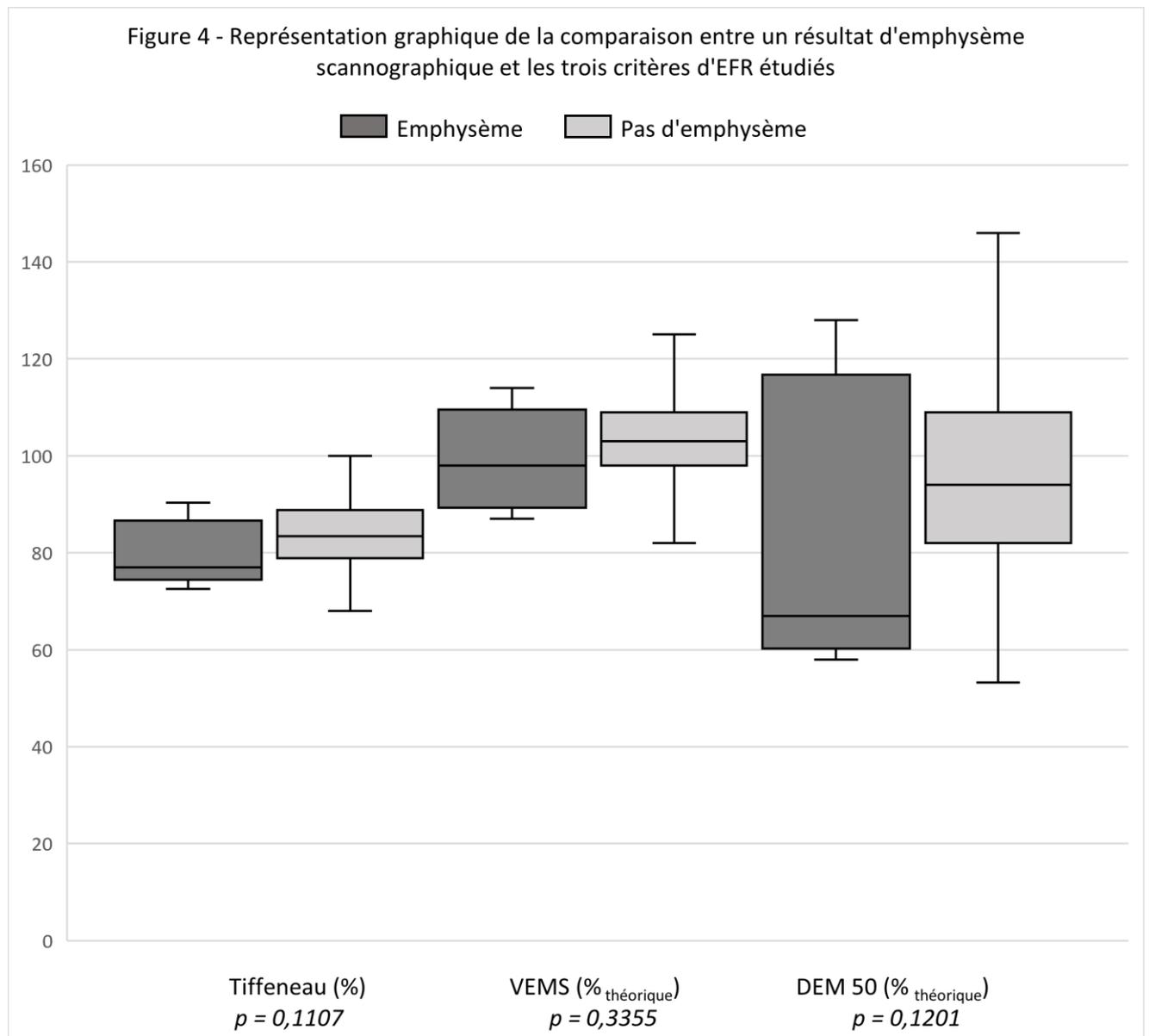
Association concernant la présence de bulles d'emphysème

Nous retrouvons (tableau IV) une association significative entre la présence d'un emphysème scannographique et un tabagisme non sevré ( $OR = 9,3$  ;  $p = 0,0014$ ), ainsi qu'avec un résultat d'EFR anormal ( $OR = 9,1$  ;  $p = 0,0026$ ). L'analyse séparée des trois paramètres d'EFR étudiés ne montre pas d'association significative, mais des valeurs p proches de la tendance statistique allant vers une

diminution du Tiffeneau ( $p = 0,11$ ) et du DEM50 ( $p = 0,12$ ) chez les sujets atteints d'emphysème par rapport aux sujets non atteints, comme représenté sur la figure 4.

Tableau IV - Caractéristiques des sujets selon la présence d'un emphysème scannographique

	Pas d'emphysème	Emphysème	Odds ratio (95% CI)	Valeur $p$
Antécédents tabagiques (n, %)	66 (22 %)	3 (50 %)		0,10
dont tabagisme non sevré (n, %)	29 (9,7 %)	3 (50 %)	9,3 (2,1 - 41)	<b>0,0014</b>
EFR anormale (n, %)	54 (18 %)	4 (66,7 %)	9,1 (2,1 - 48,4)	<b>0,0026</b>
VEMS/CVF (médiane, Q1 - Q3)	83,4 (79 - 88,8)	77 (75,2 - 83,7)		0,11
VEMS (médiane, Q1 - Q3)	103 (98 - 109)	98 (91 - 106,5)		0,33
DEM50 (médiane, Q1 - Q3)	94 (82 - 109)	67 (62 - 113)		0,12



# DISCUSSION

## Problématique de nodules

Dans notre étude, les anomalies scannographiques sont très largement dominées par les nodules intra-pulmonaires. Un ou plusieurs nodules étaient présents dans 76 % des scanners anormaux, soit 19 % de la population étudiée.

Si la présence de nodules n'est pas associée à risque accru de barotraumatisme pulmonaire en plongée, il est important d'identifier les critères de malignité et de surveillance qui pourraient avoir des conséquences médicales avec impact sur la pratique de la plongée professionnelle.

## Données sur la prévalence de nodules de découverte fortuite en population générale

Plusieurs revues de littérature menées aux Etats-Unis font état lors de dépistages de prévalences de nodules très variables, allant de 3 à 51 % selon les études et les populations étudiées, avec une moyenne globale autour de 20 %. L'augmentation constante de la détection de ces anomalies s'explique tant par l'accès facilité au scanner pulmonaire qu'à leur sensibilité croissante (30). Deux études, américaine et canadienne, font état respectivement de 28 et 35 % de nodules pulmonaires non calcifiés découverts fortuitement (31,32). Une étude turque retrouvait une prévalence plus élevée avec 48 % de nodules, expliquée en partie par la part plus importante d'atteintes granulomateuses liées à la tuberculose, ainsi que par des causes environnementales et professionnelles dans cette population. De plus, il faut noter que dans ces études plus de la moitié des sujets étaient âgés de plus de 50 ans, avec souvent un tabagisme actif majeur. Une étude sud-coréenne menée chez des sujets âgés de 46 à 51 ans, indemnes de toute pathologie pulmonaire, fait état d'une prévalence de 23 % de nodules non calcifiés (33).

## Relation entre l'EFR et la présence de nodules pulmonaires

Notre étude n'a objectivé aucune relation entre la présence de nodules pulmonaires et les caractéristiques des sujets, notamment un antécédent tabagique ( $p = 0,17$ ). Il n'y avait pas non plus de relation significative entre leur présence et les résultats anormaux d'EFR ( $p = 0,46$ ), qu'il s'agisse du coefficient de Tiffeneau, du VEMS ou du DEM50 ( $p = 0,24$ ,  $p = 0,41$ ,  $p = 0,48$ , respectivement).

## Conduite à tenir après la détection de nodules

Le protocole de surveillance radiologique lors de la découverte d'un nodule scannographique répond habituellement aux recommandations du consensus de la Société de Fleischner de 2017 (34). Seulement, ces recommandations ne sont applicables qu'à une population d'âge supérieur ou égal à 35 ans.

Ces recommandations préconisent de dissocier les nodules solides de ceux en verre dépoli ou avec composante solide, avant de raisonner selon leur taille et leur nombre. L'algorithme de prise en charge

diffère selon le niveau de risque de malignité du ou des nodules. La taille et la morphologie sont fortement liées au risque de malignité (28,35). Par exemple, un nodule en verre dépoli, aux contours irréguliers, lobulés ou spiculés orientera davantage vers un cancer. De plus, la localisation préférentielle des cancers pulmonaires semble s'observer dans les lobes supérieurs ou dans le poumon droit, avec une localisation plutôt périphérique concernant les adénocarcinomes et métastases, et plutôt péri-hilaire concernant les cancers épidermoïdes. Le nombre oriente vers un cancer avec une progression d'un à quatre nodules, mais oriente davantage vers une infection granulomateuse si présence de cinq nodules ou plus. L'emphysème et la fibrose pulmonaire sont deux facteurs de risque indépendants. D'autres critères sont le temps de doublement du nodule entre deux contrôles scannographiques, ou encore la présence d'un tabagisme actif. Nous proposons en annexe un arbre décisionnel récapitulant les recommandations de la Société de Fleischner de 2017.

Dans notre étude, la majorité des nodules étaient inférieurs à trois millimètres, d'aspect bénin. Seulement 26 % des scanners objectivant des nodules en identifiaient un ou plusieurs de six millimètres ou plus. Les localisations majoritaires étaient les lobes inférieurs ou les bases, plus rarement les apex ou la région péri-hilaire. Le tabagisme n'était pas statistiquement lié à la présence de nodules ( $p = 0,17$ ). Parmi les scanners pathologiques ayant donné lieu à un contrôle à distance, aucun cas suspect n'a été décelé et aucune inaptitude par progression des lésions nodulaires n'a été prononcée.

## Problématique des bulles d'emphysème

Données sur la prévalence de lésions d'emphysème lors d'épisodes de pneumothorax spontanés primaires

Il existe un lien significatif entre la présence d'anomalies pleurales et la survenue de pneumothorax spontanés primitifs, c'est-à-dire survenant sans pathologie pulmonaire sous-jacente. Ces anomalies, majoritairement des bulles et blebs sous-pleuraux, seraient présentes scannographiquement dans 56 % des cas de pneumothorax spontanés primaires et entre 60,8 et 68,1 % des récives, avec une incidence proportionnelle au degré d'atteinte dystrophique (23,26,36). D'autres études retrouvent une prévalence de lésions emphysemateuses entre 76 et 100 % lors de chirurgies de thoracoscopie menées après un épisode de pneumothorax spontané primaire (22,25). En marge de ces anomalies emphysemateuses, il a également été décrit des lésions à type de porosité pleurale, où les cellules mésothéliales de la plèvre viscérale sont remplacées par des une couche fibro-élastique inflammatoire, favorisant le passage d'air intra-alvéolaire vers la plèvre (24).

Données sur la prévalence de lésions d'emphysème de découverte fortuite dans la population générale

En population générale, plusieurs études placent les lésions emphysemateuses en deuxième position des incidentalomes pulmonaires les plus fréquents, derrière les nodules non calcifiés. Les prévalences observées vont de 11 % à 16 % (31,32,37) et même jusqu'à 50,6 % (38). Cependant ces études concernent des sujets âgés d'environ 70 ans, avec pour la plupart un tabagisme majeur à plus de vingt paquets-années. Une étude a recensé une prévalence de 6 % d'anomalies à type de bulles ou blebs lors de chirurgies par thoracotomie menées chez des patients de 15 à 51 ans atteints de dyshidrose et exempts de toute pathologie pulmonaire, prévalence que l'on peut penser sous-estimée (39). Le

tabagisme semble jouer un rôle majeur dans la formation de lésions emphysémateuses, a fortiori en association avec d'autres substances toxiques telles que le cannabis ou encore la cocaïne (40,41). Dans notre série, nous retrouvons une association significative entre un tabagisme non sevré et la présence de bulles d'emphysème. Nous n'avons pas observé de cas de consommation toxique autre que le cannabis, qui est éliminatoire dans le cadre de l'aptitude médicale à la pratique de la plongée militaire.

Une étude néerlandaise menée en post-mortem, toutes causes de décès confondues, sur 130 adultes de 21 à 70 ans, retrouvait une prévalence à 34 % de blebs et bulles d'emphysème scannographiques, avec une prévalence croissant avec l'âge, allant de 19 % entre 21 et 30 ans à 52 % entre 41 et 50 ans (42).

Une étude menée au sein du centre médical de plongée de la marine royale néerlandaise a comparé la sensibilité du scanner pulmonaire par rapport à celle de la radiographie thoracique chez des sujets militaires masculins asymptomatiques (19). Les caractéristiques de la population étudiée se rapprochaient de celles de notre étude, avec des sujets d'en moyenne 36,4 ans, contre 25 ans dans notre étude. Parmi les 101 scanners réalisés, sept incidentales (7 %) à type de blebs ou bulles d'emphysème ont été détectés, ce qui est plus important que la proportion de 2 % constatée dans notre étude. Cinq des sept sujets présentant des lésions emphysémateuses ont été déclarés inaptes, ce qui est assez comparable au constat d'inaptitude dans notre étude. Dans cette étude le scanner s'est montré significativement plus performant que la radiographie thoracique pour détecter des lésions emphysémateuses chez des sujets asymptomatiques ( $p = 0,023$ ).

Une étude sud-coréenne menée chez 536 hommes entre 45 et 51 ans, candidats pour devenir pilotes civils, apporte des résultats proches de cette étude (33). Le dépistage systématique par scanner thoracique basse dose a permis d'établir une prévalence de 6,1 % de formations aériques. Parmi elles, ont été retrouvées 5,8 % de lésions emphysémateuses à type de blebs ou bulles. La problématique liée à la présence de lésions aériques rejoint celle liée à la pratique de la plongée sous-marine, dans le domaine des variations de pression observées en hypobarie.

## Relation entre l'EFR et la présence d'emphysème

L'emphysème résulte de deux mécanismes conjoints, que sont la destruction du lit capillaire alvéolaire et l'obstruction bronchique, pourvoyant en grande partie les symptômes (43). Le premier phénomène est la conséquence d'une modification parenchymateuse et résulte en une altération des surfaces d'échanges entre le sang du réseau capillaire et l'air. Cette anomalie de diffusion est fortement liée au pronostic de l'emphysème et se traduit au niveau de l'EFR par une diminution de la capacité de diffusion du monoxyde de carbone (DLCO)(43–46). Le deuxième mécanisme est celui d'une anomalie ventilatoire liée à un bronchospasme. Plusieurs études suggèrent une détérioration du VEMS et du coefficient de Tiffeneau en lien avec l'emphysème (44,46). Cette association est d'autant plus importante que l'atteinte emphysémateuse est sévère (47–49).

Plusieurs études ont montré le manque de sensibilité de l'EFR pour détecter un emphysème, par rapport au scanner (49,50). Une étude menée chez des sujets ayant présenté un barotraumatisme pulmonaire retrouvait dans cinq cas sur quinze (33 %) des blebs d'emphysème sous-pleural (8). Il avait été trouvé des valeurs d'EFR significativement abaissées chez les sujets victimes de barotraumatisme pulmonaire par rapport aux sujets sains, en ce qui concerne les débits expiratoires maximaux aux points 25 et 50 ( $p < 0,05$  et  $p < 0,02$ ). Néanmoins, le nombre restreint de sujets inclus ne permettait pas de tirer des conclusions générales vis-à-vis de cette baisse des débits périphériques. Le

retentissement au niveau de l'EFR pourrait varier non seulement selon le degré d'atteinte, mais également selon le type d'atteinte. Il semblerait que le VEMS et le volume résiduel soient préférentiellement impactés lors de lésions emphysémateuses des lobes inférieurs, alors que la DLCO le serait davantage si les lésions intéressent les lobes supérieurs (51). De plus, une atteinte centrale serait plus à même d'entraîner une altération de l'EFR, comparée à une atteinte périphérique (52).

Notre étude a montré une association significative entre la présence de lésions d'emphysème et l'altération de l'EFR (OR = 9,1 ; p = 0,0026). Les valeurs d'EFR analysées séparément ont montré une association non significative, qu'il s'agisse du coefficient de Tiffeneau (p = 0,11), du VEMS (p = 0,34) ou du DEM 50 (p = 0,12).

Parmi les lésions emphysémateuses retrouvées dans notre étude, quatre sur six étaient des lésions périphériques apicales. Les deux restantes intéressaient les régions péri-hilaires et latérobasales. Toutes les lésions objectivées étaient minimales. La faible sévérité des lésions d'emphysème et leur localisation pourraient apporter une explication au retentissement non significatif sur les différents paramètres d'EFR analysés. Nous rappelons par ailleurs, que le très faible effectif (six sujets avec des bulles d'emphysème) ne permet de tirer aucune conclusion vis-à-vis des anomalies spirométriques observées.

## Autres anomalies aériques pulmonaires

### Données sur la prévalence de lésions kystiques pulmonaires

Les kystes pulmonaires se définissent comme des lésions intra-parenchymateuses rondes, habituellement à parois fines, avec une interface bien définie avec le poumon sain. Ils sont également pourvoyeurs de barotraumatismes pulmonaires, et pourraient être une conséquence du vieillissement pulmonaire.

Une étude menée aux Etats-Unis parmi une large cohorte de 2 633 sujets asymptomatiques âgés de 34 à 92 ans a permis d'en estimer la prévalence à 7,6 % (53). L'âge y joue un rôle significatif avec le développement de lésions kystiques. En effet, la moyenne d'âge des sujets présentant au moins un kyste était de 63 ans contre 58,9 ans chez les sujets n'en présentant pas (p < 0,001), et aucun kyste n'a été retrouvé chez les sujets de moins de 40 ans. Il convient également d'en dissocier les sujets présentant plusieurs kystes. Dans cette étude, seulement 0,9 % des sujets présentaient cinq kystes ou plus.

Si la prévalence des lésions kystiques en population générale est peu décrite dans la littérature, elle l'est nettement plus en ce qui concerne certains cas particuliers (54–56). Certains syndromes génétiques y prédisposent, tels que le syndrome de Birt-Hogg-Dubé, dans lequel ces lésions seraient présentes chez plus de 80 % des sujets, ou encore la neurofibromatose, l'histiocytose langerhansienne et la lymphangioléiomyomatose. Nous pouvons aussi mentionner le syndrome de Gougerot-Sjögren, qui serait associé à la présence de kystes dans 12 à 46 % des cas. Si la prévalence de ces lésions en population générale est faible, bien qu'augmentant avec l'âge, leurs conséquences en milieu dysbarique peuvent rapidement être dramatique. L'enjeu est d'autant plus important chez les sujets présentant des maladies kystiques pulmonaires, bien souvent orphelines et intéressant une population jeune.

L'existence de ces kystes pulmonaires peut avoir des conséquences dramatiques, comme le démontre le cas d'une patiente de 19 ans prise en charge au sein de l'HIA Sainte Anne (57). Il s'agissait d'une patiente sans antécédent notable, qui avait effectué une plongée de loisir à 39 mètres de profondeur, et avait présenté au décours des troubles de conscience avec tétraparésie. Le bilan d'imagerie retrouvait à l'IRM médullaire un œdème médullaire cervico-lombaire et à l'IRM cérébrale des hypersignaux au niveau des corps calleux et des noyaux gros profonds. Le scanner thoracique objectivait un important pneumomédiastin avec découverte d'un pneumatocèle apical gauche avec lésions emphysémateuses de diffusion, d'un emphysème sous-cutané et d'une lame de pneumothorax. Le diagnostic de barotraumatisme pulmonaire avec aéro-embolisme cérébro-médullaire sur kyste pulmonaire congénital avait alors été retenu. L'évolution à un mois retrouvait l'absence d'atteinte des fonctions supérieures, mais une parésie complète des membres inférieurs et partielle des membres supérieurs, associée à des troubles sensitifs et sphinctériens. Ce cas démontre l'intérêt du scanner thoracique de dépistage dont la réalisation peut révéler des lésions à risque de barotraumatisme pulmonaire, comme cela aurait pu être le cas avec l'imagerie présentée sur la figure 2.

Données sur la prévalence de dilatations des bronches

Une étude sud-coréenne a retrouvé une prévalence de bronchectasies asymptomatiques à 2 300 cas pour 100 000 (58). Leur présence semblait statistiquement liée au sexe féminin, un âge élevé, une comorbidité hépatique, un antécédent de tuberculose, de BPCO ou encore un VEMS diminué. Une étude britannique a retrouvé des prévalences plus faibles mais en augmentation au cours des années, particulièrement dans les groupes les plus âgés (59). La prévalence en population féminine a en effet augmenté de 350 à 560 cas pour 100 000 entre 2004 et 2013, contre 300 à 480 cas pour 100 000 chez les hommes.

Ces anomalies de dilatation des bronches sont une maladie inflammatoire chronique associée à une clairance bactérienne altérée, pouvant engendrer des surinfections pulmonaires et des inflammations chroniques. La sévérité de ces bronchectasies est liée fortement à l'âge élevé. D'autres facteurs de risque de sévérité sont un VEMS diminué, un IMC bas, une hospitalisation récente, ou encore des troubles cognitifs et une cardiopathie ischémique (60).

Le lien entre bronchectasies et barotraumatisme pulmonaire est peu décrit dans la littérature, mais peut se justifier sur le plan physiopathologique par la présence d'anomalies aériques à risque de modification lors de variations pressionnelles.

## Problématiques liées au scanner thoracique de dépistage

Performances du scanner basse dose et « ultra basse dose » pour dépister des lésions bulleuses

La capacité du scanner haute résolution à détecter des blebs ou bulles d'emphysème est désormais démontrée. Plusieurs études ont comparé ses performances avec celles de la chirurgie, et ont établi une sensibilité allant de 84 à 96 % (11,16,61). Qu'en est-il des performances du scanner basse dose ?

Le scanner basse dose est déjà de pratique courante pour le dépistage de sujets fumeurs à risque de développer un cancer pulmonaire. Dans ces cohortes âgées et tabagiques, les prévalences d'anomalies aériques sont de 44 à 50 % concernant les lésions emphysémateuses, ou encore de 14 % concernant les bronchectasies (38,62). Des études ont également étudié le suivi de patients atteints de BPCO au moyen de scanner basse dose, avec des prévalences de lésions emphysémateuses retrouvées à 27 % (63), ou encore en population générale fumeuse, où cette prévalence peut atteindre 78 % (64). Si l'on compare les qualités diagnostiques du scanner basse dose face au scanner classique, les deux techniques semblent significativement aussi sensibles, avec une différence inférieure à 3 % dans la qualité d'analyse des lésions emphysémateuses (65–67).

Depuis cinq ans se multiplient les études concernant le scanner « ultra basse dose », permettant des irradiations en moyenne équivalentes à celles d'une radiographie standard, pour des résultats encourageants (68,69). Les capacités de quantification de l'emphysème par le scanner « ultra basse dose » semblent concordantes avec celles d'un scanner standard, avec néanmoins une possible légère sous-estimation, pour une irradiation réduite de 84 % (69,70). Les études comparant la réalisation de scanners basse dose avec les scanners « ultra basse dose » semblent démontrer des performances similaires dans la détection d'anomalies pulmonaires telles que les nodules, bronchectasies ou encore les lésions emphysémateuses, avec pour ces dernières une sensibilité supérieures à 65 % (71–73).

#### Impacts de ces examens d'imagerie en termes d'irradiation et financiers

La démultiplication des examens d'imagerie, rendue possible notamment par l'accès facilité et le moindre coût des scanners, fait poser la question de leurs effets secondaires dus à l'irradiation. Une étude menée en Italie sur une large cohorte de plus de 5 000 sujets fumeurs a permis de mettre en évidence, après dix ans de suivi annuel par scanner basse dose, un sur-risque de cancer radio-induit de 0,05 % (74). Ce résultat s'explique par l'irradiation cumulative, qui atteindrait entre 9,3 mSv pour les hommes et 13,0 mSv pour les femmes, mais est à pondérer avec le fait que la population étudiée soit celle à risque de cancer pulmonaire, c'est-à-dire fumeuse et âgée de plus de 50 ans.

Une revue de littérature a cherché à établir l'irradiation moyenne des principaux examens radiologiques. Une radiographie thoracique aurait une irradiation comprise entre 0,007 et 0,050 mSv pour une moyenne de 0,02 mSv, alors qu'un scanner thoracique standard irradierait entre 4,0 et 18,0 mSv, soit une moyenne à 7 mSv (75).

Une autre étude a comparé les taux d'irradiations moyennes des différents protocoles scannographiques dans la détection de nodules pulmonaires. Il apparaît que pour des résultats diagnostiques comparables, l'irradiation moyenne pour un scanner standard est de 9,0 mSv, contre 1,8 mSv pour un scanner basse dose et 0,5 mSv pour un scanner « ultra basse dose » (76).

Ces résultats sont cohérents avec les études trouvant une réduction d'irradiation d'entre 80 et 90 % pour les scanners basse dose comparés aux scanners standards (77,78). Le scanner « ultra basse dose » pourrait également être une piste intéressante, avec des irradiations moyennes pour des clichés thoraciques comprises entre 0,07 et 0,22 mSv selon les études, soit entre une radiographie classique et un scanner basse dose (69,71–73,79).

Enfin, une autre dimension à prendre en compte est celle de l'accessibilité financière à ces examens d'imagerie. Les coûts du scanner thoracique (standard ou basse dose) et de la radiographie pulmonaire sont comparables (25,27 € et 21,82 € respectivement) et ne devraient pas constituer un obstacle à la réalisation d'un scanner basse dose.

Quelle place pour le scanner pulmonaire de dépistage en population générale ?

Si la réalisation d'un scanner pulmonaire systématique semble difficilement généralisable à l'ensemble de la population des plongeurs, notamment de loisir, il pourrait être intéressant d'identifier des critères qui pourraient en justifier la prescription au cas par cas. La présence d'antécédents, d'un tabagisme, notamment important ou non sévère, de symptômes respiratoires, peuvent faire craindre le développement d'un emphysème. On peut également envisager la prescription du scanner en cas d'anomalie observée à l'EFR, comme le suggèrent certaines études ou encore les résultats de notre étude, avec toutes les réserves précédemment discutées. L'ajout de la mesure de la DLCO à la mesure des volumes et débits serait contributif en tant que marqueur plus précoce d'atteinte emphysémateuse, à des degrés de sévérité moindres et pour des localisations apicales, qui demeurent les plus fréquentes. Cela nécessiterait cependant une plus grande accessibilité à cette analyse.

L'avenir en termes de dépistage de lésions pulmonaires repose peut-être sur la généralisation de l'imagerie scannographique. En effet, les explorations par scanner basse dose sont à présent de pratique courante pour le dépistage de lésions pulmonaires dans le cadre des BPCO ou des cancers et permettent de détecter des lésions à des doses moins irradiantes pour des coûts accessibles. Cette option pourrait être rendue d'autant plus intéressante par l'accès progressif à des scanners pulmonaires ultra-basse dose, dont l'irradiation est à peine supérieure à celle d'une radiographie thoracique.

## Problématiques liées aux normes d'EFR

Les valeurs de référence en spirométrie couramment utilisées en France sont celles du couple CECA-1993 / Zapletal. Elles sont basées sur les équations de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier entre 18 et 70 ans, par extrapolation au-delà de 70 ans, et sur les équations de Zapletal en dessous de 18 ans (80). Ce modèle semble avoir quelques limites, mises en lumière par l'article de de Broucker et al. (80), préconisant l'utilisation des valeurs du groupe Global Lung Initiative (GLI-2012). Ces valeurs seraient plus fiables dans les populations de plus de 40 ans, notamment féminines. Elles permettent également d'apporter une correction selon l'ethnie.

L'utilisation des valeurs de la CECA-1993 au détriment des valeurs du GLI-2012, au-delà du fait que ce soient les valeurs encore en vigueur dans les textes d'aptitudes des armées françaises, semble sans grande conséquence sur la qualité de notre étude. Les valeurs de la CECA-1993 restent en effet valables chez les sujets de 18 à 40 ans, ce qui représente la majorité de notre population d'étude, avec une médiane d'âge à 25 ans, et un seul sujet dépassant les 40 ans (42 ans), de sexe masculin. De plus, la correction par l'ethnie apportée par les valeurs du GLI-2012 n'a pas lieu d'être dans notre population d'étude très majoritairement caucasienne. Enfin, la fiabilité du modèle GLI-2012 par rapport à l'ancien modèle a été étudié pour les valeurs de VEMS, de CVF et de VEMS/CVF, mais n'intègre pas le DEM50, que nous avons exploité dans notre étude.

## Forces et limitations de l'étude

Il s'agit d'une des premières études rétrospectives à étudier la prévalence d'incidentalomes pulmonaires dans une population jeune et en bonne santé, et à les mettre en lien avec ses

caractéristiques et résultats d'EFR. Elle a permis de détecter des anomalies aériques et notamment des lésions d'emphysème à risque de barotraumatisme pulmonaire, et qui seraient probablement passées inaperçues à la radiographie thoracique habituelle. La population étant jeune et en bonne santé, il existe peu de facteurs de confusion.

Cette étude présente quelques limitations. La première tient de la nature rétrospective de l'étude, proposant un niveau de preuve plus faible qu'une étude prospective. Ensuite, la population étudiée est très sélective, composée de sujets militaires jeunes, sportifs et en bonne santé. En effet, les candidats plongeurs militaires ne sont pas représentatifs de la population générale de plongeurs civils professionnels ou de loisir. Une étude réalisée dans une population moins sélectionnée ne pourrait probablement que renforcer les associations trouvées notamment entre les anomalies scannographiques et l'EFR.

Il pourrait également être intéressant de la comparer à une population contrôle, telle que des sujets militaires du même âge ne pratiquant pas la plongée. De plus, la population étant jeune, le recul n'est pas suffisant pour observer les conséquences spirométriques, notamment d'un tabagisme, sur le parenchyme pulmonaire. La mesure complémentaire de la DLCO pourrait être intéressante pour détecter un emphysème asymptomatique de façon plus précoce. Une étude à plus grande échelle serait utile pour gagner en puissance. De même, l'expression des résultats d'EFR selon la norme GLI-2012 à la place de la norme CECA, toujours en vigueur au sein des armées, pourrait avoir un retentissement sur les relations recherchées.

## CONCLUSION

La réalisation systématique d'un scanner thoracique à l'aptitude des candidats à la plongée professionnelle militaire a permis de mettre en évidence une grande majorité de nodules, tous bénins, et sans association significative avec les caractéristiques de la population d'étude. Le deuxième type d'anomalies les plus fréquentes était représenté par des formations aériques telles que les kystes, les bulles d'emphysème, et la dilatation des bronches.

Lors d'une analyse en sous-groupe, une association significative a été établie uniquement entre la présence d'emphysème scannographique et celle d'un tabagisme non sévère ainsi que d'un résultat d'EFR anormal. Ces résultats sont néanmoins à pondérer par la petite taille de l'échantillon étudié et l'absence de confirmation bibliographique. Des études à plus grande échelle sont nécessaires pour confirmer cette association.

Par ailleurs aucune association n'a été mise en évidence dans la littérature avec les autres anomalies aériques potentiellement à risque de barotraumatisme pulmonaire grave comme les kystes pulmonaires ou les bronchectasies. La prévalence non négligeable de ces anomalies dans la population générale et l'absence de point d'appel clinique plaident en faveur de la réalisation du scanner thoracique pour leur dépistage.

Compte tenu du développement croissant de la pratique du scanner basse dose et des résultats présentés dans ce travail, la réalisation d'un scanner thoracique initial à titre systématique chez les plongeurs civils professionnels semble pertinente en visite initiale.

Dans le domaine de la plongée de loisirs, en attendant l'émergence des scanners « ultra basse dose », la réalisation d'un scanner thoracique pourrait être envisagée en cas de points d'appel clinique, tels

que la présence de symptômes ou d'antécédents respiratoires, d'un tabagisme non sevré ou de résultats d'EFR pathologiques. Il ne faut néanmoins pas négliger le risque de ne pas dépister les formations aériques telles que les kystes pulmonaires et bronchectasies, en grande majorité asymptomatiques et se développant sur un poumon sain.

## ABREVIATIONS UTILISEES

BPCO : bronchopneumopathie chronique obstructive

CVF : capacité vitale forcée

DEM50 : débit expiratoire maximal au point 50 de la capacité vitale forcée

DLCO : capacité de diffusion du monoxyde de carbone

EFR : épreuves fonctionnelles respiratoires

IMC : indice de masse corporelle

SMHEP : service de médecine hyperbare et expertise de plongée

VEMS : volume expiratoire maximal seconde

## REFERENCES

1. Broussolle B., Méliet J. L., Coulange M. Physiologie & Médecine de la Plongée [Internet]. [cité 4 févr 2021].
2. Lafère P, Germonpré P, Balestra C. Pulmonary barotrauma in divers during emergency free ascent training: review of 124 cases. *Aviat Space Environ Med.* avr 2009;80(4):371-5.
3. Lippmann J, Fock A, Arulanandam S. Cerebral arterial gas embolism with delayed treatment and a fatal outcome in a 14-year-old diver. *Diving Hyperb Med.* mars 2011;41(1):31-4.
4. Neuman TS, Jacoby I, Bove AA. Fatal pulmonary barotrauma due to obstruction of the central circulation with air. *J Emerg Med.* juin 1998;16(3):413-7.
5. Bralow LM, Piehl M. Barotrauma and Arterial Gas Embolism: A Diving Emergencies Simulation Case for Emergency Medicine Residents. *MedEdPORTAL.* 14:10788.
6. M. Coulange. Coulange M, Gourbeix J, Grenaud J, D'Andrea C, Henckès A, Harms J, et al. La RSE en 2008 : bénéfiques / risques ? Analyse rétrospective des barotraumatismes thoraciques. *Bulletin de médecine subaquatique et hyperbare ; tome 18, 1 : 9-14.* 2008 [Internet].
7. Reuter M, Tetzlaff K, Warninghoff V, Steffens JC, Bettinghausen E, Heller M. Computed tomography of the chest in diving-related pulmonary barotrauma. *Br J Radiol.* mai 1997;70(833):440-5.
8. Tetzlaff K, Reuter M, Leplow B, Heller M, Bettinghausen E. Risk factors for pulmonary barotrauma in divers. *Chest.* sept 1997;112(3):654-9.
9. Méliet J. L. Recommandations de bonne pratique pour la prise en charge en santé au travail des travailleurs intervenant en conditions hyperbares [Internet]. [cité 15 mars 2021]. [hyperbares.html](#)
10. INSTRUCTION N° 900/ARM/DCSSA/ESSD/EMS relative à l'aptitude médicale à la plongée subaquatique et au travail en milieu hyperbare dans les armées. [Internet]. *Droit des militaires.* 2018 [cité 15 mars 2021].
11. Almajid FM, Aljehani YM, Alabkary S, Alsaif HS. The accuracy of computed tomography in detecting surgically resectable blebs or bullae in primary spontaneous pneumothorax. *Radiol Med.* sept 2019;124(9):833-7.
12. Kawaguchi T, Kushibe K, Yasukawa M, Kawai N. Can preoperative imaging studies accurately predict the occurrence of bullae or blebs? Correlation between preoperative radiological and intraoperative findings. *Respiratory Investigation.* déc 2013;51(4):224-8.
13. Chou SH, Cheng Y-J, Kao EL. Is video-assisted thoracic surgery indicated in the first episode primary spontaneous pneumothorax? *Interactive CardioVascular and Thoracic Surgery.* 1 déc 2003;2(4):552-4.
14. Hatz RA, Kaps MF, Meimarakis G, Loehe F, Müller C, Fürst H. Long-term results after video-assisted thoracoscopic surgery for first-time and recurrent spontaneous pneumothorax. *The Annals of Thoracic Surgery.* juill 2000;70(1):253-7.

15. Margolis M, Gharagozloo F, Tempesta B, Trachiotis GD, Katz NM, Alexander EP. Video-assisted thoracic surgical treatment of initial spontaneous pneumothorax in young patients. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1 nov 2003;76(5):1661-4.
16. Sihoe AD, Yim AP, Lee TW, Wan S, Yuen EH, Wan IY, et al. Can CT scanning be used to select patients with unilateral primary spontaneous pneumothorax for bilateral surgery? *Chest*. août 2000;118(2):380-3.
17. Newell JD. CT of emphysema. *Radiologic Clinics of North America*. 1 janv 2002;40(1):31-42.
18. Kim J, Kim K, Shim YM, Chang WI, Park K-H, Jun T-G, et al. Video-assisted thoracic surgery as a primary therapy for primary spontaneous pneumothorax. *Surg Endosc*. 1 nov 1998;12(11):1290-3.
19. Wingelaar T, Bakker L, Nap F, Van Ooij P-J, Endert E, van Hulst R. Routine Chest X-Rays Are Inaccurate in Detecting Relevant Intrapulmonary Anomalies During Medical Assessments of Fitness to Dive. *Frontiers in Physiology*. 6 janv 2021;11:613398.
20. Ferretti G, Jankowski A. Doses d'exposition des examens radiologiques thoraciques. *Revue des Maladies Respiratoires*. juin 2010;27(6):644-50.
21. Corneloup O, Delval O, Laurent F, Morin M, Vandermarcq P. Low-dose chest CT with millimetric thin slices: myth or reality? *J Radiol*. mars 2003;84(3):305-10.
22. Grundy S, Bentley A, Tschopp J-M. Primary spontaneous pneumothorax: a diffuse disease of the pleura. *Respiration*. 2012;83(3):185-9.
23. Casali C, Stefani A, Ligabue G, Natali P, Aramini B, Torricelli P, et al. Role of blebs and bullae detected by high-resolution computed tomography and recurrent spontaneous pneumothorax. *Ann Thorac Surg*. janv 2013;95(1):249-55.
24. Haynes D, Baumann MH. Pleural controversy: aetiology of pneumothorax. *Respirology*. mai 2011;16(4):604-10.
25. Casha AR, Manché A, Gatt R, Wolak W, Dudek K, Gauci M, et al. Is there a biomechanical cause for spontaneous pneumothorax? *Eur J Cardiothorac Surg*. juin 2014;45(6):1011-6.
26. Smit HJ, Wienk MA, Schreurs AJ, Schramel FM, Postmus PE. Do bullae indicate a predisposition to recurrent pneumothorax? *Br J Radiol*. avr 2000;73(868):356-9.
27. Lyra R de M. Etiology of primary spontaneous pneumothorax. *J Bras Pneumol*. 2016;42(3):222-6.
28. Wahidi MM, Govert JA, Goudar RK, Gould MK, McCrory DC. Evidence for the Treatment of Patients With Pulmonary Nodules: When Is It Lung Cancer?: ACCP Evidence-Based Clinical Practice Guidelines (2nd Edition). *Chest*. 1 sept 2007;132(3, Supplement):94S-107S.
29. Bach PB, Mirkin JN, Oliver TK, Azzoli CG, Berry D, Brawley OW, et al. Benefits and Harms of CT Screening for Lung Cancer: A Systematic Review. *JAMA*. 13 juin 2012;307(22):2418-29.
30. Gould MK, Tang T, Liu I-LA, Lee J, Zheng C, Danforth KN, et al. Recent Trends in the Identification of Incidental Pulmonary Nodules. *Am J Respir Crit Care Med*. 27 juill 2015;192(10):1208-14.

31. Hussien AF, Jeudy J, Kligerman SJ, White CS. Thoracic Incidental Findings in Preoperative Computed Tomography Evaluation for Transcatheter Aortic Valve Implantation (TAVI). *Journal of Thoracic Imaging*. mai 2016;31(3):183-8.
32. Boldeanu I, Perreault Bishop J, Nepveu S, Stevens L-M, Soulez G, Kieser TM, et al. Incidental findings in CT imaging of coronary artery bypass grafts: results from a Canadian multicenter prospective cohort. *BMC Res Notes* [Internet]. 25 janv 2018 [cité 27 avr 2021];11.
33. Bang D-H, Lim D, Jeong O-M, Hwang W-S, Jung J-Y, Lim J. Low-dose chest computed tomography as a screening tool: findings in 536 aircrews. *Aviat Space Environ Med*. sept 2012;83(9):896-8.
34. MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, Lee KS, Leung ANC, Mayo JR, et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017. *Radiology*. 23 févr 2017;284(1):228-43.
35. Austin JHM. The Incidental Small Pulmonary Nodule and the Fleischner Criteria 5 Years Later: Have We Learned Anything More? *Journal of Thoracic Imaging*. mai 2011;26(2):88-9.
36. Riveiro-Blanco V, Pou-Álvarez C, Ferreiro L, Toubes ME, Quiroga-Martínez J, Suárez-Antelo J, et al. Recurrence of primary spontaneous pneumothorax: Associated factors. *Pulmonology* [Internet]. 26 juin 2020 [cité 20 nov 2021]
37. Priola AM, Priola SM, Giaj-Levra M, Basso E, Veltri A, Fava C, et al. Clinical Implications and Added Costs of Incidental Findings in an Early Detection Study of Lung Cancer by Using Low-Dose Spiral Computed Tomography. *Clinical Lung Cancer*. 1 mars 2013;14(2):139-48.
38. Morgan L, Choi H, Reid M, Khawaja A, Mazzone PJ. Frequency of Incidental Findings and Subsequent Evaluation in Low-Dose Computed Tomographic Scans for Lung Cancer Screening. *Annals ATS*. 19 avr 2017;14(9):1450-6.
39. Amjadi K, Alvarez GG, Vanderhelst E, Velkeniers B, Lam M, Noppen M. The prevalence of blebs or bullae among young healthy adults: a thoracoscopic investigation. *Chest*. oct 2007;132(4):1140-5.
40. Almeida RR de, Zanetti G, Souza AS, Souza LS de, Silva JLPE, Escuissato DL, et al. Cocaine-induced pulmonary changes: HRCT findings. *J Bras Pneumol*. août 2015;41(4):323-30.
41. Underner M, Urban T, Perriot J, Peiffer G, Harika-Germaneau G, Jaafari N. [Spontaneous pneumothorax and lung emphysema in cannabis users]. *Rev Pneumol Clin*. déc 2018;74(6):400-15.
42. de Bakker HM, Tijsterman M, de Bakker-Teunissen OJG, Soerdjbalie-Maikoe V, van Hulst RA, de Bakker BS. Prevalence of Pulmonary Bullae and Blebs in Postmortem CT Imaging With Potential Implications for Diving Medicine. *Chest*. 1 avr 2020;157(4):916-23.
43. Bates DV. Revisiting « respiratory function in emphysema in relation to prognosis ». *Can Respir J*. juin 2000;7(3):271-9.
44. Bodlet A, Maury G, Jamart J, Dahlqvist C. Influence of radiological emphysema on lung function test in idiopathic pulmonary fibrosis. *Respiratory Medicine*. nov 2013;107(11):1781-8.
45. Cottin V. Clinical case: Combined pulmonary fibrosis and emphysema with pulmonary hypertension – clinical management. *BMC Res Notes*. 16 avr 2013;6(Suppl 1):S2.

46. Amariei DE, Dodia N, Deepak J, Hines SE, Galvin JR, Atamas SP, et al. Combined Pulmonary Fibrosis and Emphysema: Pulmonary Function Testing and a Pathophysiology Perspective. *Medicina (Kaunas)* [Internet]. 10 sept 2019 [cité 24 mars 2021];55(9).
47. Kitaguchi Y, Fujimoto K, Hanaoka M, Honda T, Hotta J, Hirayama J. Pulmonary function impairment in patients with combined pulmonary fibrosis and emphysema with and without airflow obstruction. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 29 juill 2014;9:805-11.
48. Crossley D, Renton M, Khan M, Low EV, Turner AM. CT densitometry in emphysema: a systematic review of its clinical utility. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 7 févr 2018;13:547-63.
49. Sanders C, Nath PH, Bailey WC. Detection of Emphysema with Computed Tomography: Correlation with Pulmonary Function Tests and Chest Radiography. *Investigative Radiology*. avr 1988;23(4):262-6.
50. Madani A, Keyzer C, Gevenois PA. Quantitative computed tomography assessment of lung structure and function in pulmonary emphysema. *European Respiratory Journal*. 1 oct 2001;18(4):720-30.
51. Haraguchi M, Shimura S, Hida W, Shirato K. Pulmonary function and regional distribution of emphysema as determined by high-resolution computed tomography. *Respiration*. 1998;65(2):125-9.
52. Nakano Y, Sakai H, Muro S, Hirai T, Oku Y, Nishimura K, et al. Comparison of low attenuation areas on computed tomographic scans between inner and outer segments of the lung in patients with chronic obstructive pulmonary disease: incidence and contribution to lung function. *Thorax*. mai 1999;54(5):384-9.
53. Araki T, Nishino M, Gao W, Dupuis J, Putman RK, Washko GR, et al. Pulmonary cysts identified on chest CT: Are they part of aging change or of clinical significance? *Thorax*. déc 2015;70(12):1156-62.
54. Gupta N, Seyama K, McCormack FX. Pulmonary manifestations of Birt-Hogg-Dubé syndrome. *Fam Cancer*. sept 2013;12(3):387-96.
55. Gupta N, Vassallo R, Wikenheiser-Brokamp KA, McCormack FX. Diffuse Cystic Lung Disease. Part II. *Am J Respir Crit Care Med*. 1 juill 2015;192(1):17-29.
56. Johannesma PC, van de Beek I, van der Wel JWT, Paul MA, Houweling AC, Jonker MA, et al. Risk of spontaneous pneumothorax due to air travel and diving in patients with Birt-Hogg-Dubé syndrome. *Springerplus*. 2016;5(1):1506.
57. Dufresne PL, Morin J, Druelle A, Roffi R, Lehot H, Blatteau JE. Troubles de conscience et tétraparésies au décours d'une plongée subaquatique de loisir, à propos d'un cas. *Bulletin de Médecine Subaquatique et Hyperbare*. 2020;30(2).
58. Kim SH, Jung YJ, Ko M-S, Lee SW, Lee JS, Oh Y-M. Prevalence of asymptomatic bronchiectasis and associations among the health screening population in South Korea. *ERJ Open Res*. 2 août 2021;7(3):00188-2021.
59. Quint JK, Millett ERC, Joshi M, Navaratnam V, Thomas SL, Hurst JR, et al. Changes in the incidence, prevalence and mortality of bronchiectasis in the UK from 2004-2013: a population based cohort study. *Eur Respir J*. janv 2016;47(1):186-93.

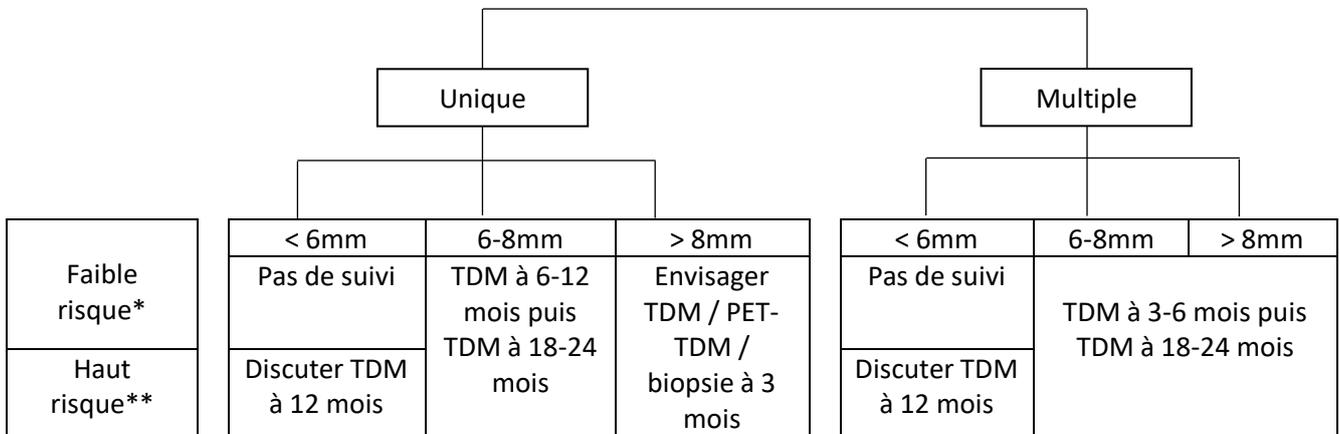
60. Quinn TM, Hill AT. Non-cystic fibrosis bronchiectasis in the elderly: current perspectives. *Clin Interv Aging*. 10 sept 2018;13:1649-56.
61. Kawaguchi et al. - 2013 - Can preoperative imaging studies accurately predic.pdf [Internet]. [cité 19 févr 2021].
62. Regan EA, Lowe KE, Make BJ, Lynch DA, Kinney GL, Budoff MJ, et al. Identifying Smoking-Related Disease on Lung Cancer Screening CT Scans: Increasing the Value. *Chronic Obstr Pulm Dis*. 24 juill 2019;6(3):233-45.
63. Smith BM, Austin JHM, Newell JD, D'Souza BM, Rozenshtein A, Hoffman EA, et al. Pulmonary emphysema subtypes on computed tomography: the MESA COPD study. *Am J Med*. janv 2014;127(1):94.e7-23.
64. Alcaide AB, Sanchez-Salcedo P, Bastarrika G, Campo A, Berto J, Ocon MDM, et al. Clinical Features of Smokers With Radiological Emphysema But Without Airway Limitation. *Chest*. févr 2017;151(2):358-65.
65. Gierada DS, Pilgram TK, Whiting BR, Hong C, Bierhals AJ, Kim JH, et al. Comparison of standard- and low-radiation-dose CT for quantification of emphysema. *AJR Am J Roentgenol*. janv 2007;188(1):42-7.
66. Zaporozhan J, Ley S, Weinheimer O, Eberhardt R, Tsakiris I, Noshi Y, et al. Multi-detector CT of the chest: influence of dose onto quantitative evaluation of severe emphysema: a simulation study. *J Comput Assist Tomogr*. juin 2006;30(3):460-8.
67. Ohno Y, Koyama H, Yoshikawa T, Seki S, Takenaka D, Yui M, et al. Pulmonary high-resolution ultrashort TE MR imaging: Comparison with thin-section standard- and low-dose computed tomography for the assessment of pulmonary parenchyma diseases. *J Magn Reson Imaging*. févr 2016;43(2):512-32.
68. Svahn TM, Sjöberg T, Ast JC. Dose estimation of ultra-low-dose chest CT to different sized adult patients. *Eur Radiol*. 1 août 2019;29(8):4315-23.
69. Messerli M, Ottilinger T, Warschkow R, Leschka S, Alkadhi H, Wildermuth S, et al. Emphysema quantification and lung volumetry in chest X-ray equivalent ultralow dose CT - Intra-individual comparison with standard dose CT. *Eur J Radiol*. juin 2017;91:1-9.
70. Wisselink HJ, Pelgrim GJ, Rook M, Imkamp K, van Ooijen PMA, van den Berge M, et al. Ultra-low-dose CT combined with noise reduction techniques for quantification of emphysema in COPD patients: An intra-individual comparison study with standard-dose CT. *Eur J Radiol*. mai 2021;138:109646.
71. Kim Y, Kim YK, Lee BE, Lee SJ, Ryu YJ, Lee JH, et al. Ultra-Low-Dose CT of the Thorax Using Iterative Reconstruction: Evaluation of Image Quality and Radiation Dose Reduction. *AJR Am J Roentgenol*. juin 2015;204(6):1197-202.
72. Tækker M, Kristjánisdóttir B, Graumann O, Laursen CB, Pietersen PI. Diagnostic accuracy of low-dose and ultra-low-dose CT in detection of chest pathology: a systematic review. *Clin Imaging*. juin 2021;74:139-48.
73. Wang R, Sui X, Schoepf UJ, Song W, Xue H, Jin Z, et al. Ultralow-radiation-dose chest CT: accuracy for lung densitometry and emphysema detection. *AJR Am J Roentgenol*. avr 2015;204(4):743-9.

74. Rampinelli C, De Marco P, Origgi D, Maisonneuve P, Casiraghi M, Veronesi G, et al. Exposure to low dose computed tomography for lung cancer screening and risk of cancer: secondary analysis of trial data and risk-benefit analysis. *BMJ*. 8 févr 2017;356:j347.
75. Mettler FA, Huda W, Yoshizumi TT, Mahesh M. Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine: a catalog. *Radiology*. juill 2008;248(1):254-63.
76. Leitão CA, Salvador GL de O, Tazoniero P, Warszawiak D, Saievicz C, Jakubiak RR, et al. Dosimetry and Comparison between Different CT Protocols (Low Dose, Ultralow Dose, and Conventional CT) for Lung Nodules' Detection in a Phantom. *Radiol Res Pract*. 2021;2021:6667779.
77. Larke FJ, Kruger RL, Cagnon CH, Flynn MJ, McNitt-Gray MM, Wu X, et al. Estimated radiation dose associated with low-dose chest CT of average-size participants in the National Lung Screening Trial. *AJR Am J Roentgenol*. nov 2011;197(5):1165-9.
78. Azadbakht J, Khoramian D, Lajevardi ZS, Elikaii F, Aflatoonian AH, Farhood B, et al. A review on chest CT scanning parameters implemented in COVID-19 patients: bringing low-dose CT protocols into play. *Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 5 janv 2021;52(1):13.
79. Kroft LJM, van der Velden L, Girón IH, Roelofs JJH, de Roos A, Geleijns J. Added Value of Ultra-low-dose Computed Tomography, Dose Equivalent to Chest X-Ray Radiography, for Diagnosing Chest Pathology. *J Thorac Imaging*. mai 2019;34(3):179-86.
80. de broucker V, Edmé J-L, Plantier L, Hulo S. Les valeurs de référence GLI-2012 pour la spirométrie forcée décrivent fidèlement la population européenne et française. *Revue des Maladies Respiratoires*. 1 avr 2019;

# ANNEXE

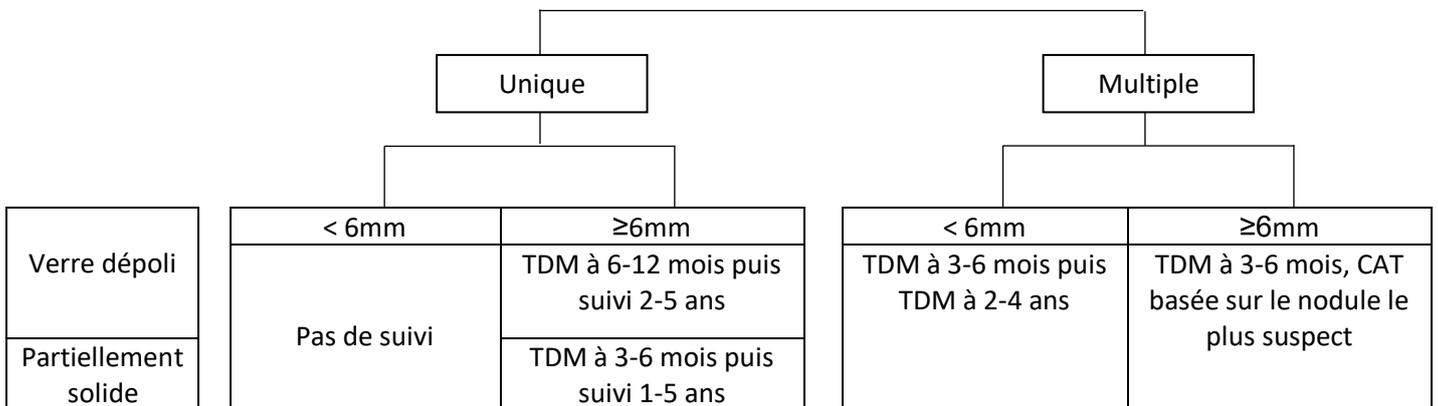
Proposition d'arbre décisionnel concernant la conduite à tenir devant la découverte fortuite d'un nodule pulmonaire, selon les recommandations de la Société de Fleischner de 2017(34)

## Nodule solide



\* Faible risque : âge jeune, tabagisme minime ou non fumeur, nodule de petite taille, contours réguliers, non situé dans un lobe supérieur (tous les critères doivent être présents).  
 \*\* Haut Risque : tous les critères du faible risque non présents et/ou patient âgé, tabagisme important, antécédent de cancer, nodule de grande taille, contours irréguliers ou spiculés, localisation dans un lobe supérieur.

## Nodule en verre dépoli ou à composante solide



## ABSTRACT

### **Chest CT scan for the screening of air anomalies at risk of pulmonary barotrauma for the initial medical fitness of military divers.**

#### **Introduction**

The presence of intra-pulmonary air lesions such as cysts, blebs and emphysema bullae, predisposes to the occurrence of pulmonary barotrauma which can occur during pressure variations, especially during underwater diving activities. These accidents, although rare, can have dramatic consequences. There is little data on the prevalence of these abnormalities in the general population without respiratory pathology. Chest radiography has long been the baseline examination for the detection of respiratory pathologies in occupational medicine. In the context of the medical follow-up of military divers, it was performed at the initial visit and then annually. It has been replaced since October 2018 by the thoracic CT scan, which has become the baseline exam for respiratory pathologies. The objective of this work is to evaluate the prevalence of the various pulmonary abnormalities noted since the realization of the thoracic scanner, and to relate them to the characteristics of this population and the results of pulmonary function tests.

#### **Methods**

330 records of military diving candidates who underwent an initial assessment between October 2018 and March 2021 were analyzed in a single-center retrospective analysis. Subjects who withdrew their application and incomplete records were excluded. The following data were collected: sex, age, BMI, presence of a history of respiratory pathologies, history of active or weaned smoking, use of treatments, presence of allergies, diving practice, whether regular or anecdotal, results of pulmonary function tests, reports of thoracic CT scans, as well as fitness decision.

#### **Results**

This study included 307 military diver candidates, mostly male, with a median age of 25 years. 6,5 % had a history of respiratory disease and 10,5 % were active smokers. 19 % of the subjects had abnormal respiratory function tests, but only 5 % of these subjects were disqualified for this reason. We identified 25 % of divers with CT scan abnormalities (76 subjects for a total of 86 abnormalities found), but only 9 % of these subjects were disqualified as a result of the CT scan. 76 % of the abnormal scans were benign nodules, 26 % of which measured six millimeters or more in long axis. Abnormalities with an aerial component accounted for 13 % of the abnormal scans with six emphysema bullae, three bronchial dilatations and one cystic lesion. In subgroup analyses, no association was found between the presence of nodules and the general characteristics of the population, whereas a statistical association was found on the 6 subjects with emphysema bullae with active smoking or abnormal pulmonary function tests.

#### **Conclusion**

The systematic performance of a thoracic CT scan in a young population free of pulmonary pathology revealed a majority of benign nodules. Abnormalities with an aerial component are much less frequent, but their presence generally leads to a decision of inaptitude in the context of the practice of military diving.

**Key words** : pulmonary barotrauma, air anomaly, bullae, blebs, cyst, nodule, thoracic CT scan, pulmonary function test, diving medicine, occupational medicine.

## SERMENT D'HIPPOCRATE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

