



HAL
open science

Évaluation des effets à long terme de la pratique de la plongée subaquatique sur la fonction rénale : étude rétrospective sur 137 plongeurs militaires de 1999 à 2019

Anaïs Migliore

► To cite this version:

Anaïs Migliore. Évaluation des effets à long terme de la pratique de la plongée subaquatique sur la fonction rénale : étude rétrospective sur 137 plongeurs militaires de 1999 à 2019. Sciences du Vivant [q-bio]. 2019. dumas-02518533

HAL Id: dumas-02518533

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02518533>

Submitted on 25 Mar 2020

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

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



**Faculté des sciences
médicales et paramédicales**

Aix-Marseille Université

**Evaluation des effets à long terme de la pratique de la plongée
subaquatique sur la fonction rénale :
étude rétrospective sur 137 plongeurs militaires de 1999 à 2019**

T H È S E A R T I C L E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES

DE MARSEILLE

Le 13 Décembre 2019

Par Madame Anaïs MIGLIORE

Née le 17 mars 1989 à Bagnols-Sur-Ceze (30)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE

Membres du Jury de la Thèse :

| | |
|--|------------------|
| Monsieur le Professeur BURTEY Stéphane | Président |
| Monsieur le Professeur GUIEU Régis | Assesseur |
| Monsieur le Professeur MICHELET Pierre | Assesseur |
| Monsieur le Docteur POUSSARD Jérôme | Assesseur |
| Monsieur le Professeur du Val-de-Grâce BLATTEAU Jean-Eric | Assesseur |



**Faculté des sciences
médicales et paramédicales**

Aix-Marseille Université

**Evaluation des effets à long terme de la pratique de la plongée
subaquatique sur la fonction rénale :
étude rétrospective sur 137 plongeurs militaires de 1999 à 2019**

T H È S E A R T I C L E

Présentée et publiquement soutenue devant

LA FACULTÉ DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES

DE MARSEILLE

Le 13 Décembre 2019

Par Madame Anaïs MIGLIORE

Née le 17 mars 1989 à Bagnols-Sur-Ceze (30)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine

D.E.S. de MÉDECINE GÉNÉRALE

Membres du Jury de la Thèse :

| | |
|--|------------------|
| Monsieur le Professeur BURTEY Stéphane | Président |
| Monsieur le Professeur GUIEU Régis | Assesseur |
| Monsieur le Professeur MICHELET Pierre | Assesseur |
| Monsieur le Docteur POUSSARD Jérôme | Assesseur |
| Monsieur le Professeur du Val-de-Grâce BLATTEAU Jean-Eric | Assesseur |

AIX-MARSEILLE UNIVERSITE

Président : Yvon BERLAND

FACULTE DES SCIENCES MEDICALES ET PARAMEDICALES

Doyen Georges LEONETTI

Vice-doyen aux Affaires Générales et aux Sciences Médicales : Patrick DESSI
Vice-doyen aux Sciences Paramédicales : Philippe BERBIS

Direction d'école :

- **Ecole de Médecine** : Jean-Michel VITON
- **Ecoles de Maïeutique** : Carole ZAKARIAN
- **Ecoles des Sciences de la Réadaptation** : Philippe SAUVAGEON
- **Ecoles des Sciences Infirmières** : Sébastien COLSON

Asseseurs :

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

Chargés de mission :

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

Chef des services généraux : Déborah ROCCHICCIOLI

Chefs de service :

- Communication : Laetitia DELOUIS
- Examens : Caroline MOUTTET
- Intérieur : Joëlle FAVREGA
- Maintenance : Philippe KOCK
- Scolarité : Christine GAUTHIER

DOYENS HONORAIRES

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

PROFESSEURS HONORAIRES

| | | | |
|----|------------------------|----|---------------------------|
| MM | AGOSTINI Serge | MM | FAVRE Roger |
| | ALDIGHIERI René | | FIECHI Marius |
| | ALESSANDRINI Pierre | | FARNARIER Georges |
| | ALLIEZ Bernard | | FIGARELLA Jacques |
| | AQUARON Robert | | FONTES Michel |
| | ARGEME Maxime | | FRANCOIS Georges |
| | ASSADOURIAN Robert | | FUENTES Pierre |
| | AUFFRAY Jean-Pierre | | GABRIEL Bernard |
| | AUTILLO-TOUATI Amapola | | GALINIER Louis |
| | AZORIN Jean-Michel | | GALLAIS Hervé |
| | BAILLE Yves | | GAMERRE Marc |
| | BARDOT Jacques | | GARCIN Michel |
| | BARDOT André | | GARNIER Jean-Marc |
| | BERARD Pierre | | GAUTHIER André |
| | BERGOIN Maurice | | GERARD Raymond |
| | BERNARD Dominique | | GEROLAMI-SANTANDREA André |
| | BERNARD Jean-Louis | | GIUDICELLI Roger |
| | BERNARD Pierre-Marie | | GIUDICELLI Sébastien |
| | BERTRAND Edmond | | GOUDARD Alain |
| | BISSET Jean-Pierre | | GOUIN François |
| | BLANC Bernard | | GRILLO Jean-Marie |
| | BLANC Jean-Louis | | GRISOLI François |
| | BOLLINI Gérard | | GROULIER Pierre |
| | BONGRAND Pierre | | HADIDA/SAYAG Jacqueline |
| | BONNEAU Henri | | HASSOUN Jacques |
| | BONNOIT Jean | | HEIM Marc |
| | BORY Michel | | HOUEL Jean |
| | BOTTA Alain | | HUGUET Jean-François |
| | BOURGEADE Augustin | | JAQUET Philippe |
| | BOUVENOT Gilles | | JAMMES Yves |
| | BOUYALA Jean-Marie | | JOUVE Paulette |
| | BREMOND Georges | | JUHAN Claude |
| | BRICOT René | | JUIN Pierre |
| | BRUNET Christian | | KAPHAN Gérard |
| | BUREAU Henri | | KASBARIAN Michel |
| | CAMBOULIVES Jean | | KLEISBAUER Jean-Pierre |
| | CANNONI Maurice | | LACHARD Jean |
| | CARTOUZOU Guy | | LAFFARGUE Pierre |
| | CAU Pierre | | LAUGIER René |
| | CHABOT Jean-Michel | | LE TREUT Yves |
| | CHAMLIAN Albert | | LEVY Samuel |
| | CHARREL Michel | | LOUCHET Edmond |
| | CHAUVEL Patrick | | LOUIS René |
| | CHOUX Maurice | | LUCIANI Jean-Marie |
| | CIANFARANI François | | MAGALON Guy |
| | CLEMENT Robert | | MAGNAN Jacques |
| | COMBALBERT André | | MALLAN- MANCINI Josette |
| | CONTE-DEVOLX Bernard | | MALMEJAC Claude |
| | CORRIOL Jacques | | MARANINCHI Dominique |
| | COULANGE Christian | | MARTIN Claude |
| | DALMAS Henri | | MATTEI Jean François |
| | DE MICO Philippe | | MERCIER Claude |
| | DESSEIN Alain | | METGE Paul |
| | DELARQUE Alain | | MICHOTEY Georges |
| | DEVIN Robert | | MILLET Yves |
| | DEVRED Philippe | | MIRANDA François |
| | DJIANE Pierre | | MONFORT Gérard |
| | DONNET Vincent | | MONGES André |
| | DUCASSOU Jacques | | MONGIN Maurice |
| | DUFOUR Michel | | MONTIES Jean-Raoul |
| | DUMON Henri | | NAZARIAN Serge |
| | ENJALBERT Alain | | NICOLI René |

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

PROFESSEURS HONORIS CAUSA

1967

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

1974

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

1975

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

1976

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

1977

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

1978

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

1980

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

1981

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

1982

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

1985

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

1986

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

1987

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

1988

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

1989

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

1990

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

1991

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

1992

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

1994

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

1995

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

1997

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

1998

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

1999

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

2000

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

2001

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

2002

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

2003

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

2004

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

2005

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

2006

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

2007

M. le Professeur S. KAUFMANN (Allemagne)

PROFESSEURS EMERITE

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 | RUF0 Marcel | 31/08/2016 |
| M. le Professeur | SEBAHOUN Gérard | 31/08/2016 |

2014

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

2015

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

2016

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

2017

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

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 |

PROFESSEURS DES UNIVERSITES-PRATICIENS HOSPITALIERS

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

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

PROFESSEUR DES UNIVERSITES

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

PROFESSEUR CERTIFIE

BRANDENBURGER Chantal

PRAG

TANTI-HARDOUIN Nicolas

PROFESSEUR ASSOCIE DE MEDECINE GENERALE A MI-TEMPS

ADNOT Sébastien
 FILIPPI Simon

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES - PRATICIEN HOSPITALIER

| | | |
|---|--------------------------------------|-------------------------|
| ACHARD Vincent (<i>disponibilité</i>) | EBBO Mikaël | NGUYEN PHONG Karine |
| AHERFI Sarah | FABRE Alexandre | NINOVE Laetitia |
| ANGELAKIS Emmanouil (<i>dispo oct 2018</i>) | FAURE Alice | NOUGAIREDE Antoine |
| ATLAN Catherine (<i>disponibilité</i>) | FOLETTI Jean- Marc | OLLIVIER Matthieu |
| BARTHELEMY Pierre | FOUILLOUX Virginie | OVAERT Caroline |
| BEGE Thierry | FROMNOT Julien | PAULMYER/LACROIX Odile |
| BELIARD Sophie | GASTALDI Marguerite | PESENTI Sébastien |
| BERBIS Julie | GELSI/BOYER Véronique | RESSEGUIER Noémie |
| BERGE-LEFRANC Jean-Louis | GIUSIANO Bernard | REY Marc |
| BERTRAND Baptiste | GIUSIANO COURCAMBECK Sophie | ROBERT Philippe |
| BEYER-BERJOT Laura | GONZALEZ Jean-Michel | SABATIER Renaud |
| BIRNBAUM David | GOURIET Frédérique | SARI-MINODIER Irène |
| BONINI Francesca | GRAILLON Thomas | SAVEANU Alexandru |
| BOUCRAUT Joseph | GRISOLI Dominique | SECQ Véronique |
| BOULAMERY Audrey | GUERIN Carole | SUCHON Pierre |
| BOULLU/CIOCCA Sandrine | GUENOUN MEYSSIGNAC Daphné | TABOURET Emeline |
| BUFFAT Christophe | GUIDON Catherine | TOGA Caroline |
| CAMILLERI Serge | HAUTIER/KRAHN Aurélie | TOGA Isabelle |
| CARRON Romain | HRAIECH Sami | TOMASINI Pascale |
| CASSAGNE Carole | KASPI-PEZZOLI Elise | TOSELLO Barthélémy |
| CHAUDET Hervé | L'OLLIVIER Coralie | TROUSSE Delphine |
| CHRETIEN Anne-Sophie | LABIT-BOUVIER Corinne | TUCHTAN-TORRENTS Lucile |
| COZE Carole | LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina | VELY Frédéric |
| CUNY Thomas | LAGIER Aude (<i>disponibilité</i>) | VION-DURY Jean |
| DADOUN Frédéric (<i>disponibilité</i>) | LAGOUANELLE/SIMEONI Marie-Claude | ZATTARA/CANNONI Hélène |
| DALES Jean-Philippe | LEVY/MOZZICONACCI Annie | |
| DAUMAS Aurélie | LOOSVELD Marie | |
| DEGEORGES/VITTE Joëlle | MANCINI Julien | |
| DELLIAUX Stéphane | MARY Charles | |
| DESPLAT/JEGO Sophie | MASCAUX Céline | |
| DEVILLIER Raynier | MAUES DE PAULA André | |
| DUBOURG Grégory | MILLION Matthieu | |
| DUFOUR Jean-Charles | MOTTOLA GHIGO Giovanna | |

MAITRES DE CONFERENCES DES UNIVERSITES

(mono-appartenants)

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

MAITRE DE CONFERENCES DES UNIVERSITES DE MEDECINE GENERALE

CASANOVA Ludovic
GENTILE Gaëtan

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES DE MEDECINE GENERALE à MI-TEMPS

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

MAITRE DE CONFERENCES ASSOCIE à MI-TEMPS

MATHIEU Marion
REVIS Joana

ANATOMIE 4201

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

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

THOLLON Lionel (MCF) (60ème section)

ANATOMIE ET CYTOLOGIE PATHOLOGIQUES 4203

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

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

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

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

GUIDON Catherine (MCU-PH)

ANGLAIS 11

BRANDENBURGER Chantal (PRCE)

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

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

BIOPHYSIQUE ET MEDECINE NUCLEAIRE 4301

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

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

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

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

**BIostatistiques, Informatique Médicale
ET TECHNOLOGIES DE COMMUNICATION 4604**

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

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

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

ANTHROPOLOGIE 20

ADALIAN Pascal (PR)

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

BACTERIOLOGIE-VIROLOGIE ; HYGIENE HOSPITALIERE 4501

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

AHERFI Sarah (MCU-PH)
ANGELAKIS Emmanouil (MCU-PH) disponibilité octobre 2018
DUBOURG Grégory (MCU-PH)
GOURIET Frédérique (MCU-PH)
NOUGAIREDE Antoine (MCU-PH)
NINOVE Laetitia (MCU-PH)

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

BIOCHIMIE ET BIOLOGIE MOLECULAIRE 4401

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

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

BIOLOGIE CELLULAIRE 4403

ROLL Patrice (PU-PH)

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

CARDIOLOGIE 5102

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

CHIRURGIE DIGESTIVE 5202

BERDAH Stéphane (PU-PH)
HARDWIGSEN Jean (PU-PH)
SIELEZNEFF Igor (PU-PH)

BEYER-BERJOT Laura (MCU-PH)

CHIRURGIE GENERALE 5302

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

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

CHIRURGIE ORTHOPEDIQUE ET TRAUMATOLOGIQUE 5002

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

OLLIVIER Matthieu (MCU-PH)

CANCEROLOGIE ; RADIOTHERAPIE 4702

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

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

CHIRURGIE THORACIQUE ET CARDIOVASCULAIRE 5103

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

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

CHIRURGIE VASCULAIRE ; MEDECINE VASCULAIRE 5104

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

HISTOLOGIE, EMBRYOLOGIE ET CYTOGENETIQUE 4202

LEPIDI Hubert (PU-PH)

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

DERMATOLOGIE - VENEREOLOGIE 5003

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

DUSI

COLSON Sébastien (MCF)

ENDOCRINOLOGIE ,DIABETE ET MALADIES METABOLIQUES ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5404

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

EPIDEMIOLOGIE, ECONOMIE DE LA SANTE ET PREVENTION 4601

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

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

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

CHIRURGIE INFANTILE 5402

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

CHIRURGIE MAXILLO-FACIALE ET STOMATOLOGIE 5503

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

FOLETTI Jean-Marc (MCU-PH)

CHIRURGIE PLASTIQUE, RECONSTRUCTRICE ET ESTHETIQUE ; BRÛOLOGIE 5004

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

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

GASTROENTEROLOGIE ; HEPATOLOGIE ; ADDICTOLOGIE 5201

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

GONZALEZ Jean-Michel (MCU-PH)

GENETIQUE 4704

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

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

GYNECOLOGIE-OBSTETRIQUE ; GYNECOLOGIE MEDICALE 5403

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

IMMUNOLOGIE 4703

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

FERON François (PR) (69ème section)

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

BOUCAULT/GARROUSTE Françoise (MCF) 65ème section)

MALADIES INFECTIEUSES ; MALADIES TROPICALES 4503

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

MILLION Matthieu (MCU-PH)

MEDECINE D'URGENCE 4805

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

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

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

EBBO Mikael (MCU-PH)

GENTILE Gaëtan (MCF Méd. Gén. Temps plein)

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

BARGIER Jacques (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)
 BONNET Pierre-André (MCF associé Méd. Gén à mi-temps)
 CALVET-MONTREDON Céline (MCF associé Méd. Gén. à temps plein)
 GUIDA Pierre (MCF associé Méd. Gén. à mi-temps)
 JANCZEWSKI Aurélie (MCF associé Méd. Gén. À mi-temps)

NUTRITION 4404

DARMON Patrice (PU-PH)
 RACCAH Denis (PU-PH)
 VALERO René (PU-PH)

ATLAN Catherine (MCU-PH) disponibilité
 BELIARD Sophie (MCU-PH)

MARANINCHI Marie (MCF) (66ème section)

ONCOLOGIE 65 (BIOLOGIE CELLULAIRE)

CHABANNON Christian (PR) (66ème section)
 SOBOL Hagay (PR) (65ème section)

IMMUNOLOGIE ; 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)
 LAFAGE/POCHITALOFF-HUVALE Marina (MCU-PH)
 LOOSVELD Marie (MCU-PH)
 SUCHON Pierre (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)

TUCHTAN-TORRENTS Lucile (MCU-PH)

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

MEDECINE PHYSIQUE ET DE READAPTATION 4905

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

MEDECINE ET SANTE AU TRAVAIL 4602

LEHUCHER/MICHEL Marie-Pascale (PU-PH)

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

NEPHROLOGIE 5203

BERLAND Yvon (PU-PH) Surnombre
 BRUNET Philippe (PU-PH)
 BURTEY Stéphanne (PU-PH)
 DUSSOL Bertrand (PU-PH)
 JOURDE CHICHE Noémie (PU PH)
 MOAL Valérie (PU-PH)

NEUROCHIRURGIE 4902

DUFOUR Henry (PU-PH)
 FUENTES Stéphane (PU-PH)
 REGIS Jean (PU-PH)
 ROCHE Pierre-Hugues (PU-PH)
 SCAVARDA Didier (PU-PH)

CARRON Romain (MCU PH)
 GRAILLON Thomas (MCU PH)

NEUROLOGIE 4901

ATTARIAN Sharham (PU PH)
 AUDOIN Bertrand (PU-PH)
 AZULAY Jean-Philippe (PU-PH)
 CECCALDI Mathieu (PU-PH)
 EUSEBIO Alexandre (PU-PH)
 FELICIAN Olivier (PU-PH)
 PELLETIER Jean (PU-PH)

OPHTALMOLOGIE 5502

DENIS Danièle (PU-PH)
 HOFFART Louis (PU-PH) *Disponibilité*
 MATONTI Frédéric (PU-PH) *Disponibilité*

PEDEPSYCHIATRIE; ADDICTOLOGIE 4904

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

OTO-RHINO-LARYNGOLOGIE 5501

DESSI Patrick (PU-PH)
 FAKHRY Nicolas (PU-PH)
 GIOVANNI Antoine (PU-PH)
 LAVIEILLE Jean-Pierre (PU-PH)
 MICHEL Justin (PU-PH)
 NICOLLAS Richard (PU-PH)
 TRIGLIA Jean-Michel (PU-PH)
 DEVEZE Arnaud (MCU-PH) *Disponibilité*
 REVIS Joana (MAST) (Orthophonie) (7ème Section)

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

BLIN Olivier (PU-PH)
 FAUGERE Gérard (PU-PH) *Surnombre*
 MICALLEF/ROLL Joëlle (PU-PH)
 SIMON Nicolas (PU-PH)
 BOULAMERY Audrey (MCU-PH)

PARASITOLOGIE ET MYCOLOGIE 4502

RANQUE Stéphane (PU-PH)

PHILOSOPHIE 17

LE COZ Pierre (PR) (17ème section)

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

MATHIEU Marion (MAST)

PEDIATRIE 5401

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

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)

COZE Carole (MCU-PH)
 FABRE Alexandre (MCU-PH)
 OVAERT Caroline (MCU-PH)
 TOSELLO Barthélémy (MCU-PH)

BARTHELEMY Pierre (MCU-PH)
 BONINI Francesca (MCU-PH)
 BOULLU/CIOCCA Sandrine (MCU-PH)
 DADOUN Frédéric (MCU-PH) (*disponibilité*)
 DELLIAUX Stéphane (MCU-PH)
 REY Marc (MCU-PH)

PSYCHIATRIE D'ADULTES ; ADDICTOLOGIE 4903

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

RUEL Jérôme (MCF) (69ème section)
 THIRION Sylvie (MCF) (66ème section)

PSYCHOLOGIE - PSYCHOLOGIE CLINIQUE, PCYCHOLOGIE SOCIALE 16

AGHABABIAN Valérie (PR)

PNEUMOLOGIE; ADDICTOLOGIE 5101**RADIOLOGIE ET IMAGERIE MEDICALE 4302**

BARTOLI Jean-Michel (PU-PH)
 CHAGNAUD Christophe (PU-PH)
 CHAUMOITRE Kathia (PU-PH)
 GIRARD Nadine (PU-PH)
 GORINCOUR Guillaume (PU-PH)
 JACQUIER Alexis (PU-PH)
 MOULIN Guy (PU-PH)
 PANUEL Michel (PU-PH)
 PETIT Philippe (PU-PH)
 VAROQUAUX Arthur Damien (PU-PH)
 VIDAL Vincent (PU-PH)

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

MASCAUX Céline (MCU-PH)
 TOMASINI Pascale (MCU-PH)

REANIMATION MEDICALE ; MEDECINE URGENCE 4802

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

THERAPEUTIQUE; MEDECINE D'URGENCE; ADDICTOLOGIE 4804

AMBROSI Pierre (PU-PH)
 VILLANI Patrick (PU-PH)

HRAIECH Sami (MCU-PH)

DAUMAS Aurélie (MCU-PH)

RHUMATOLOGIE 5001

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

UROLOGIE 5204

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

REMERCIEMENTS

Au Président de Jury de Thèse,

Monsieur le **Professeur Stéphane BURTEY**,

Je vous suis très reconnaissante de l'honneur que vous me faites en acceptant de présider le jury de cette thèse et d'avoir répondu présent sans tergiversation. Je vous prie d'accepter l'assurance de mon profond respect, pour votre travail mais également pour l'homme que vous êtes, avec qui j'ai eu la chance de travailler et que je lis régulièrement.

Aux membres du Jury de Thèse,

Monsieur le **Professeur Pierre MICHELET**,

Je vous remercie d'avoir accepté de prendre le temps de juger ce travail et de siéger dans ce jury. Votre présence parmi les membres est un honneur.

Monsieur le **Professeur Régis GUIEU**,

Je vous remercie de me faire l'honneur de siéger dans ce jury. Soyez assuré de mon profond respect et de ma considération pour votre travail.

Monsieur le **Docteur Jérôme POUSSARD**,

Merci d'avoir été présent à deux moments clés de mon parcours étudiant :
en tant que médecin urgentiste durant mon externat
puis en tant que médecin hyperbare durant mon internat.
Je te remercie de me faire l'honneur de siéger dans mon jury de thèse ce soir.

A mon directeur de thèse,

Monsieur le **Professeur Jean-Eric BLATTEAU**,

Vous m'avez fait l'honneur de m'accorder votre confiance et votre soutien dans l'élaboration de ce travail. Merci de m'avoir ainsi accueillie au sein du service d'expertise plongée que vous dirigez ; je vous suis reconnaissante du temps consacré et de votre bienveillance à mon égard. Je vous remercie pour votre aide précieuse et votre accessibilité tout au long de cette étude. Merci d'avoir accepté d'être présent ce soir.

REMERCIEMENTS

A vous, **patients**, qui avez croisé ma route et m'avez permis, au cours de ce chemin de 10 années, de comprendre, d'apprendre et de grandir chaque jour un peu plus. Les débuts de ce métier si particulier m'ont transformée et je vous remercie ; nos échanges sont bien souvent de vrais cadeaux.

J'ai une pensée particulière pour Mme AMAR D., Mme LE GOFF C., François M., Axelle, Camille..., et pour tous ceux qui m'ont confié un morceau de leur vie dans une confiance bienveillante.

Aux **maîtres** dont j'ai partagé quelques temps de pratique qui restent marques indélébiles de mon apprentissage :

- A **Marseille**, au Dr LEVEQUE M. pour son accessibilité et ce cadeau de m'avoir laissé assister de si près à ma toute première chirurgie ; au Pr Harlé JR. qui m'a transmis le goût de l'observation ; au Pr Burtey S. pour son encouragement à toujours réinterroger et questionner pour mieux comprendre, merci d'avoir accepté la présidence de ce jury ; au Dr Legris T. pour son enseignement de la rigueur et de l'application ; au Dr Poussard J. pour son dynamisme et sa polyvalence si inspirante ; au Pr BRUNET C. MERCI ; au Dr Christine V. pour cette première expérience de médecine de ville alors que je n'étais qu'externe ; au Dr SAEZ qui m'a montré la générosité et l'universalité de la médecine générale.

- A **Salon-de-Provence**, au Dr MOFREDJ A. pour son accueil chaleureux et sa bienveillance, ce fût 6 mois que je n'oublierai jamais ; au Dr ALAYA S. qui m'a prise sous son aile pour m'enseigner avec passion des heures durant ; au Dr TASSAIOUST K. pour sa gentillesse ; au Dr COQUET B.

- A **Toulon**, au Dr BELAHBIB L. et au Dr FRAILE-CAIETTA E., pour tout ce que vous m'avez appris de l'art du soin de l'enfant.

- **Ici**, au Dr Guery M., merci pour vos précieux enseignements de Vie...

Aux **équipes soignantes paramédicales** qui m'ont adoptée quelques mois chaque fois. Merci de m'avoir tant appris ; car restent dans ma mémoire ces premières semaines durant lesquelles vous avez été les phares de l'obscurité d'un nouveau stage.

Je pense notamment à Nicole et aux autres IDE de l'HDJ de néphro (à Odile et Nicole les secrétaires aussi) ; à l'équipe formidable de Réa de Salon (Magalie, Patricia et Francine) et à Giuseppe S. (vraiment un grand merci pour ces 6 mois !) ; à l'équipe de nuit des urgences pédiatriques Toulonnaises de l'hiver 2015-2016 (Sylvie et Isabelle notamment) ; et à l'équipe formidable du caisson hyperbare de Marseille (Alain, Christophe P., Roland, Nathalie, les 2 Fred & Melissa, Alice).

A l'**équipe du SMHEP de Toulon**, merci d'avoir été si accueillants : Dr LEHOT H., Dr DROUELLE A., Dr MORIN J. et Mr BLANDIN S..

Pr BLATTEAU JE. , Merci d'avoir accepté de diriger ce travail et de me guider ainsi tout au long. Dr EMILE L. Merci pour votre aide.

Dr CASTAGNA O. et Mr VALLEE N., merci infiniment pour le temps que vous m'avez consacré et pour ces échanges enthousiasmants autour de mon sujet de thèse. Pr REGNARD J. Merci pour votre avis précieux, soyez assuré de ma profonde considération.

A mes **compagnons de P1** qui, dans cette course folle, sont devenus et restent de vrais amis. Ce que nous avons partagé nous lie à jamais je crois. Je pense à Lisa B., Michou M., Vincent P.. Mais aussi à Charline T., Sophie M., Zoé S., Vincent B., Raïssa ; et à Julie M. sans qui je n'aurais jamais été au bout (30 rue du Portail).

A mes **co-externes**, compagnons d'amphi, de BU, de RU et finalement de CHU, vous avez été ma famille de ces 6 ans. Je suis heureuse que ce parcours m'ait permis de vous connaître.

A Ludovic L. pour ces hilares moments de médecine interne et ces révisions dissipées.

A Nathanaël G. pour ces fous rires gastro-entérologiques, quand nous poussions le lourd chariot de la grande visite hebdomadaire Timonienne, c'est toujours un plaisir de retrouver ton vif esprit!

A Charlène M., pour ta douceur et ta bienveillance. Les patients sont chanceux !

A Harrison H. grand séducteur des bancs, tu portes fièrement l'habit stérile maintenant. Que de bons souvenirs de ces repas tous ensemble, entassés dans mon petit 38m² !

A Jonathan K., partenaire d'escapades hédonistes, je suis impatiente de te rendre visite à Paris pour découvrir ton nouvel univers.

A Béa M., Aline M. et Camille E., pour ces bons moments avec vous ! En tête, cette virée dans le 64 !

Mais aussi, à Elise B., Sarah L., Charlotte D'A., Jean-Charles E., Johanna B., Sophie G., Sarah C., Jessica P., Karen G., Céline J., Chloé M., Marnie B. et Caroline N.

A mes **co-internes**, c'est ensemble que l'on a appris à devenir (presque) grands. Je remercie l'ECN de permettre ce brassage national père de ces belles rencontres.

A Clémence L., j'ai eu beaucoup de chance que tu sois ma première co-interne !

A Charlotte S. pour ces 6 mois de folie à Salon, ces fous-rires de « SAV Urgences → Réa », ce week-end de médicalisation du championnat de France d'enduro. Je pense à Raphaël finalement un peu né de cette rencontre hospitalière.

A Lauren S., la pédiatrie m'a permis de rencontrer tes 220 Volts et ton grand cœur ! Merci pour toutes les escapades sportives en pleine nature qui ont suivi. Hâte de glisser à tes côtés sur l'or blanc de ton nouveau département d'adoption.

A Marion D., merci pour ces déjeuners remonte-moral quand l'internat se faisait dur !

A Julien R., pour ta gentillesse qui fait tant de bien et ta combattivité sur laquelle je prends toujours exemple.

A Jacques-Philippe E., ton accent insulaire me transporte à chacun de nos échanges. Merci de m'avoir tenu la main quelques temps sans jamais la lâcher, merci pour la justesse immuable de tes mots et analyses.

A Mickaël B. Merci pour ton enthousiasme et ton aide dans les recherches bibliographiques de cette étude !

Mais aussi à Christophe B., Charlotte C., Zoé L. et Vincent B.V. (je n'oublierai jamais ces 6 mois de colloc' « intercontinentale » !), Chloé W., Aurélie S., Emma A., Fanny M., Adib, Carole M., Gheslan B., Carine C., Véronique P., Morgan A., Mehdi B., Marie L., Amaëlle M., Cécile D. et Lou S..

A ceux rencontrés au travers de ce début d'activité professionnelle, pour vos conseils et le partage de votre expérience : Michel B. (merci pour ta bienveillance), Olivier F. (merci de m'avoir tout appris des méandres de la CCAM et de la NGAP, merci pour ta patience ! et à ta femme Nhu), Olivier A. (merci de m'avoir toujours gardé une place sur le planning), Fabrice G., Victoria O., Nicolas et Carole ! Mathieu L. et Floriane ! Thomas L. ;

Stéphane et Christine D. Hauts Alpains au cœur si généreux (Stéphane tu m'as tellement appris de la traumatologie de médecine de montagne ! MERCI), à Marc & Johanne, Charlène S. et Laura R. ça a été un plaisir de passer cette saison Risoulaine riche d'expériences avec vous. Merci aussi à Bilel, Gildas, Marianne H., Benjamin M., Estelle (la fée de Chorus Pro !), Bridget, Damien & Pierre les 2 oiseaux hyperbaristes, Harold S., et Julien U.

A ma **Moumou**, tu fais autant partie de ma famille CHU que de celle de mon cœur. La BU m'a fait ce magnifique cadeau que de faire ta connaissance (Merci Harri !). Je suis heureuse de te savoir urgentiste insulaire ces mois-ci. Tu me manques ce soir ! Mais où que tu sois je te sens près de moi... Merci mille fois pour ton soutien sans faille, ta main et ton écoute dans lesquelles je sais toujours trouver le réconfort dont j'ai besoin.

A tous ceux qui ne portent pas la blouse blanche mais portent mon cœur haut :

A Caro, merci de m'avoir donné tant de confiance et d'affection, merci de m'avoir montré le chemin... Te connaître est source d'inspiration ! Hâte de rencontrer votre ange !

A Mary-Neige, merci pour tes encouragements et ton accompagnement toujours bienveillant ces dernières années. Cet animal magnifique nous lie !

A Alain G., ton œil a assisté à mon envol. Merci d'avoir ouvert la cage ! A Adeline aussi, pour ta générosité et ton écoute ; les patients ont de la chance !

A Jérôme, mon partenaire de jeux de mots, de poèmes et de rimes, merci de m'éblouir sur les planches chaque fois !

A Vincent le raton laveur, merci pour ton enseignement de Google Forms et pour ton aide dans les différents travaux de ma vie, j'espère encore des réunions de chantier en ta compagnie !

A Antho, cher ami, le plus marseillais des parisiens ! Merci pour ton amitié et d'avoir su m'ouvrir à la (ta) culture ! Une pensée à Gayané, ta douce.

A Franca, merci pour mon éveil, nous sommes au début du chemin à parcourir ensemble.

A Matthieu Merveille, mon suisse préféré, ma référence de l'indignation ! Merci pour ta bienveillance et tes encouragements à découvrir le monde sous-marin.

Mais aussi, à Sylvain K., Maxime B., Bénédicte I., Marie G. et Saidat V., Thierry D., Marine H. et Maud M., Myriam L., Albéric D., Quentin D., Clémence M., Walid C., Gauthier P., Marc A., Clément G., Benoît P., Marie K., Salomé N., Cédric C., Frédéric G., Eric V., Faïza F., Malvina A., Marc S., Federico E., Jessica A., Tony J., Mathias A., Maud C., Ramdane A., Magalie M., Romain C., Jonathan et Laura T., Marie S, Tiago, Méline, Bashar Y., Martin B., Adeline M., Charlotte G., Amandine et Charlotte C. de là où tu es...

Merci à vous, mes **amis plus « grands »** : A Amale, merci pour votre accueil durant toutes ces années, je n'oublierai jamais votre hospitalité ! A Raymond F., Josiane, Guy T., Evelyne D., Paul, Sylvie A.. Merci aussi à Nico & Paulette, Christophe F., Elisabeth & Gino, merci d'avoir guidé mes premiers pas de vie. Merci à Lionel pour tes monitorats subaquatiques, merci d'avoir guidé mes premiers pas dans ce monde magique !

A **Olivier et Roseline**, merci de m'avoir offert les heures d'évasion musicales de mes études; vos archets sont mes modèles.

A toi **Janine**, que le sang n'a pas besoin de faire grand-mère pour que tu le sois ; tu m'as beaucoup transmis de ton expérience.

Merci **Ben**, pour tes compliments et encouragements qui n'ont jamais été ombrés de doutes. Merci pour tes coups de pouce et tes coups de téléphone. Le sang n'a pas besoin de te faire oncle pour que tu le sois.

A **Bernard**, grand chenapan, tu as été la première blouse blanche que j'ai vu soigner avec amour. Une main de velours... parfois dans un gant de fer lorsque nécessaire... tu m'inspires dans mes rapports avec les patients. Tu as ta place ce soir.

Ju, ma *gousse*, ma sœur, merci pour ces échanges fraternels inégalables, pour cette complicité de petits riens qui sont pour moi de grands tous, et sans qui la vie serait bien fade ! Merci de partager coups de gueule et ras le bol de cette vie d'adulte, merci de continuer à jouer avec moi au rêve d'une autre vie.

Maman, merci pour ta confiance sans faille, ta patience légendaire, ton optimisme indétrônable et ton oreille attentive toujours disponible. Depuis ces textes de Sciences-Hu que tu connaissais aussi bien que moi en 2009, tu as suivi chacun de mes pas dans ce parcours médical. Merci du fond du cœur de m'avoir transmis ton empathie, mère de toute relation humaine.

Papa, merci d'y avoir cru dès 2007, merci pour tes efforts de bâtisseur cette année là. Merci de m'avoir enseigné ambition et labeur. Ton éducation rugueuse foule ses fruits aujourd'hui... Tu es un exemple que TOUT est possible à qui le veut vraiment. Merci pour ton accompagnement dans la vie.

A **Solange**, merci d'être ce papillon de vie dont les couleurs n'ont de cesse de me réjouir à chacune de nos entrevues ! Merci aussi pour toutes tes soupes réconfort !

A **Victor**, merci de rattraper mes bêtises de conductrice, merci à ton cœur italien de nous réunir autour de repas généreux, merci d'insuffler à la famille ce vent fédérateur ! Merci de veiller sur nous comme ça...

A **Steph et Nath**, mes tatas de rêve ! Ce soir je vous rappelle les temps de mes 4 ans : 26 ans plus tard je me déguise encore ! Vous êtes pour moi de véritables ports d'attache. Merci d'être là.

A Mamie **Simone**, que j'ai laissée s'envoler mais qui est toujours un peu là avec moi... J'ai une pensée particulière pour toi ce soir ; tu as ta place. Merci Papy **André** d'être parmi nous et de la représenter.

A **Flo**, tu poursuis la lignée de la blouse immaculée avec amour et humour. Les patients ont de la chance ! Prochaine thèse... c'est la tienne cousin !

A **Michaël**, première blouse blanche de la famille, merci d'avoir contribué par ton mystère à l'intérêt que j'ai porté à ce métier.

A **Jacqueline**, merci pour votre accueil et l'inspiration que font naître en moi les récits de vos aventures courageuses.

Mais aussi, à Valentin C., Louis-Philippe L., Gabriel L., Valentin L., Pauline L., Martine M., Chiara M., Jade M., Mathieu G., Franck D. (sujet de thèse spécialement pour toi représentant familial officiel de la plongée !), Denise R., William R., Laura R., Alexia R., Joëlle M., Audrey M. et Guy R.

Jonathan, merci pour ton soutien, tes encouragements dans ce travail et ta relecture critique attentive. Merci pour ta bonne humeur, tes bons pti' plats, et ton vin divin. Merci pour les mélodies de vie que nous improvisons chaque jour ! La vie à tes côtés est tellement inspirante ! Merci d'être là, pour ce premier pas du reste de ma vie...

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| I- INTRODUCTION | 2 |
| II- MATERIEL ET METHODES | 4 |
| III- RESULTATS | 8 |
| 3.1- Caractéristiques sociodémographiques | 8 |
| 3.2- Caractéristiques cliniques | 9 |
| 3.3- Suivi biologique | 11 |
| 3.4- Analyse complémentaire | 14 |
| IV- DISCUSSION | 16 |
| 4.1 Résultats principaux | 16 |
| 4.1.1 – Débit de Filtration Glomérulaire | 16 |
| 4.1.2- Tension artérielle | 18 |
| 4.1.3- Hématocrite | 18 |
| 4.1.4- Protéinurie, Hématurie, Glycosurie | 18 |
| 4.2 Analyse complémentaire | 19 |
| 4.3 Forces de notre étude | 20 |
| 4.4 Faiblesses de notre étude | 21 |
| V- CONCLUSION | 22 |
| ANNEXES | 24 |
| ANNEXE 1. Index des abréviations | 25 |
| ANNEXE 2. Liste des figures | 26 |
| ANNEXE 3. Trame de recueil des données | 31 |
| ANNEXE 5. Accidentologie en plongée | 48 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | 54 |

I- INTRODUCTION

Si de nombreuses études ont permis de comprendre les effets de la plongée subaquatique sur le cœur, le cerveau ou les poumons, force est de constater qu'il n'existe que très peu de travaux relatifs à l'influence de la plongée sur le rein et les rares publications disponibles s'intéressent au comportement du rein à court terme (1)(2)(3). Moins de 10 cas d'insuffisance rénale aigüe ont été rapportés, tous survenus dans un contexte d'accidents de plongée ; l'atteinte rénale étant alors une complication secondaire (4)(5)(6)(7)(8)(9). Il y a très peu d'informations sur les effets de l'exposition subaquatique à long terme sur le rein. La seule étude consacrée à ce sujet est une étude Coréenne, publiée en 2017 qui étudiait les « *Haenyo* », des femmes apnéistes d'une île du sud de la Corée, pêcheuses sous-marines de perles. L'étude concluait à un risque doublé de développer une insuffisance rénale chronique de stade modéré par rapport à la population comparative non plongeuse. Une des hypothèses explicatives était liée au développement d'un stress oxydatif majeur dans cette population dont l'âge moyen était de 60 ans. (10)

L'environnement subaquatique comporte des contraintes spécifiques (11). La pratique de la plongée sous-marine s'accompagne de modifications physiologiques « réflexes » dont le but est le maintien d'une homéostasie volumique et hydrominérale (12)(13)(14)(15). Dès les premières minutes d'immersion, les effets de la pression (pression hydrostatique et contention liée au port de la combinaison(16)) entraînent une redistribution vasculaire appelée *bloodshift* du système veineux des membres inférieurs vers les poumons et le cœur (17)(18)(19)(20)(21); ce phénomène de *poolage* central est majoré par la vasoconstriction périphérique liée à l'exposition au froid (17)(22). Il en résulte une diurèse réflexe de compensation, à l'origine d'une baisse du volume plasmatique avec déshydratation si l'immersion se prolonge (23)(24)(25). Ainsi le rein est au centre de ces phénomènes adaptatifs ce qui se traduit notamment par une augmentation importante du débit urinaire dès les premières minutes d'immersion (17)(26).

Par ailleurs en cas d'exposition à la profondeur, des phénomènes de formation de bulles tissulaires peuvent se produire à la décompression (27). Il existe, au niveau microscopique, un dégazage tissulaire en gaz inertes, avec des microbulles présentes au

niveau endothélial qui affectent l'ensemble de l'organisme (28)(29)(30)(31)(32). Cependant il est à noter qu'aucune forme clinique d'accident de décompression avec atteinte rénale directe n'a été rapportée.

Au regard des modifications physiologiques au plan hémodynamique et hydrominéral, rapportées dans la littérature, à la suite de plongées subaquatiques (33), nous avons souhaité déterminer si celles-ci pouvaient avoir un impact à long terme au niveau rénal. Autrement dit, est-ce que la répétition régulière de plongées durant 15 à 20 ans pourrait avoir un retentissement sur la fonction rénale ? Dans l'affirmative, existe-t-il des facteurs déterminants qui pourraient y être associés, au niveau individuel ou liés à la pratique de la plongée et notamment en fonction des appareils et des mélanges gazeux suroxygénés ?

Pour tenter de répondre à ces questions nous avons effectué un travail observationnel rétrospectif portant sur 137 plongeurs professionnels de l'armée française suivis au centre de référence national de plongée de Toulon entre 1999 et 2019.

II- MATERIEL ET METHODES

Notre travail est une étude de cohorte rétrospective, observationnelle descriptive.

Nous avons inclus tous les sujets militaires ayant débuté en 1999 leur carrière de plongeur professionnel, et donc leur suivi au centre de référence national unique de l'Hôpital d'Instruction des Armées Saint-Anne de Toulon (SMHEP)(34). La sélection des dossiers à inclure a été faite par identification, dans la base de donnée informatisée du SMHEP, des numéros de matricules des sujets ayant débuté leur carrière de plongeurs professionnels en 1999. Cela représentait 137 plongeurs, toutes catégories confondues : Plongeurs de bord (PLB), Plongeurs démineurs (PLD), Nageurs de combat (NC), Plongeurs qualifiés en intervention offensives (IO), Militaires de l'armée de terre spécialistes des techniques subaquatiques (STS, anciennement « SAF » pour *Spécialistes de l'Aide au Franchissement*) et Gendarmes.

La période d'intérêt s'étendait de 1999 à 2019.

Le suivi obligatoire des plongeurs professionnels militaires comprend une visite médicale initiale réalisée au sein du SMHEP par un médecin spécialiste en médecine hyperbare et médecine de plongée et des visites révisionnelles : visites annuelles réalisées par un médecin d'unité et visites quadriennales réalisées au SMHEP. Chaque visite quadriennale comprend la réalisation systématique d'examens biologiques sanguins et urinaires.

Les données recueillies sont issues des dossiers médicaux des plongeurs, renseignées lors de ces visites.

Les paramètres démographiques relevés étaient : le sexe, l'âge, les antécédents de pratique de la plongée en loisir avant 1999 (et si oui, niveau fédéral de pratique), la catégorie d'exercice et le mélange oxygéné utilisé la majorité du temps (cf. annexe 4), la pratique de la musculation, la prise d'une supplémentation protéique *per os (PO)*, la durée de carrière et le nombre total de plongées.

Les données cliniques relevées étaient : la taille *en cm*, le poids *en kg*, l'existence d'un tabagisme et/ou d'antécédents médicaux, la prise d'un traitement médicamenteux au long cours, l'existence d'antécédents d'accidents de plongée (et si oui, le type : erreur de

procédure, accident de décompression, barotraumatisme, toxicité des gaz ou œdème pulmonaire d'immersion ; cf. annexe 5) et l'existence d'une interruption de carrière pour inaptitude médicale.

Pour la visite médicale initiale et la dernière visite de suivi, nous avons relevé les mesures des pressions artérielles systoliques et diastoliques (*exprimées en mmHg*) et de fréquence cardiaque (*exprimée en nombre de battements par minute*).

Les données biologiques relevées étaient : la recherche d'hématurie, de protéinurie et de glycosurie par utilisation de bandelettes urinaires de type Multistix® 10 SG (Siemens®) lues par un lecteur automatisé, modèle Siemens Clinitek Status® (*résultats semi-quantitatifs* : « Traces » « Positif » ou « Négatif ») et les dosages plasmatiques de l'hématocrite dont les résultats étaient exprimés en % et de la créatinine dont les résultats étaient exprimés en mg/L.

La créatininémie a été dosée en laboratoire par la méthode *Enzymatique* pour les prélèvements réalisés avant 2004, la méthode *Jaffé non compensée* pour ceux faits entre 2005 et 2007 et par la méthode *Jaffé compensée et raccordée IDMS (Isotopic Dilution Mass spectroscopy)* à partir de 2008 (35)(36)(37).

Si les sujets avaient été perdus de vue à une date antérieure à celle de la dernière visite quadriennale prévue, nous avons choisi de recueillir les données de la dernière visite connue, qu'elle soit annuelle ou quadriennale.

Analyse statistique

Vu les caractéristiques de la population d'étude (jeune et en bonne santé), nous avons considéré le Débit de Filtration Glomérulaire (DFG) et la Créatininémie plasmatique comme indépendantes de l'âge.

Pour l'évaluation de la fonction rénale, le modèle statistique utilisé est un modèle à effets mixtes avec un effet fixe –le temps- et un effet aléatoire – le plongeur- implémentés dans le logiciel R (version 3.4.3) avec la fonction lmer disponible dans le package *lme4* dédié à ce type de modèle(38).

Le package *lmerTest* dispose de fonctions complémentaires permettant notamment de procéder aux tests des coefficients calculés à partir de nos données pour ces modèles, en particulier celui de la non nullité de la pente.

Pour précision, le modèle à effet mixte suppose :

- Une évolution linéaire des variables dans le temps (ici le DFG et la Créatininémie plasmatique);
- Un effet aléatoire lié au plongeur, c'est-à-dire que sont aléatoires l'ordonnée à l'origine (tous les plongeurs ne commençaient pas leur carrière avec une DFG identique) et la pente (la DFG ne variait pas dans le temps de la même façon pour chaque plongeur).

Le test ayant permis de conclure que la pente n'était pas nulle de manière significative est basé sur la statistique de Student.

Pour toutes les variables quantitatives, un test d'égalité des variances (test de Fisher) a été préalablement réalisé. Lorsqu'il permettait de considérer les variances comme significativement différentes, le test de Welch était utilisé pour comparer les moyennes. Dans le cas inverse, c'est le test de Student qui était utilisé.

La formule MDRD175 (*Modification of Diet in Renal Disease*) a permis le calcul de l'Estimation du débit de filtration glomérulaire (DFG) en $ml/min/1,73m^2$ (eDFG) (39):

$$eDFG = 175 \times (Scr \times 0,0113)^{-1,154} \times \text{âge}^{-0,203} \times 0,742 \text{ (facteur de correction si sexe féminin).}$$

Avec : Scr la créatininémie sérique en $\mu mol/L$

et l'Age exprimé en *années*.

On a considéré :

- Une dégradation de la fonction rénale à partir d'une diminution de 2 points de DFG observés sur 2 bilans sanguins prélevés à 3 mois d'intervalle, quel que soit l'âge (33) (40).
- L'existence d'une insuffisance rénale chronique (IRC) à partir d'un DFG < 60 mL/min/1,73m², quel que soit l'âge.

Des analyses complémentaires ont été réalisées. Pour évaluer les différences entre les variables quantitatives, nous avons utilisé des tests t paramétriques, appariés ou non appariés, après vérification de la normalité. Pour analyser les différences entre les variables qualitatives, nous avons utilisé le test de Chi2.

Les résultats sont exprimés en moyenne et écart-type avec indice de confiance donné (IC) à 95% et présentation d'un *Odds Ratio (OR)* en cas de significativité. Le seuil de significativité retenu était pour une valeur de $p < 0,05$.

Le respect des considérations éthiques a été pris en compte dans la réalisation de cette étude. Les dossiers médicaux ont été anonymisés avant traitement des données.

Il n'a pas existé de conflit d'intérêt.

III- RESULTATS

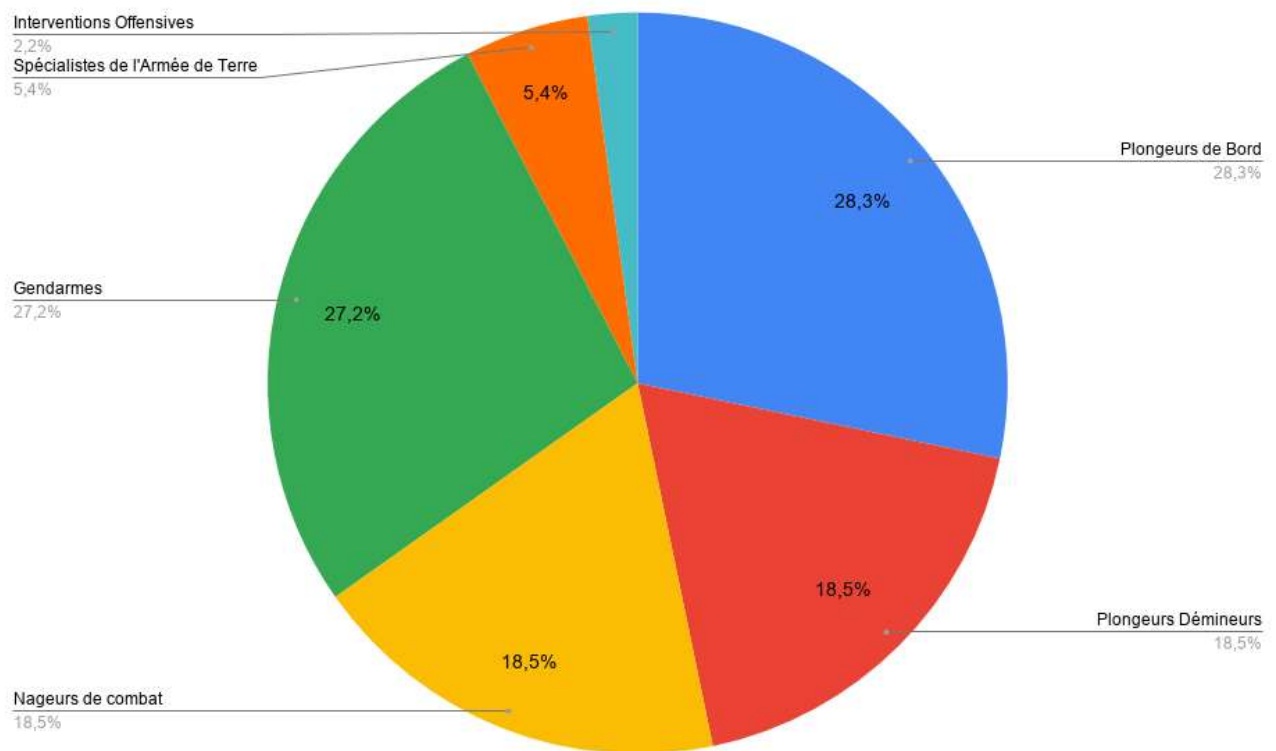
3.1- Caractéristiques sociodémographiques

137 sujets ont été inclus dans cette étude (135 hommes et 2 femmes).

La population étudiée comprenait 71 PLB, 17 PLD, 17 NC, 25 Gendarmes et 7 autres (IO et STS confondus) (figure 1).

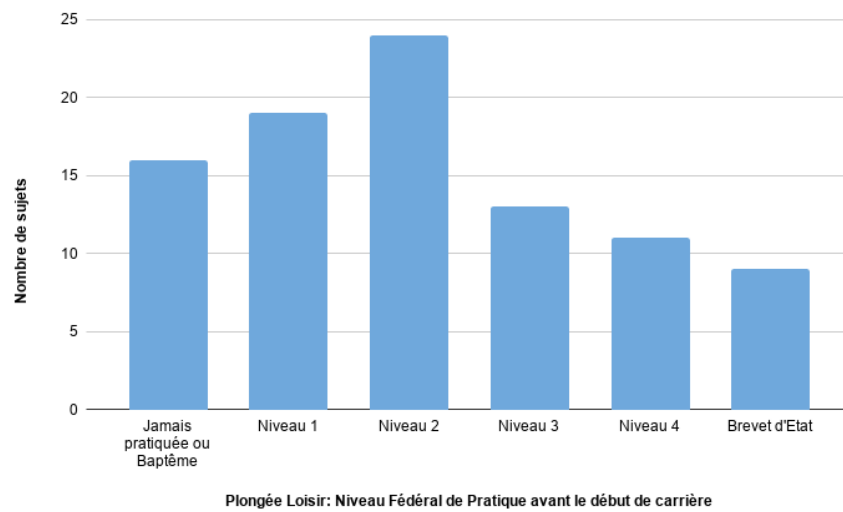
La majorité, 74 sujets (53,7 %), effectuait ses plongées à l'air, 46 sujets (33,8%) à l'Oxygène pur et 17 sujets (12,5 %) aux Mélanges suroxygénés.

Figure 1 : Répartition de la population d'étude par catégorie d'exercice



Les plongeurs étaient âgés de $26 \pm 3,7$ ans en moyenne au début de leur carrière et de $37 \pm 5,3$ ans en fin de carrière. L'existence d'une expérience en plongée loisir préalable à leur carrière professionnelle concernait 76 sujets (55,4 %) avec parmi eux, une majorité de sujets ayant un niveau fédéral 2 (25,8%) (figure 2).

Figure 2 : Niveau fédéral de plongée loisir préalable à la carrière professionnelle des sujets inclus



La durée moyenne de carrière était de $10,7 \pm 6,8$ années. Le nombre total de plongées au cours d'une carrière était en moyenne de $1062,2 \pm 873,4$ plongées avec un maximum de 4000 plongées sur vingt ans pour un plongeur de bord.

Figure 3 : Résumé des caractéristiques cliniques des sujets en début et fin de carrière

| | Début de carrière | Fin de carrière | p-value |
|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Âge moyen en années | $26 \pm 3,7$ | $37 \pm 5,3$ | |
| Poids moyen en kg | $74,6 \pm 9$ | $78 \pm 9,8$ | <0.001* |
| IMC moyen en kg/m^2 | $23,5 \pm 2,4$ | $24,6 \pm 2,6$ | 0.002* |

* $p < 0.05$

3.2- Caractéristiques cliniques

Le poids moyen des sujets en début de carrière était de $74,6 \pm 9$ kg (IC 95% [73-76.3]) et de $78 \pm 9,8$ kg (IC 95% [76.1-79.8]) en fin de carrière.

La différence de poids était significative ($p < 0,001$).

Leur Indice de Masse Corporelle (IMC) était de $23,5 \pm 2,4$ kg/m^2 (IC 95% [23.1-24]) en début de carrière et de $24,6 \pm 2,6$ kg/m^2 (IC 95% [24.1-25.1]) en fin de carrière.

La différence d'IMC était significative ($p = 0,002$).

Ces caractéristiques sont représentées dans la figure 3.

40,1 % des sujets (55 plongeurs) déclaraient pratiquer régulièrement la musculation.

La consommation d'une supplémentation protéique *Per Os* concernait 3,6 % des sujets (5 plongeurs).

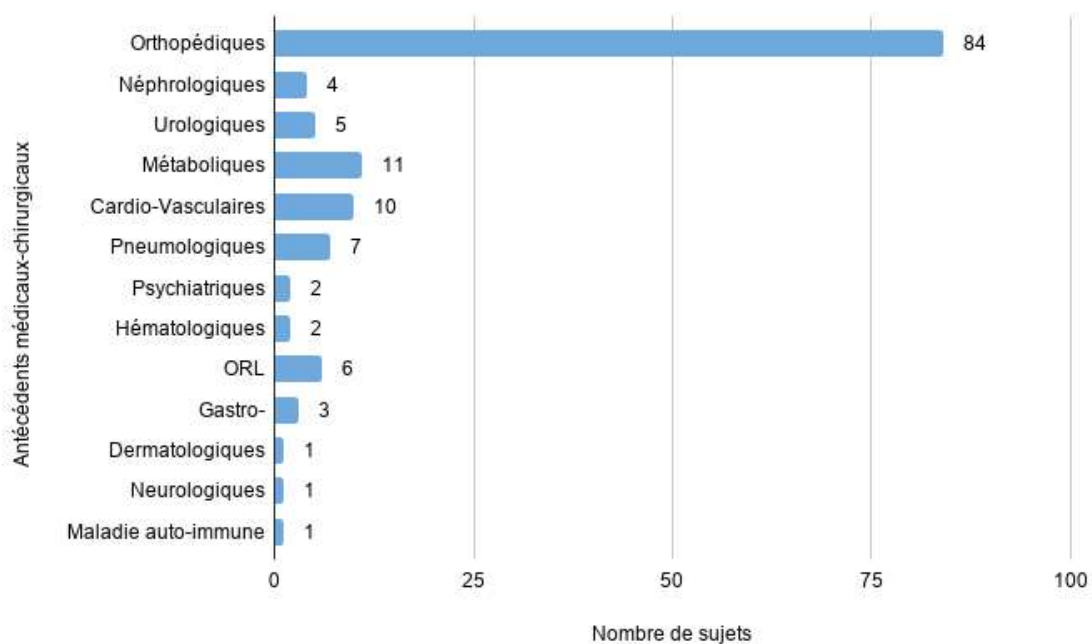
38,2 % des sujets (52 plongeurs) étaient consommateurs réguliers de tabac actuel ou passé.

100% des sujets déclaraient l'existence d'antécédents médicaux ou chirurgicaux dont la répartition est représentée dans la figure 4.

Les antécédents néphrologiques se répartissaient de la manière suivante : 2 cas de coliques néphrétiques aiguës répétées, 1 cas d'antécédent d'hématome rénal post-traumatique et 1 cas de pyélonéphrite aiguë.

La section « antécédents métaboliques » regroupait : surpoids, diabète, dyslipidémie et syndrome métabolique.

Figure 4 : Antécédents médicaux parmi les plongeurs suivis au SMHEP : types et répartition



7,3 % de la population d'étude (soit 10 plongeurs) prenaient un traitement au long cours alors que 92,7% n'en prenaient pas (127 sujets).

Les antihistaminiques et statines étaient les traitements les plus représentés avec respectivement 4 et 3 sujets traités au long cours.

La survenue d'un (ou de plusieurs) accident(s) de plongée concernait 30 (21,9 %) des 137 plongeurs inclus. Ils se répartissaient de la façon suivante : 19 barotraumatismes, 13 accidents de décompression, 6 accidents liés à la toxicité des gaz, 2 oedèmes pulmonaires d'immersion et 2 erreurs de procédure.

En lien avec l'existence d'un antécédent médical ou chirurgical, ou les suites d'accident(s) de plongée, 17 sujets (12,41%) avaient été déclarés définitivement inaptes.

Tension artérielle : Pour 95 sujets, nous disposons des relevés de mesure tensionnelles artérielles de début et fin de suivi qui sont présentées dans la figure 5.

Les différences ne sont pas significatives.

Figure 5 : Relevés de mesures tensionnelles chez les plongeurs professionnels

| | TA Systolique moyenne <i>en mmHg</i> | TA Diastolique moyenne <i>en mmHg</i> |
|--|---|--|
| Mesure à la visite initiale d'aptitude | 127 ± 13 | 73 ± 7,4 |
| Mesure à la dernière visite de suivi | 123 ± 12,1 | 72 ± 10,6 |
| p-value | 0.025* | 0.152 |

* p<0.05

3.3- Suivi biologique

Les valeurs moyennes d'hématocrite, de créatininémie et de DFG de début et fin de carrière sont résumées dans la figure 6.

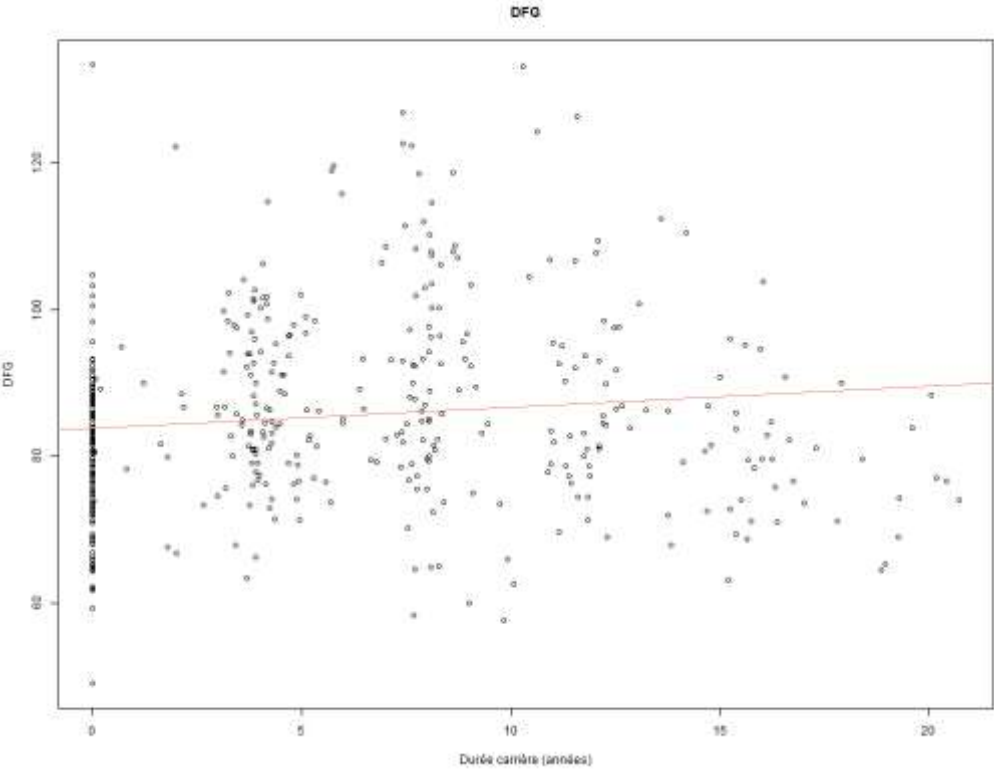
Figure 6 : Résumé des données biologiques en début et fin de carrière

| | Début de carrière | Fin de carrière | p-value |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|----------|
| Valeur moyenne de l'hématocrite <i>en %</i> | 44.9 ± 2,8 IC 95% [44.3-45.4] | 44.6 ± 2,3 IC 95% [44.2-45.1] | 0.527 |
| Valeur moyenne de la créatininémie plasmatique <i>en μmol/L</i> | 98.9 ± 9,8 IC 95% [97-100.7] | 88.5 ± 10,7 IC 95% [86.5-90.5] | < 0.001* |
| Valeur moyenne du DFG <i>en ml/min⁻¹/1,73m²</i> | 80.4 ± 9,4 IC 95% [78.6-82.1] | 85.5 ± 13,4 IC 95% [83-88.1] | 0.001* |

* p<0.05

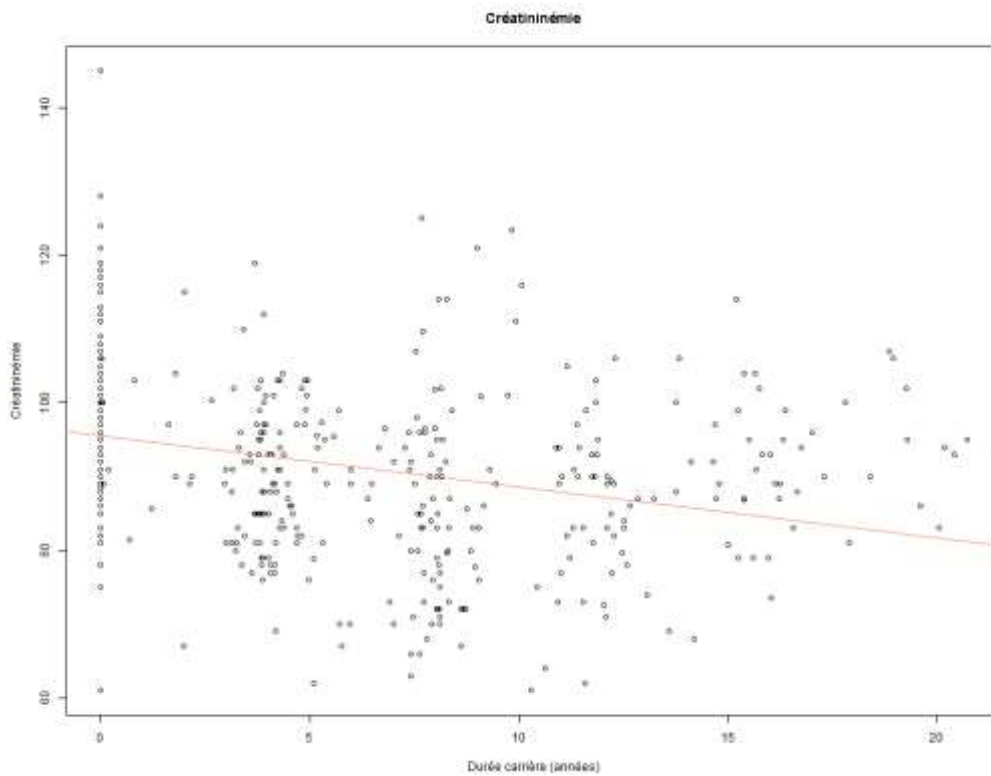
Concernant le DFG, la fonction *Imer* donne une augmentation significative du débit de filtration glomérulaire au cours de la carrière des plongeurs : cette augmentation annuelle de $+ 0,2867 \text{ ml/min/1,73m}^2$ ($p = 0,018$) est représentée dans la figure 7.

Figure 7 : Evolution du DFG au cours du temps : $+ 0,2867 \text{ mL/min/1,72m}^2$ par an ($p = 0,018$)



De la même manière, la créatininémie est significativement décroissante au seuil de 5% : $-0,695 \mu\text{mol/L}$ de créatininémie plasmatique par an ($p < 0,001$) comme représenté dans la figure 8.

Figure 8 : Evolution de la créatininémie au cours du temps : $-0,695 \mu\text{mol/L}$ par an ($p < 0,001$)



L'examen urinaire a permis de mettre en évidence une positivité de la bandelette chez 19 sujets parmi les 137 inclus (soit 13,87 % de la population).

Une protéinurie a été retrouvée chez 14 sujets (10,22%) et une hématurie chez 8 sujets (5,84%).

Aucune glycosurie n'a été observée au cours du suivi.

3.4- Analyse complémentaire

Nous avons mené une analyse complémentaire pour tenter de mieux comprendre l'augmentation de DFG observée dans la première analyse, entre le début et la fin de carrière des plongeurs. Le but était d'identifier des variables susceptibles d'influencer cette variation.

De la série des 137 plongeurs initialement inclus, nous avons extrait 60 sujets pour lesquels les valeurs du DFG lors du prélèvement de la visite d'aptitude initiale et lors d'un dernier prélèvement obtenu au moins dix ans après ce premier prélèvement, étaient connues.

Pour ces 60 sujets, nous avons retrouvé dans un premier temps une augmentation du DFG passant en moyenne de $80,8 \pm 9,9 \text{ ml/min}/1,73\text{m}^2$ à $82,5 \pm 12,8 \text{ ml/min}/1,73\text{m}^2$.

L'âge moyen de ce sous-groupe était de $25,1 \pm 2,9$ ans au moment de la visite initiale et de $39,9 \pm 3,9$ ans au moment du dernier prélèvement, soit un recul de près de 16 ans.

Figure 9 : Analyse complémentaire - Phase 1 : Evolution du DFG de plongeurs ayant au moins 10 années de carrière

| Sujets appariés « Avant-Après » | « Avant » : Visite initiale d'aptitude (Vi) | « Après » : ≥ 10 ans entre Vi et Visite Finale | p-value |
|---|---|---|---------|
| Valeur moyenne du DFG en $\text{ml}/\text{min}^{-1}/1,73\text{m}^2$ | $80,8 \pm 9,9$ | $82,5 \pm 12,8$ | 0,35 |
| Age en années | $25,1 \pm 2,9$ | $39,9 \pm 3,9$ | |

Dans un second temps, parmi ces 60 plongeurs, l'observation de la variation des valeurs de DFG a permis d'identifier deux sous-groupes :

- Un premier groupe constitué de 27 sujets (45%) qui diminuaient leur DFG en moyenne de $- 9,8 \pm 6,9 \text{ mL}/\text{min}/1,73\text{m}^2$ au cours de leur carrière ;
- Tandis que dans un second groupe constitué de 33 sujets (55%) on a observé une augmentation de leur DFG de $+ 11,1 \pm 11,4 \text{ mL}/\text{min}/1,73\text{m}^2$ au cours de leur carrière.

L'analyse a été poursuivie sur ces deux sous-groupes afin de déterminer s'il existait des variables pouvant influencer l'évolution du DFG parmi : l'IMC, l'âge, la consommation de tabac, la pratique de la musculation, la présence d'une bandelette urinaire positive et le type de mélange respiré (air pour les PLB *versus* oxygène pur et mélanges suroxygénés pour les NC et PLD). La figure 10 représente les résultats de cette analyse.

Figure 10 : Analyse complémentaire - Phase 2 : Identification de variables influençant l'évolution du DFG au cours de la carrière des plongeurs

| 2 Groupes de plongeurs | | DFG < 0 | DFG > 0 | p-value après test du Chi2 | OR (IC95%) |
|--|---|-------------|---------------|----------------------------|-------------------|
| Variation moyenne du DFG au cours de leur carrière en ml/min ⁻¹ /1,73m ² | | - 9,8 ± 6,9 | + 11,1 ± 11,4 | | |
| Nombre de sujets total | | 27/60 | 33/60 | | |
| IMC Moyen en kg/m ² | | 24,9 ± 2 | 23,8 ± 2,8 | NS** | |
| Age Moyen en années | | 40,52 ± 3,7 | 39,16 ± 4,4 | NS** | |
| Consommation de Tabac : nombre de sujets | 0 | 19 | 20 | NS** | |
| | 1 | 8 | 13 | | |
| Pratique de la musculation : nombre de sujets | 0 | 10 | 13 | NS** | |
| | 1 | 17 | 20 | | |
| Bandelette urinaire positive : nombre de sujets | 0 | 23 | 24 | NS** | |
| | 1 | 4 | 9 | | |
| Utilisation d'un mélange suroxygéné ou d'O ₂ pur | 0 | 9 | 23 | ≤ 0,01 | 4,6 (1,5-13,7) |
| | 1 | 18 | 10 | | |

** NS : « Non Significatif »

Nous n'avons pas retrouvé de différence entre les deux sous-groupes concernant l'IMC et l'âge moyen des plongeurs.

La consommation de tabac, la pratique de la musculation et le fait d'avoir une bandelette urinaire positive n'ont pas été retrouvés comme facteurs influençant l'évolution du DFG en fonction du temps.

En revanche, l'utilisation d'un mélange suroxygéné ou d'oxygène pur (cas des PLD et NC) apparaît comme un facteur de diminution du DFG à l'inverse de la plongée à l'air qui apparaît comme facteur d'augmentation du DFG et ce, de manière statistiquement significative

(p ≤ 0, 01) avec un *Odd-Ratio* égal à 4,6 (1,5-13,7).

IV- DISCUSSION

Cette étude interrogeait l'évolution de la fonction rénale au cours du temps dans une population de plongeurs professionnels militaires.

Au cours de ce travail, nous n'avons pas observé de modifications importantes du DFG ni de pathologies rénales survenues à l'issue de la carrière des plongeurs.

4.1 Résultats principaux

4.1.1 – Débit de Filtration Glomérulaire

Bien qu'une première analyse des données collectées ait montré une augmentation modérée et statistiquement significative du DFG, nous ne pouvons conclure, dans cette étude, que ce résultat témoigne d'une amélioration de la fonction rénale au cours du temps chez les plongeurs militaires.

La créatinine est un produit métabolique de la dégradation du phosphate de créatinine musculaire, lui-même dérivé d'acides aminés présents principalement dans les fibres musculaires. Elle est considérée comme la substance endogène dont la mesure est le reflet le plus fidèle de l'état de la fonction rénale. Son taux sérique et élimination urinaire dépendent de la masse maigre de l'organisme.

Le poids d'un sujet et sa répartition (entre masse musculaire dite *maigre* et masse grasse) sont donc déterminants dans l'évaluation de sa fonction rénale (40).

Dans notre étude, la prise de poids moyenne observée au cours de la carrière des plongeurs est de +3,4 kg avec une augmentation moyenne de l'IMC de +1,1kg/m².

Ces variations restent modérées mais l'absence de mesures spécifiques (via impédancemétrie ou adipométrie) permettant de préciser l'origine de cette prise pondérale représente un frein à l'interprétation des variations de la créatininémie, et donc du DFG, observées dans notre étude.

En effet, la diminution moyenne de la créatininémie plasmatique de près de 10 points entre le début et la fin de carrière des plongeurs, confrontée à l'augmentation du poids sus-citée, pourrait conduire à supposer l'existence d'une prise pondérale d'origine grasseuse (aux dépens de la masse musculaire) et donc une amélioration apparente du DFG peut être biaisée par cet élément.

D'autre part, les fluctuations méthodologiques d'échantillonnage (effets-centre ; cf. section « faiblesses de l'étude ») et de dosages de la créatininémie (évolution des méthodes de laboratoire au cours du temps cf. section « matériel et méthodes »), renforcent le manque de robustesse de ce résultat.

A l'immersion, la diminution du débit cardiaque par dilatation ventriculaire droite n'engendrerait aucune ischémie hypoxémique du parenchyme rénal comme il est supposé dans le cas des plongeuses apnéistes dégradant leur fonction rénale (10).

A l'inverse de l'apnée, la plongée SCUBA à l'air épargne probablement le parenchyme rénal en permettant une hyperoxie transitoire dans un milieu hyperbare où les pressions partielles d'oxygène sont augmentées. Cette différence de pratique pourrait être à l'origine de stress oxydatif plus important lors de la pratique d'apnées répétées susceptibles d'entraîner une dégradation sur le long terme de la fonction rénale comme le suggère l'étude des plongeuses apnéistes coréennes (10).

Plusieurs études s'intéressant à l'évaluation d'une dysfonction endothéliale NO-dépendante (par la mesure de la FMD « *Flow Mediated Dilatation* ») ont montré des résultats dans le sens d'une réponse endothéliale transitoirement altérée aussi bien chez les plongeurs apnéistes que pour des plongées SCUBA à l'air (41) (42). Ces altérations résulteraient de processus de stress oxydatif induits aussi bien par les expositions hypoxiques ou hyperoxiques.

Il semble néanmoins que si la pratique de la plongée SCUBA génère un stress oxydant, elle entraîne également la mise en œuvre des systèmes de défenses antioxydants, lors d'une plongée unique ou de plongées répétées (43) (44).

D'autre part, l'absence de modification du débit sanguin rénal à l'immersion déjà observée (11) et la diminution des résistances vasculaires des artères rénales chez des sujets immergés (1)(45) renforcent la notion d'épargne rénale.

Le DFG ayant à plusieurs reprises été observé comme inchangé sur des études portant sur la fonction rénale après une seule plongée à l'air, on peut penser ce phénomène comme peu modifié à moyen terme mais les conséquences à long terme restent inconnues (2)(11)(45).

4.1.2- Tension artérielle

Il n'a pas été observé de variation de tension artérielle moyenne entre les mesures relevées avant et à l'issue de la carrière des 95 plongeurs pour lesquels nous disposions de cette information. Ce résultat laisse penser que la répétition des plongées avec des phénomènes transitoires d'hypervolémie immersive n'entraîne pas de modification de la régulation de la pression artérielle au long cours, et que les résultats de l'étude ne sont par ailleurs pas biaisés par l'apparition de facteurs de risque cardio-vasculaire..

4.1.3- Hématocrite

Comme attendu, il n'a pas été observé de variations de l'hématocrite qui peuvent s'observer au décours des plongées et qui traduisent alors une baisse transitoire du volume plasmatique (25).

4.1.4- Protéinurie, Hématurie, Glycosurie

La protéinurie, marqueur d'insuffisance rénale chronique débutante à DFG normale, n'a été observée que chez 14 sujets (10,22%). Leur exploration détaillée dans les dossiers médicaux des plongeurs (TDM, protéinurie des 24 heures) ne retenait aucune étiologie, et souvent cette positivité n'était pas retrouvée au contrôle biologique de la visite quadriennale suivante.

L'hématurie retrouvée chez 8 sujets (5,84%) était due pour moitié à la présence de lithiases urinaires objectivée par des examens d'imagerie complémentaires. La seconde moitié représentait un épisode isolé non retrouvé à la bandelette urinaire de contrôle.

L'entraînement physique de la population militaire comporte des exercices d'endurance ; un plongeur ayant fourni un effort d'endurance important dans les heures précédant le prélèvement urinaire peut présenter un épisode isolé d'hématurie sans qu'il ne soit pour autant pathologique (46). Ce biais met en avant une donnée manquante : la connaissance du moment de réalisation de l'examen urinaire par rapport au dernier effort physique fourni. D'autre part, du fait d'un manque d'information, il nous était impossible d'identifier les sujets pouvant présenter une protéinurie, dite faussement positive, dans un contexte de contamination (infection urinaire ou hématurie), d'urines alcalines (pH >7), ou concentrées (densité des urines $\geq 1,030$) (47).

4.2 Analyse complémentaire

A l'issue des premiers résultats qui portaient sur l'ensemble de la population d'étude, la réalisation d'une analyse complémentaire sur les plongeurs ayant au moins dix années de carrière a montré un mouvement de DFG, qui, bien que faible et non statistiquement significatif, reste très intéressant.

Son analyse plus fine a permis en effet de mettre en évidence deux sous-groupes très contrastés quant à l'évolution de leur DFG au cours de leur carrière :

- Le premier sous-groupe présentant une diminution significative du DFG au cours de la carrière correspond aux sujets utilisant quotidiennement de l'oxygène pur ou des mélanges suroxygénés : les NC et les PLD. Ces plongeurs sont plus fortement exposés à l'hyperoxie, au stress oxydatif, et/ou aux phénomènes de décompression (plongées fréquentes, profondes et de longue durée).
- A l'inverse, le second sous-groupe, améliorant significativement sa DFG au cours du temps correspond aux PLB dont les plongées moins fréquentes se font à l'air, à faible profondeur et sont de plus courte durée.

Ces résultats complémentaires nous amènent à formuler quatre hypothèses quant à la diminution du DFG observée chez les sujets utilisant oxygène pur ou mélanges suroxygénés comme c'est le cas des NC et des PLD:

- Elle serait la conséquence d'un effet du **stress oxydatif** lié à une surexposition à l'oxygène et une pratique intensive de la plongée (48)(49)(31)(50).
- Elle serait liée aux phénomènes répétés de **vasoconstriction liée à l'oxygène**, induisant une diminution de perfusion du parenchyme rénal sous l'effet de l'hyperoxie(51)(52)(53)(54)(55).
- Elle serait liée à un phénomène de **syndrome inflammatoire systémique** par micro-aéroembolismes dus aux phénomènes de décompression (28)(31)(30). Cette hypothèse reste néanmoins peu probable compte-tenu du très faible nombre d'accident de décompression rapporté dans la population des NC et des PLD qui bénéficient du rôle protecteur de l'hyperoxie sur la décompression.

- Elle serait liée à des **pratiques sportives et un comportement hygiéno-diététique** différents de celui des PLB. On suppose en effet, chez les NC et PLD, l'existence d'une pratique de la musculation plus représentée, d'une masse musculaire plus importante, et donc d'un taux de créatinine de base plus élevé, que pour les PLB. Avec le temps, la diminution de ces pratiques et des paramètres qui en découlent, pourrait être à l'origine d'une fausse « surreprésentation » de la diminution du DFG. Mais notre étude, par manque de données, ne dispose d'aucuns éléments pour aller dans ce sens.

Ainsi, à l'issue de ce travail, nous formulons deux hypothèses concernant l'évolution au cours du temps de la fonction rénale du plongeur SCUBA soumis de façon répétée aux contraintes environnementales subaquatiques :

- La première, d'une absence de dégradation de la fonction rénale dans la population ayant un profil de plongée comparable aux PLB et qu'il serait intéressant de confirmer au travers d'une étude prospective renseignant notamment les mesures de la masse musculaire, les DFG mesurés, la recherche de microalbuminurie sur échantillon urinaire et de la clairance de la créatinine sur un recueil urinaire de 24h.

- La seconde, de l'existence d'une dégradation modérée de la fonction rénale chez les sujets ayant un profil de pratique de la plongée hyperoxique correspondant aux populations des NC et PLD, qu'il serait intéressant de confirmer par une étude prospective permettant le suivi de ces catégorie de plongeurs pendant mais également à l'issue de leur carrière professionnelle.

4.3 Forces de notre étude

Le fait que la population soit suivie au sein d'un centre expert national unique assurait la comparabilité des mesures et examens cliniques standardisés.

Etudier un échantillon de population jeune, non diabétique, non hypertendue, ne comprenant que 10 sujets (7,3%) présentant des facteurs de risque cardio-vasculaires, faible consommatrice de traitement médicamenteux au long cours, et de supplémentation protéique *PO*, nous a permis de nous affranchir de facteurs de confusion pouvant induire une dégradation précoce de la fonction rénale (56).

En dehors d'une représentation du tabagisme non négligeable (38,2%) et de un ou plusieurs antécédent(s) d'accidents de plongée (21,9%), aucun facteur de confusion pouvant être à l'origine d'une dégradation précipitée de la fonction rénale n'est à déplorer.

La large prédominance de sujets de sexe masculin ne constituait pas un biais à l'interprétation des résultats (11).

4.4 Faiblesses de notre étude

Notre étude déplore plusieurs biais inhérents à sa mise en œuvre.

La réalisation des bilans sanguins en pratique n'était pas toujours monocentrique pouvant induire biais de confusion et/ou de mesure. En effet, certains plongeurs s'étaient rendus à la visite révisionnelle quadriennale avec les résultats d'un bilan réalisé dans un laboratoire situé à proximité géographique de leur unité de rattachement et non au laboratoire biologique de l'hôpital St-Anne de Toulon.

Biais de mesure concernant la formule MDRD175 : le facteur de correction fonction de l'ethnie n'a pu être appliqué car cette donnée était manquante.

Pour la détermination du DFG, bien qu'actuellement considérée comme référence (39), l'utilisation de la formule *CKD-Epi* n'a pas été possible car les premiers dosages plasmatiques de la créatininémie dataient de 1998, période à laquelle les techniques de laboratoire nécessaires à l'application de la formule *CKD-Epi*, n'étaient pas encore utilisées (cf. *Méthode Jaffé compensée et raccordée IDMS*) (35)(36)(37).

L'absence d'accès à la détermination de la masse musculaire constitue un biais de confusion que nous avons détaillé plus haut. L'accès à cette information aurait permis d'indexer la créatininémie sur ce point.

Il aurait été également contributif de disposer d'un groupe « contrôle » de sujets militaires appariés mais ne pratiquant pas la plongée sous-marine.

Enfin, le biais de sélection relatif au choix d'une population d'étude sélectionnée et expérimentée (cf. figure 2), éliminant tout sujet ayant un défaut d'adaptation à l'immersion, ne permet malheureusement pas, l'extrapolation de ces résultats à la population générale, notamment pour la plongée loisir.

V- CONCLUSION

La pratique de la plongée subaquatique s'accompagne de modifications physiologiques « réflexes » majeures qui impactent le système cardio-vasculaire et l'équilibre volumique et hydrominéral du sujet immergé. L'exposition répétée à ces modifications ne semble pas engendrer de dégradation majeure de la fonction rénale : nous n'avons pas observé de modifications importantes du DFG ni de pathologies rénales survenues au cours de la carrière des plongeurs.

Les résultats de notre étude vont dans le sens d'une augmentation globale du DFG au cours du temps mais des analyses fines ont permis d'identifier deux sous-groupes à l'évolution du DFG différente selon le mode de pratique de la plongée SCUBA.

En effet, alors que les plongeurs de bord, qui plongent moins fréquemment (50 fois par an en moyenne), à l'air (et donc moins exposés au stress oxydatif), moins longtemps et moins profondément (et donc moins exposés aux problématiques de décompression) montrent une évolution positive du DFG, les nageurs de combat et les plongeurs démineurs dont les contraintes physiologiques sont augmentées par des plongées plus fréquentes (deux ou trois fois plus que les PLB), plus longues et plus profondes (les exposant donc davantage aux phénomènes de décompression), et surtout utilisant de l'oxygène pur ou des mélanges suroxygénés (les exposant à un stress oxydatifs plus important), présentent une évolution négative du DFG.

Une plongée pratiquée à l'air et de façon modérée pourrait-elle être bénéfique pour la fonction rénale ? La fonction entretient-elle l'organe ? De la même manière qu'un sujet sportif entraîné est susceptible de mettre en œuvre des dispositifs de défenses au stress oxydant (57)(58), on pourrait envisager l'existence d'un niveau de seuil d'hyperoxie à ne pas dépasser en plongée, pour ne pas saturer les systèmes de réponse et de défenses anti-oxydantes, et permettre ainsi au rein d'améliorer ses mécanismes d'adaptation aux contraintes hyperbares subaquatiques (44)(50).

Les résultats de cette étude montrent l'importance des modalités de pratique de la plongée SCUBA : plonger différemment et respirer différemment pourrait être bénéfique ou délétère selon les catégories de plongeurs professionnels.

S'inscrivant dans le champ de la prévention, ils permettent également de suggérer une attention particulière à porter en médecine du travail à l'évolution de la fonction rénale des plongeurs les plus exposés aux contraintes hyperoxiques (dépistage systématique par microalbuminurie, signe d'atteinte endothéliale infra-clinique).

Ces premiers résultats restent cependant à confirmer par une étude prospective dédiée et affranchie des facteurs de confusion de notre étude.

ANNEXES

- 1. Index des abréviations**
- 2. Liste des figures**
- 3. Trame de recueil des données**
- 4. Organisation de la plongée militaire :**
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.
- 5. Accidentologie en plongée**

ANNEXE 1. Index des abréviations

| | |
|--------------------------|--|
| Cm : | Centimètres |
| DFG : | Débit de Filtration Glomérulaire |
| eDFG : | « Estimated Glomerular Filtration Rate » : Estimation du Débit de Filtration Glomérulaire |
| FMD : | « Flow Mediated Dilatation » : Dilatation de la média vasculaire induite par l'écoulement |
| IDMS : | « Isotopic Dilution Mas Spectroscopy » |
| IC : | Indice de Confiance |
| IO : | Plongeurs qualifiés en Interventions Offensives |
| Kg : | Kilogrammes |
| MDRD175 : | « Modification of Diet in Renal Disease »175 : Equation simplifiée d'estimation de la fonction rénale, utilisant 4 variables (sexe, ethnie, âge et créatininémie) et basée sur un dosage de la créatininémie standardisé par IDMS. |
| OR : Odds Ratio : | Rapport de côtes |
| P-value : | Degré de significativité d'un test statistique |
| PLB : | Plongeurs de Bord |
| PLD : | Plongeurs Démineurs |
| Plongée SCUBA : | « Self-Contained Underwater Breathing Apparatus » : Plongée subaquatique en scaphandre autonome. |
| PO : | Per Os |
| NC : | Nageurs de Combat |
| NS : | « Non Significatif » |
| SMHEP : | Service de Médecine Hyperbare et d'Expertise en Plongée |
| STS : | Militaires de l'armée de terre spécialistes des techniques subaquatiques (STS) anciennement « SAF » pour <i>Spécialistes de l'Aide au Franchissement</i> . |
| TDM : | Tomo-Densito-Métrie |
| VEGF : | « Vascular Endothelial Growth Factor » : Facteur de croissance de l'Endothélium Vasculaire. |
| VS : | <i>Versus</i> |

ANNEXE 2. Liste des figures

Figure 1 : Répartition de la population d'étude par catégorie d'exercice

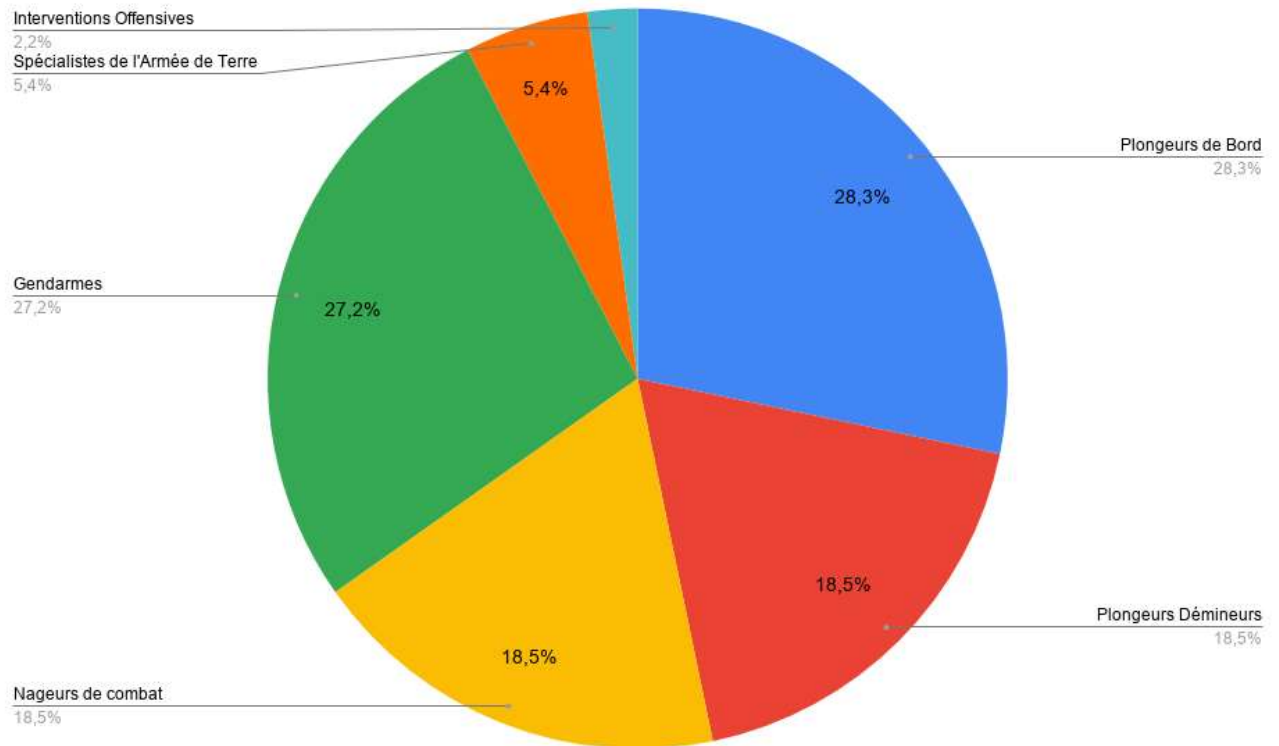


Figure 2 : Niveau fédéral de plongée loisir préalable à la carrière professionnelle des sujets inclus

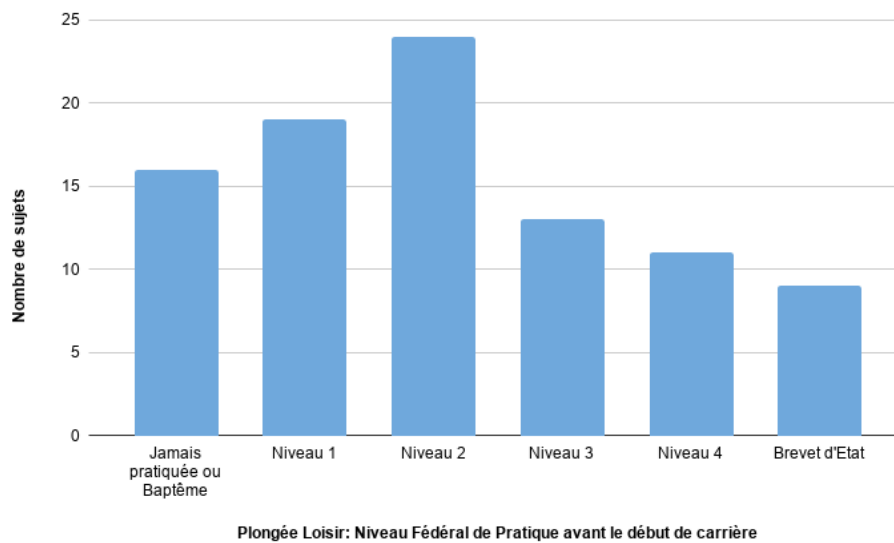


Figure 3 : Résumé des caractéristiques des sujets en début et fin de carrière

| | Début de carrière | Fin de carrière | p-value |
|--------------------------------|-------------------|-----------------|---------|
| Âge moyen en années | 26 ± 3,7 | 37 ± 5,3 | |
| Poids moyen en kg | 74,6 ± 9 | 78 ± 9,8 | <0.001* |
| IMC moyen en kg/m ² | 23,5 ± 2,4 | 24,6 ± 2,6 | 0.002* |

* p<0.05

Figure 4 : Antécédents médicaux parmi les plongeurs suivis : types et répartition

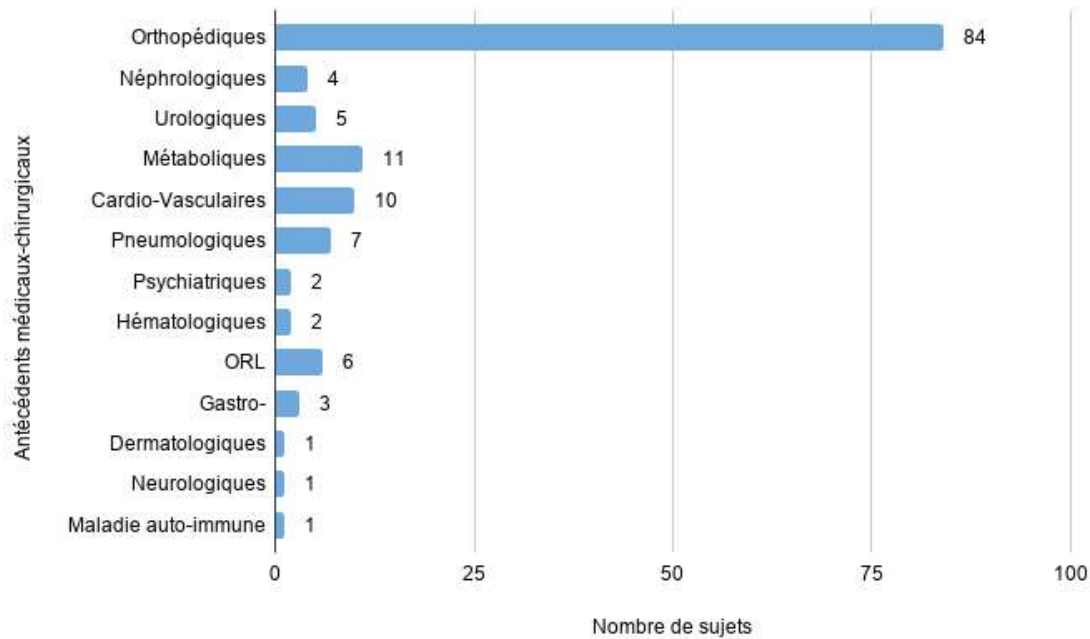


Figure 5 : Relevés de mesures tensionnelles chez les plongeurs professionnels

| | TA Systolique moyenne <i>en mmHg</i> | TA Diastolique moyenne <i>en mmHg</i> |
|--|---|--|
| Mesure à la visite initiale d'aptitude | 127 ± 13 | 73 ± 7,4 |
| Mesure à la dernière visite de suivi | 123 ± 12,1 | 72 ± 10,6 |
| p-value | 0.025* | 0.152 |

* p<0.05

Figure 6 : Résumé des données biologiques en début et fin de carrière

| | Début de carrière | Fin de carrière | p-value |
|---|----------------------------------|-----------------------------------|----------|
| Valeur moyenne de l'hématocrite <i>en %</i> | 44.9 ± 2,8 IC 95% [44.3-45.4] | 44.6 ± 2,3 IC 95% [44.2-45.1] | 0.527 |
| Valeur moyenne de la créatininémie <i>plasmatique en μmol/L</i> | 98.9 ± 9,8 IC 95% [97-100.7] | 88.5 ± 10,7 IC 95% [86.5-90.5] | < 0.001* |
| Valeur moyenne du DFG <i>en ml/min⁻¹/1,73m²</i> | 80.4 ± 9,4 IC 95% [78.6-82.1] | 85.5 ± 13,4 IC 95% [83-88.1] | 0.001* |

* p<0.05

Figure 7 : Evolution du DFG au cours du temps : + 0,2867 mL/min/1,72m² par an (p = 0,018)

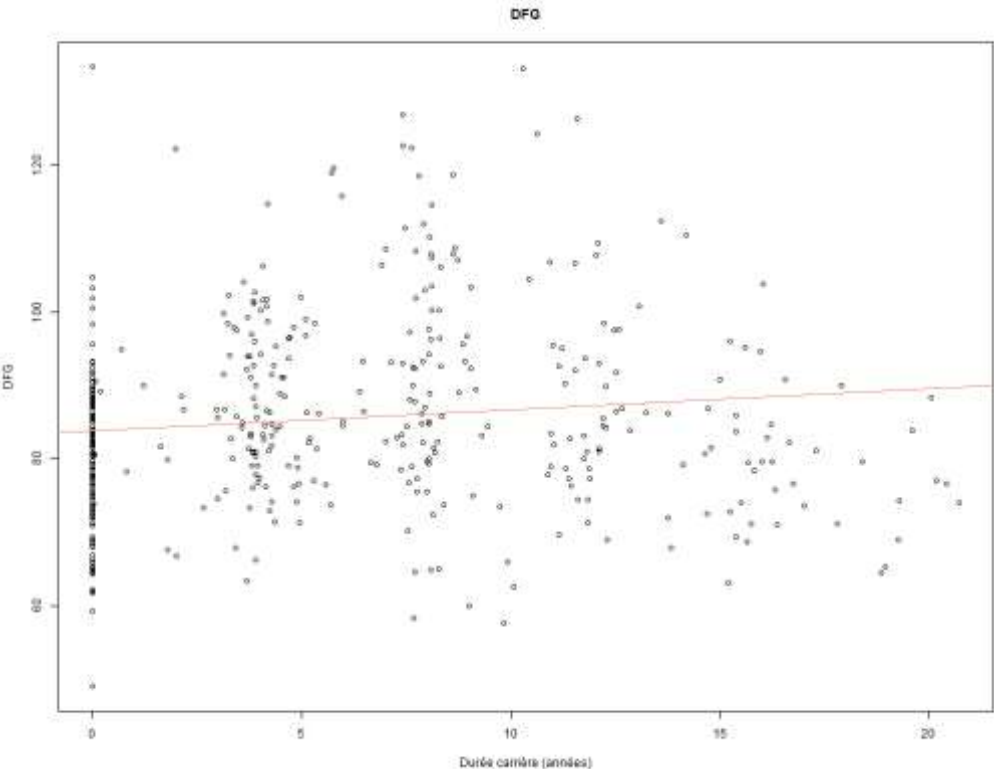


Figure 8 : Evolution de la créatininémie au cours du temps : - 0,695 µmol/L par an (p <0,001)

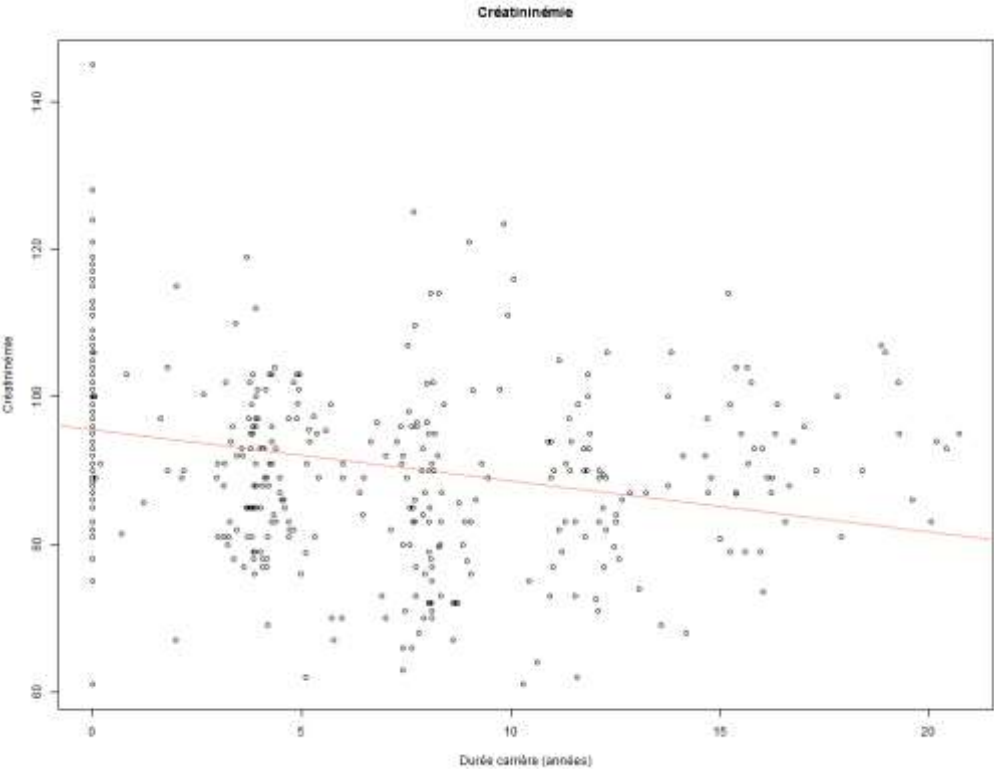


Figure 9 : Analyse complémentaire - Phase 1 : Evolution du DFG de plongeurs ayant au moins 10 années de carrière

| Sujets appariés « avant-après » | « Avant » : Visite initiale d'aptitude (Vi) | « Après » : ≥ 10 ans entre Vi et Visite Finale | p-value |
|---|---|--|---------|
| Valeur moyenne du DFG en ml/min ⁻¹ /1,73m ² | 80,8 ± 9,9 | 82,5 ± 12,8 | 0,35 |
| Age en années | 25,1 ± 2,9 | 39,9 ± 3,9 | |

Figure 10 : Analyse complémentaire - Phase 2 : Identification de variables influençant l'évolution du DFG au cours de la carrière des plongeurs

| 2 Groupes de plongeurs | | DFG < 0 | DFG > 0 | p-value après test du Chi2 | OR (IC95%) |
|--|---|-------------|---------------|----------------------------|-------------------|
| Variation moyenne du DFG au cours de leur carrière en ml/min ⁻¹ /1,73m ² | | - 9,8 ± 6,9 | + 11,1 ± 11,4 | | |
| Nombre de sujets total | | 27/60 | 33/60 | | |
| IMC Moyen en kg/m ² | | 24,9 ± 2 | 23,8 ± 2,8 | NS** | |
| Age Moyen en années | | 40,52 ± 3,7 | 39,16 ± 4,4 | NS** | |
| Consommation de Tabac : nombre de sujets | 0 | 19 | 20 | NS** | |
| | 1 | 8 | 13 | | |
| Pratique de la musculation : nombre de sujets | 0 | 10 | 13 | NS** | |
| | 1 | 17 | 20 | | |
| Bandelette urinaire positive : nombre de sujets | 0 | 23 | 24 | NS** | |
| | 1 | 4 | 9 | | |
| Utilisation d'un mélange suroxygéné ou d'O ₂ pur | 0 | 9 | 23 | ≤ 0,01 | 4,6 (1,5-13,7) |
| | 1 | 18 | 10 | | |

** NS : « Non Significatif »

ANNEXE 3. Trame de recueil des données

| | |
|-------------------|-------------|
| N° DOSSIER | NOM |
| Date de naissance | Identifiant |

1/ GENERALITES

- **Discipline :**
- **Mélange oxygéné utilisé :** 1=Air; 2= O2 pur; 3= Suroxygéné
- **Lieux d'Affectation successifs**
- **Date de première visite**
- **Date de dernière visite**
- **Sexe :** 1=H; 2=F
- **Antécédents médicaux :** 0=non; 1=oui
- **Antécédents d'accidents de plongée :** 0=non; 1=oui
- **Traitements :** 0=non; 1=oui
- **Pratique de la musculation :** 0=non; 1=oui
- **Supplémentation protéique PO :** 0=non; 1=oui
- **Tabagisme :** 0=non; 1=oui; 2=occasionnel
- **Inaptitude ? :** 0=non; 1=oui ; 2 = oui d'origine néphrologique
- **Commentaires**

2.1/ EXAMEN URINAIRE 1

- **Date de l'examen**
- **Taille** en cm :
- **Poids** en Kg:
- **TA** en mmHg :
- **FC** en bpm:
- **Hématurie :**
- **Protéinurie :**
- **Glycosurie :**

2.2/ EXAMEN SANGUIN 1

- **Date de l'examen**
- **Hématocrite** en %:
- **Créatininémie** en $\mu\text{mol/L}$
- **Support de dosage de la créatinine :** 0 = Matrice sérique (< 2004) ; 1= Matrice plasmatique (> 2004)
- **Méthode de dosage de la créatinine :** 0 = Enzymatique (< 2004) ; 1= Jaffé non compensée (2005-2007); 2= Jaffé compensée et raccordée IDMS (2008-2019).

3.1/ EXAMEN URINAIRE 2

- **Date de l'examen**
- **Nombre de plongées/an**
- **Taille** en cm :
- **Poids** en Kg:
- **Hématurie :**
- **Protéinurie :**
- **Glycosurie :**

3.2/ EXAMEN SANGUIN 2

- **Date de l'examen**
- **Hématocrite** en %:
- **Créatininémie** en $\mu\text{mol/L}$
- **Support de dosage de la créatinine :** 0 = Matrice sérique (< 2004) ; 1= Matrice plasmatique (> 2004)
- **Méthode de dosage de la créatinine :** 0 = Enzymatique (< 2004) ; 1= Jaffé non compensée (2005-2007); 2= Jaffé compensée et raccordée IDMS (2008-2019)

4.1/ EXAMEN URINAIRE 3

- **Date de l'examen**
- **Taille** en cm :
- **Poids** en Kg:
- **Hématurie :**
- **Protéinurie :**
- **Glycosurie :**

4.2/ EXAMEN SANGUIN 3

- **Date de l'examen**
- **Hématocrite** en %:
- **Créatininémie** en $\mu\text{mol/L}$
- **Support de dosage de la créatinine :** 0 = Matrice sérique (< 2004) ; 1= Matrice plasmatique (> 2004)
- **Méthode de dosage de la créatinine :** 0 = Enzymatique (< 2004) ; 1= Jaffé non compensée (2005-2007); 2= Jaffé compensée et raccordée IDMS (2008-2019).

5.1/ EXAMEN URINAIRE 4

- **Date de l'examen**
- **Taille** en cm :
- **Poids** en Kg:
- **Hématurie** :
- **Protéinurie** :
- **Glycosurie** :

6.1/ EXAMEN URINAIRE 5

- **Date de l'examen**
- **Taille** en cm :
- **Poids** en Kg:
- **Hématurie** :
- **Protéinurie** :
- **Glycosurie** :

7.1/ EXAMEN URINAIRE 6

- **Date de l'examen**
- **Taille** en cm :
- **Poids** en Kg :
- **TA** en mmHg :
- **FC** en bpm:
- **Hématurie** :
- **Protéinurie** :
- **Glycosurie** :

5.2/ EXAMEN SANGUIN 4

- **Date de l'examen**
- **Hématocrite** en %:
- **Créatininémie** en $\mu\text{mol/L}$
- **Support de dosage de la créatinine** : 0 = Matrice sérique (< 2004) ; 1= Matrice plasmatique (> 2004)
- **Méthode de dosage de la créatinine** : 0 = Enzymatique (< 2004) ; 1= Jaffé non compensée (2005-2007); 2= Jaffé compensée et raccordée IDMS (2008-2019).

6.2/ EXAMEN SANGUIN 5

- **Date de l'examen**
- **Hématocrite** en % :
- **Créatininémie** en $\mu\text{mol/L}$
- **Support de dosage de la créatinine** : 0 = Matrice sérique (< 2004) ; 1= Matrice plasmatique (> 2004)
- **Méthode de dosage de la créatinine** : 0 = Enzymatique (< 2004) ; 1= Jaffé non compensée (2005-2007); 2= Jaffé compensée et raccordée IDMS (2008-2019).

7.2/ EXAMEN SANGUIN 6

- **Date de l'examen**
- **Hématocrite** en % :
- **Créatininémie** en $\mu\text{mol/L}$
- **Support de dosage de la créatinine** : 0 = Matrice sérique (< 2004) ; 1= Matrice plasmatique (> 2004)
- **Méthode de dosage de la créatinine** : 0 = Enzymatique (< 2004) ; 1= Jaffé non compensée (2005-2007); 2= Jaffé compensée et raccordée IDMS (2008-2019)

**ANNEXE 4. Organisation de la plongée militaire : 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.**

BULLETIN OFFICIEL DES ARMÉES



Édition Chronologique n° 39 du 25 septembre 2018

**PARTIE PERMANENTE
État-Major des Armées (EMA)**

Texte 2

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.

Du 28 juin 2018

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.

Du 28 juin 2018

NOR A R M E 1 8 5 1 7 1 4 J

Pièce(s) Jointe(s) :

Un imprimé répertorié.

Texte abrogé :

Instruction n° 900/DEF/DCSSA/PC/MA du 21 juillet 2014 (BOC n° 46 du 19 septembre 2014, texte 7 ; BOEM 510-4.1.2.2).

Classement dans l'édition méthodique : BOEM 510-4.1.2.2

Référence de publication : BOC n° 39 du 25 septembre 2018, texte 2.

Préambule.

La présente instruction a pour objet de définir les conditions médicales d'aptitude à la pratique de la plongée subaquatique et au travail en milieu hyperbare dans les armées.

Les modalités pratiques de la réalisation de la surveillance médicale des différentes catégories de plongeurs des trois armées et de la gendarmerie sont définies pour chaque armée par des instructions particulières des états-majors correspondants.

1. GÉNÉRALITÉS.

1.1. Niveau de qualifications des praticiens en médecine subaquatique et hyperbare.

La détermination de l'aptitude à la plongée sous-marine et au travail en milieu hyperbare est de la compétence de médecins des armées ayant suivi une formation adaptée. Il existe trois niveaux de formation :

- niveau 1/médecin des armées « compétent » : ayant suivi le cours de médecine appliquée à la plongée sous-marine dispensé par le centre de formation de médecine navale (CFMN) de l'école du Val de Grâce (EVDG) ;
- niveau 2/médecin des armées « diplômé » : titulaire du certificat de médecine appliqué à la plongée sous-marine (CMAPSM) délivré par l'EVDG ;
- niveau 3/médecin « expert » : médecin des armées confirmé ou certifié du SSA en médecine de la plongée.

1.2. Descriptions des expertises médicales.

Les expertises médicales d'aptitude aux emplois du personnel plongeur et au travail en milieu hyperbare sont pratiquées dans le service de Médecine Hyperbare et d'Expertise Plongée (SMHEP) de l'HIA Sainte Anne.

Il existe trois sortes d'expertises médicales :

- l'expertise initiale d'aptitude à la plongée ;
- les expertises révisionnelles quadriennales qui ont pour objet le renouvellement de l'aptitude médicale du personnel plongeur ;
- les expertises après inaptitude médicale supérieure à trois mois et/ou après accident de plongée survenu dans le cadre militaire ou civil.

1.3. Catégories de personnels exposés aux activités hyperbares.

En fonction des conditions d'environnement et d'emploi, quatre catégories différentes de personnels exposés aux activités hyperbares sont définies.

1.3.1. Catégorie 1.

La catégorie 1 concerne les plongeurs militaires qui ont validé une qualification leur permettant de pratiquer la plongée subaquatique en circuit ouvert jusqu'à la profondeur de 40 mètres, soit à l'air, soit avec un mélange suroxygéné type Nitrox.

1.3.2. Catégorie 2.

La catégorie 2 concerne les plongeurs militaires qui ont validé une qualification spécifique leur permettant de pratiquer la plongée subaquatique :

- en circuit ouvert : à l'air, au-delà d'une profondeur de 40 mètres ou avec un mélange TRIMIX ;
- avec appareil à recyclage de gaz : à l'oxygène pur ou avec un mélange suroxygéné type Nitrox, ou avec un mélange TRIMIX.

1.3.3. Catégorie 3.

La catégorie 3 concerne les activités d'accompagnement et de surveillance d'un accidenté dans une enceinte hyperbare jusqu'à une profondeur équivalente à 50 mètres à l'air, dans le cadre du traitement d'un accident de plongée ou de l'évacuation d'un sous-marin en détresse. Elle concerne le personnel SSA (médecin, infirmiers, et opérateur caisson), ainsi que les « accompagnateurs caisson » formés dans les unités disposant d'un moyen hyperbare.

1.3.4. Catégorie 4.

La catégorie 4 concerne l'initiation à la plongée militaire subaquatique à l'air jusqu'à la profondeur de 10 mètres et en conditions environnementales sécurisées.

2. EXPERTISES MÉDICALES D'APTITUDE AUX EMPLOIS DE PLONGEUR ET AU TRAVAIL EN MILIEU HYPERBARE.

2.1. Expertises médicales initiales.

La pratique de la plongée subaquatique ou du travail en milieu hyperbare est subordonnée à une détermination préalable de l'aptitude médicale.

2.1.1. Visite médicale préliminaire d'aptitude à la plongée subaquatique.

Avant de constituer un dossier de candidature à l'emploi de plongeur, une visite médicale préliminaire doit être réalisée par un médecin des armées. Celui-ci vérifiera l'absence de contre-indication majeure à la plongée

subaquatique et la compatibilité du profil médical du candidat (SIGYCOP) avec la qualification plongeur demandée.

2.1.2. Expertise médicale initiale d'aptitude à la plongée subaquatique catégories 1 et 2, réactualisation et réadmission.

L'examen d'expertise médicale initiale de tout plongeur doit être réalisé par un médecin expert du SMHEP. Les personnels candidats à la plongée subaquatique catégorie 1 et 2 qui n'ont pas pu suivre un cours plongeur jusqu'à son terme dans l'année suivant l'expertise médicale initiale doivent effectuer une visite médicale de réactualisation au SMHEP.

Après un interrogatoire, un examen clinique, la réalisation d'explorations complémentaires précisées au point 3 de la présente instruction, et l'avis de spécialistes hospitaliers militaires si nécessaire, le médecin expert, chef du SMHEP ou son suppléant, statue sur l'aptitude médicale à la plongée subaquatique du candidat.

Une visite de réadmission peut être effectuée dans certaines situations exceptionnelles à distance d'une décision d'inaptitude médicale à la plongée militaire. L'évolution du contexte médical, documenté par des avis et bilans spécialisés, peut conduire le médecin expert, chef du SMHEP, à proposer une visite initiale de réadmission.

2.1.3. Expertise médicale initiale au travail en milieu hyperbare (catégorie 3) et l'aptitude à la plongée subaquatique à l'air jusqu'à 10 mètres (catégorie 4).

L'aptitude médicale initiale est déterminée par un médecin des armées « diplômé ». Les personnels candidat au travail en milieu hyperbare (catégorie 3) ou à l'aptitude à la plongée subaquatique à l'air jusqu'à 10 mètres (catégorie 4) qui n'ont pas pu suivre une qualification jusqu'à son terme dans l'année suivant l'expertise médicale initiale doivent effectuer une visite médicale de réactualisation.

2.2. Visites de contrôle et expertises médicales révisionnelles.

Le personnel militaire pratiquant la plongée subaquatique est soumis à une surveillance médicale régulière incluant :

- une visite médicale annuelle de contrôle à la date anniversaire de la visite initiale ;
- une expertise médicale révisionnelle quadriennale.

2.2.1. Visite médicale annuelle de contrôle de l'aptitude des plongeurs de catégories 1 et 2.

Elle est effectuée par un médecin des armées « compétent ». Le médecin s'appuiera sur les différentes consultations hospitalières spécialisées précisées au point 3. de la présente instruction.

2.2.2. Visite médicale annuelle de contrôle de l'aptitude au travail en milieu hyperbare.

La visite annuelle de contrôle est réalisée par un médecin des armées « compétent ».

2.2.3. Expertise médicale révisionnelle quadriennale.

L'examen d'expertise médicale révisionnelle quadriennale des plongeurs est réalisée par un médecin « expert » du SMHEP pour les plongeurs de catégorie 1 et 2, et par un médecin des armées « diplômé » pour les travailleurs en milieu hyperbare de catégorie 3.

2.2.4. Inaptitude médicale temporaire.

Les inaptitudes temporaires à la plongée subaquatique ou au séjour en ambiance hyperbare d'une durée inférieure ou égale à trois mois peuvent être prononcées par tout médecin des armées. Il est rendu compte au

SMHEP des inaptitudes supérieures à un mois.

2.2.5. Inaptitude médicale prolongée ou définitive.

Une décision d'inaptitude temporaire d'une durée supérieure à trois mois ou d'inaptitude définitive est soumise à l'avis du médecin « expert », chef du SMHEP ou de son suppléant.

2.2.6. Visite de reprise.

Après tout accident de plongée, la décision de reprise des activités subaquatiques ou hyperbares est du ressort du médecin « expert », chef du SMHEP ou de son suppléant.

2.2.7. Recours.

Le personnel militaire déclaré définitivement inapte à la plongée subaquatique ou au travail en milieu hyperbare par le médecin « expert », chef du SMHEP ou son suppléant, peut exercer son droit de recours par la voie hiérarchique dans les délais réglementaires (2 mois), selon les procédures propres à chaque armée.

Son cas est alors soumis à la commission médicale supérieure du personnel plongeur des armées (CMSPPA).

3. CONDITIONS D'APTITUDE MÉDICALE À LA PLONGÉE SUBAQUATIQUE ET AU TRAVAIL EN MILIEU HYPERBARE.

3.1. Généralités.

L'âge minimum requis est de 18 ans. L'âge maximum pour une candidature initiale à un cours de plongeur est fixé par chaque état-major selon une instruction particulière.

Il n'y a pas de limite d'âge supérieure à la pratique de la plongée subaquatique. L'aptitude est délivrée chaque année en fonction des constatations effectuées lors des visites périodiques.

Si lors de l'expertise d'aptitude initiale une grande rigueur est demandée pour l'application des normes, lors des visites périodiques il pourra être admis des dérogations tenant compte de l'emploi occupé, des contraintes subies, des accidents survenus à l'occasion du service et de l'expérience acquise, à condition que la sécurité du plongeur et celle de ses coéquipiers ne soient pas mises en jeu. L'octroi de la dérogation, avec restriction éventuelle d'emploi, relève exclusivement d'une décision du commandement, après avis de la CMSPPA.

3.2. Aptitude médicale initiale à la plongée subaquatique « catégories 1 et 2 ».

Le sujet doit répondre aux conditions d'aptitude médicale ci-après.

3.2.1. Constitution physique générale.

L'indice de masse corporelle (IMC) est le rapport du poids (P exprimé en kilogrammes) sur le carré de la taille (T exprimée en mètre), $IMC = P/T^2$. Il doit être compris entre 19 et 29.

3.2.2. Examen clinique général.

3.2.2.1. Squelette et appareil locomoteur.

Compte tenu des contraintes physiques imposées par la pratique de la plongée, une musculature harmonieuse est nécessaire.

Toute affection ostéo-myo-articulaire en évolution, ainsi que les séquelles fonctionnelles d'affections congénitales ou acquises, peuvent entraîner une inaptitude. Les antécédents traumatiques sans séquelle fonctionnelle ne sont pas éliminatoires.

La notion antérieure d'accident de désaturation articulaire implique la réalisation d'une exploration par imagerie (IRM) à la recherche d'infarctus osseux ou de séquelles d'ostéonécrose.

La constatation d'une ostéonécrose juxta-articulaire est éliminatoire.

Pour les plongeurs de la catégorie 2, le rachis fera l'objet d'un examen minutieux à la recherche d'un passé vertébral douloureux.

3.2.2.2. Appareil cardio-vasculaire.

L'intégrité anatomique et fonctionnelle de l'appareil cardio-vasculaire est obligatoire.

La pression artérielle, en dehors de tout traitement, doit être inférieure ou égale à 140 mm Hg pour la systolique, à 90 mm Hg pour la diastolique. En cas de valeur limite une exploration complémentaire (mesure ambulatoire de la pression artérielle) devra être réalisée pour confirmer une hypertension artérielle.

Un électrocardiogramme est systématiquement pratiqué.

Une épreuve d'effort sous-maximale à visée cardiologique sera réalisée chez les sujets présentant l'association d'au moins deux facteurs de risques cardio-vasculaires (classification Score de la Société Européenne de Cardiologie, Score Risk Charts) parmi les suivants :

- âge > 40 ans chez les hommes, >50 ans chez les femmes ;
- tabagisme actif ou sevré depuis moins de 5 ans ;
- dyslipidémie (LDL-cholestérol > 1,5 g.l⁻¹) ;
- hérédité cardio-vasculaire chez un ascendant du premier degré.

Sauf avis contraire spécialisé, cet examen sera renouvelé tous les quatre ans.

L'utilisation d'un questionnaire et/ou la réalisation d'un test destiné à apprécier l'adaptation cardiovasculaire à l'effort du sujet et son interprétation sont laissées à l'initiative du médecin examinateur (le risque d'accident de désaturation augmente avec la baisse de la capacité aérobie). En cas de doute sur l'adaptation cardiovasculaire à l'effort du sujet, une épreuve d'effort avec détermination des seuils ventilatoires et métaboliques devra être réalisée et analysée en fonction de l'activité physique et des contraintes spécifiques relatives à l'emploi occupé par le plongeur.

Entraine l'inaptitude à la plongée :

- toute inaptitude médicalement évaluée à l'effort physique ;
- toute affection cardio-vasculaire pouvant éventuellement favoriser une perte de connaissance en plongée ;
- la présence de matériel prothétique intracardiaque ou intravasculaire en visite initiale.

Ne sont pas éliminatoires :

- un souffle systolique clinique isolé, dont le caractère bénin a été confirmé par échographie cardiaque ;
- une cardiomégalie en rapport avec une activité sportive intense, après élimination d'un état pathologique par la clinique et les examens paracliniques ;

- les tachycardies sinusales neurotoniques inférieures à 100 pulsations par minute, réagissant bien aux épreuves d'effort ;
- les bradycardies sinusales et blocs auriculo-ventriculaires du 1^{er} degré isolés, sans manifestation fonctionnelle, se normalisant à l'effort ;
- les extrasystoles d'origine supra-ventriculaires (ESSV) peu fréquentes, les extrasystoles ventriculaires (ESV) de degré 1 de LOWN (monomorphes, tardives, moins d'une par minute ou moins de 30 par heure à l'enregistrement continu), isolées, disparaissant à l'effort ;
- l'aspect rsr' (r' inférieur à 2 mm) en dérivations précordiales droites sans autre signe de bloc de branche droit associé ;
- les troubles circulatoires modérés (varices, hémorroïdes) ;
- la sidération endocavitaire d'une voie de conduction accessoire ayant entraîné la guérison.

La recherche systématique d'un *foramen ovale* perméable n'est pas recommandée lors de la visite initiale.

3.2.2.3. Appareil respiratoire.

L'intégrité anatomique et fonctionnelle de l'appareil respiratoire est exigée.

Il sera pratiqué :

- une tomodensimètre thoracique, examen de référence pour éliminer des bulles d'emphysème ou des kystes aériques qui sont éliminatoires. Elle sera réalisée une seule fois en visite initiale. La radiographie thoracique n'a plus d'indication dans la détermination de l'aptitude ;
- une exploration fonctionnelle respiratoire (EFR) mesurant la capacité vitale, le volume courant, le volume de réserve expiratoire, le volume résiduel (VR), la capacité pulmonaire totale (CPT), le volume expiratoire maximum par seconde (VMS), le coefficient de Tiffeneau et les débits expiratoires (DEM).

L'interprétation d'EFR doit prendre en compte la qualité d'exécution des tests. En effet, la première hypothèse à évoquer en présence d'anomalies fonctionnelles respiratoires doit systématiquement être celle d'un problème méthodologique, qu'il s'agisse d'un défaut technique ou, le plus souvent, d'une coopération insuffisante du patient, quel qu'en soit le mécanisme. La taille et le poids doivent être mesurés au moment des explorations fonctionnelles respiratoires, sans se fier aux valeurs déclarées par le patient lui-même.

Après contrôle, les valeurs suivantes peuvent faire évoquer la présence d'anomalies fonctionnelles respiratoires :

- volumes mobilisables < 80% de la valeur théorique ;
- VEMS < 90 % de la valeur théorique ;
- coefficient de Tiffeneau < 75% ;
- DEM75, DEM 50, DEM 25, DEM 25-75 < 75% de la valeur prédite ;
- VR/CPT > 30 %.

Un trouble ventilatoire obstructif patent est éliminatoire. Une exploration complémentaire devra être réalisée en présence d'un trouble ventilatoire obstructif périphérique avec des épreuves de réactivité bronchique et/ou de réponse ventilatoire à l'exercice.

L'asthme évolutif, l'asthme au froid et l'asthme d'effort sont considérés comme des motifs d'inaptitude. Les dystrophies bulleuses sont éliminatoires.

Les antécédents de tumeurs pulmonaires, et de pathologies infectieuses graves, de bronches à clapet, d'une exérèse pulmonaire partielle sont des contre-indications à l'exposition hyperbare. Il en est de même de l'antécédent de pneumothorax spontané en raison du risque de récurrence. Les sujets avec antécédents de pneumothorax iatrogène ou post-traumatique ou de traumatisme thoracique pourront être déclarés aptes sous réserve d'une fonction ventilatoire correcte et de l'absence de bulles ou de kystes aériques.

3.2.2.4. Dents et cavité buccale.

L'intégrité fonctionnelle des incisives, canines et prémolaires est obligatoire pour le maintien de l'embout buccal. Les édentements doivent être compensés par des dispositifs prothétiques fixes dento ou implanto-portés.

Le port d'une prothèse dentaire amovible est incompatible avec la pratique de la plongée subaquatique. Le plongeur doit retirer sa prothèse tout en conservant la capacité de maintenir son embout buccal.

Entraînent l'inaptitude temporaire :

- des obturations défectueuses (fissures, fractures, perte d'étanchéité, mobilité) ;
- des soins dentaires récents (soins conservateurs et endodontiques, chirurgie orale et parodontale) ;
- des soins dentaires temporaires ou inadaptés à la pratique de la plongée (obturations temporaires, dispositifs prothétiques scellés avec un ciment temporaire, coiffages pulpaux directs et indirects, pulpotomies, restaurations profondes sans mise en place de fond de cavité) ;
- une communication bucco-sinusienne en phase de cicatrisation ;
- un implant dentaire en phase d'ostéointégration.

La décision d'aptitude s'appuiera sur un examen bucco-dentaire, avec panoramique dentaire préalable par un chirurgien-dentiste et datant de moins d'un an.

3.2.2.5. Appareil génito-urinaire.

Toute affection évolutive de l'appareil génito-urinaire entraîne l'inaptitude.

Toute affection stabilisée de l'appareil urinaire ayant un retentissement fonctionnel entraîne l'inaptitude.

Le retentissement des altérations fonctionnelles de l'appareil génital sur l'aptitude est laissé à l'appréciation du médecin examinateur.

Toute femme en âge de procréer doit être informée des risques pour la grossesse et être invitée à déclarer son état dès qu'elle en a connaissance. L'état de grossesse constitue une inaptitude temporaire dès qu'il est constaté. En cas d'exposition hyperbare avant le diagnostic de grossesse, une surveillance échographique rapprochée doit être conduite, avec en particulier un examen morphologique précis à la 20^e semaine.

3.2.2.6. Dermatologie.

Des pathologies cutanées présentent un risque relatif qui doit être discuté au cas par cas en fonction de leur retentissement fonctionnel. On peut citer comme pathologies pouvant entraîner une contre-indication à l'immersion :

- l'urticaire au froid ;

- l'urticaire à l'eau ;
- les allergies de contact (néoprène, caoutchouc) ;
- les plaies chroniques ;
- les cryoglobulinémies et le cryofibrinogène ;
- un syndrome de Raynaud sévère ;
- les dermatoses étendues ;
- les panniculites au froid.

Les maladies générales avec manifestations cutanées et risque d'atteinte d'autres organes ou de décompensation d'atteintes préexistantes entraînent également l'inaptitude.

3.2.2.7. *Organes hématopoïétiques.*

Une crase sanguine anormale, une drépanocytose, une splénomégalie ou des antécédents de splénectomie avec retentissement sur la formule sanguine entraînent l'inaptitude à la plongée. Les hémopathies, les états hémorragiques ou thrombophiliques seront recherchés par l'anamnèse et l'examen clinique. Ils feront l'objet d'explorations complémentaires en cas d'éléments évocateurs.

3.2.2.8. *Examens biologiques.*

En cas d'anomalie, les examens biologiques seront complétés par un bilan étiologique destiné à en préciser la cause. Des examens biologiques sanguins ou urinaires recherchant une consommation abusive d'alcool ou l'usage de substances toxiques ou psychotropes peuvent être prescrits en présence d'éléments d'orientation à l'interrogatoire et/ou à l'examen clinique.

Les désordres métaboliques liés à une conduite addictive ou à un déséquilibre alimentaire peuvent entraîner une inaptitude temporaire ou définitive à la plongée.

Doivent être réalisés les examens suivants :

- examens sanguins : numération globulaire, formule sanguine, taux d'hémoglobine, groupe sanguin et facteur rhésus (s'ils ne sont pas déjà connus), hémocrite, volume globulaire moyen, concentration globulaire moyenne en hémoglobine, numération plaquettaire ;
- dosages sanguins : glucose, acide urique, triglycérides, cholestérol total, *high density lipoprotein* (HDL), LDL, gamma-glutamyl-transpeptidase, aspartate-amino-transférase, alanine-amino-transférase, dosage de la créatinine plasmatique avec calcul du débit de filtration glomérulaire (DFG) estimé par l'équation du CKD-EPI (*chronic kidney disease - epidemiology collaboration*) ;
- examens urinaires : recherche d'une protéinurie, d'une hématurie et d'une glycosurie.

3.2.2.9. *Système nerveux.*

L'intégrité clinique et fonctionnelle du système nerveux est obligatoire.

Les antécédents de comitialité sont éliminatoires.

L'examen neurologique des plongeurs de catégorie 2 comporte un bilan électroencéphalographique avec hyperpnée provoquée et stimulation lumineuse intermittente les yeux ouverts puis fermés.

En l'absence de tout signe d'appel, d'affection ou traumatisme intercurrents, ce bilan électroencéphalographique n'est pratiqué qu'en visite initiale. Si ce bilan n'a pas déjà été réalisé auparavant, il doit également être pratiqué chez les plongeurs de catégories 1 avant leur affectation dans une unité où ils peuvent être amenés à plonger avec un mélange suroxygéné type Nitrox.

Les tracés révélant des signes d'épilepsie ou d'anomalies cérébrales organiques sont éliminatoires.

N'entraînent pas l'inaptitude, la constatation :

- d'un rythme alpha lent ;
- de tracés désynchronisés ;
- d'ondes lentes postérieures fonctionnelles en l'absence de symptomatologie clinique ;
- de paroxysmes pariéto-occipitaux symétriques à la stimulation lumineuse intermittente, s'ils sont non généralisés et sans traduction clinique ;
- d'une synchronisation delta antérieure symétrique après trois minutes d'hyperpnée bien exécutée chez un sujet de moins de 30 ans.

3.2.2.10. Examen psychologique.

L'équilibre émotionnel doit être satisfaisant et l'harmonie de la personnalité souhaitable.

Entraînent l'inaptitude, l'existence de :

- antécédents d'attaque de panique ;
- réactions psychosomatiques importantes ;
- troubles psychiatrique symptomatiques ;
- troubles psychiatrique symptomatiques sous traitement psychotrope ;
- conduites addictives et en particulier les stigmates comportementaux d'éthylisme, confirmés par les examens clinique et biologiques.

Le niveau d'anxiété de fond est évalué lors de l'interrogatoire et à l'aide d'un questionnaire de dépistage. Un score supérieur à 39 à l'auto-questionnaire STAI forme Y-B (State-Trait Anxiety Inventory) doit conduire à une évaluation psychologique par un psychologue des services de psychologie propres à chaque armées et/ou par un médecin des HIA certifié en psychiatrie.

L'épreuve du caisson permet de vérifier la tolérance du sujet au confinement en milieu hyperbare, sa maîtrise psychologique (émotivité, anxiété) et sa motivation.

3.2.3. Examen ophtalmologique.

La détermination de l'aptitude ophtalmologique est effectuée obligatoirement en milieu spécialisé (centre d'expertise ou service d'ophtalmologie d'un HIA).

L'examen porte sur l'analyse d'éléments fonctionnels et d'éléments anatomo-cliniques :

- une détermination de l'acuité visuelle avec et sans correction, en vision de près et de loin ;
- un examen du fond d'œil ;
- un examen du sens chromatique.

L'intégrité anatomo-clinique de l'œil est requise. Toute chirurgie ou antécédent de traumatisme oculaire doit faire l'objet d'une vérification par un médecin des HIA certifié en ophtalmologie. L'épithélium pigmentaire ne doit pas révéler d'anomalie.

Peuvent être admises les suites de chirurgie réfractive sans complication ni séquelle à l'exclusion de toute autre chirurgie cornéenne ou intra-oculaire après avis d'un médecin des HIA certifié en ophtalmologie.

Ne sont pas éliminatoires :

- les anomalies vitéo-rétiniennes prédisposant au décollement de rétine, convenablement traitées par photocoagulation ;
- les décollements rétiniens d'origine traumatique opérés depuis plus de deux ans, avec résultat anatomique satisfaisant.

L'acuité visuelle ne devra pas être inférieure à 3/10 sans correction pour chaque œil (ou 4/10 et 2/10 ou 5/10 et 1/10) sans correction avec un total de 8/10 au minimum (ou 7/10 et 9/10 ou 6/10 et 10/10) en vision corrigée, avec absence de diplopie. Le degré d'amétropie toléré ne sera pas supérieur à trois dioptries.

Pour les nageurs de combat et plongeurs qualifiés « intervention offensive » et l'acuité visuelle sera d'au moins 8/10 pour chaque œil (ou 9/10 et 7/10 ou 6/10 et 10/10) sans correction, avec 10/10 en vision corrigée. Le degré d'amétropie toléré ne sera pas supérieur à deux dioptries.

Pour le travail en milieu hyperbare, le degré d'amétropie toléré ne sera pas supérieur à 8 dioptries.

3.2.4. Examen oto-rhino-laryngologique.

La détermination de l'aptitude oto-rhino-laryngologique (ORL) est effectuée obligatoirement en milieu spécialisé (SMHEP ou service ORL d'un HIA). Elle comporte un examen approfondi de l'organe de l'audition et de l'équilibration ainsi que des voies aérodigestives supérieures.

Les tympans doivent avoir un aspect normal et être mobiles à la manœuvre de Valsalva.

Sont éliminatoires :

- toute atteinte cliniquement décelable de l'organe d'équilibration ou ayant une conséquence fonctionnelle ;
- toute perforation chronique du tympan ;
- toute lésion ou maladie chronique de la chaîne tympano-ossiculaire, même traitée chirurgicalement.

Les déviations de la cloison nasale n'entraînant pas de dysperméabilité tubaire ou sinusienne ne sont pas éliminatoires.

L'examen clinique est complété par une audiométrie tonale comportant les bandes de fréquences 125Hz - 250Hz - 500Hz - 1000Hz - 2000Hz - 4000Hz - 6000Hz et 8000Hz.

Un scotome isolé, pour une bande de fréquences égale ou supérieure à 4kHz, (déficit inférieur à 55dB pour 4 kHz, 65 dB pour 6 kHz et 70 dB pour 8kHz) dû à une lésion cicatricielle non évolutive, traduction d'un traumatisme sonore ancien, stabilisé, sans trouble d'équilibration, est admis en expertise médicale initiale (sauf pour les plongeurs de la catégorie 2 qualifiés « intervention offensive » ou « nageur de combat »).

La capacité des sujets à réaliser les manœuvres répétées pour équilibrer les oreilles ainsi que la tolérance à l'exposition hyperbare sont évalués par un test de mise en pression en caisson hyperbare à 4 ATA (profondeur équivalente à 30 mètres ; mise en pression à la vitesse de 15 mètres par minute) ; trois essais sont autorisés.

3.3. Réactualisation et réadmission d'aptitude médicale initiale à la plongée subaquatique et hyperbare.

Le personnel concerné par la réactualisation ou la réadmission d'une aptitude médicale initiale à la plongée subaquatique doit effectuer :

- une biométrie et un examen clinique ;
- un contrôle de l'acuité visuelle avec et sans correction, en vision de près et de loin ;
- une exploration fonctionnelle respiratoire (à l'exception de la mesure du volume résiduel) ;
- un électrocardiogramme ;
- une audiométrie tonale ;
- une biologie sanguine identique à celle de la visite initiale datant de moins de 3 mois ;
- des examens urinaires (protéinurie, hématurie, glycosurie) ;
- un examen bucco-dentaire par un chirurgien-dentiste datant de moins d'un an, précisant l'absence de contraindication à la plongée et à l'hyperbarie.

3.4. Aptitude médicale initiale au travail en milieu hyperbare « catégorie 3 » et aptitude médicale à la plongée subaquatique « catégorie 4 ».

L'aptitude médicale de ces personnels est basée sur l'examen clinique effectué par un médecin des armées diplômé et sur des explorations paracliniques du même type que celles qui sont précisées au point 3. de la présente instruction pour les plongeurs de catégorie 1.

Sauf le personnel de catégorie 3 réalise un examen bucco-dentaire auprès d'un chirurgien-dentiste et une tomodensitométrie thoracique. Sauf élément d'orientation le justifiant, l'épreuve fonctionnelle respiratoire ne comprend pas la mesure du volume résiduel. De même, l'électroencéphalogramme (EEG), le questionnaire de dépistage de l'anxiété et l'examen ophtalmologique avec fond d'œil en milieu spécialisé ne sont pas requis pour ces catégories de personnels.

3.5. Aptitude médicale révisionnelle.

Les plongeurs des catégories 1, 2 et 3 réalisent une épreuve d'effort cardiologique et/ou une épreuve d'effort maximale avec détermination des seuils ventilatoires dans les mêmes conditions que celles qui sont précisées dans la présente instruction par l'aptitude médicale initiale.

3.5.1. Contrôle médical annuel.

Le personnel des catégories 1, 2 et 3 effectue une visite médicale annuelle de contrôle de l'aptitude comprenant :

- une biométrie et un examen clinique ;
- un contrôle de l'acuité visuelle avec et sans correction, en vision de près et de loin ;
- un électrocardiogramme à partir de 40 ans ;
- une audiométrie tonale ;
- des examens urinaires (protéinurie, hématurie, glycosurie).

3.5.2. Expertise médicale quadriennale.

Tous les quatre ans, le personnel des catégories 1,2 et 3 est soumis à une expertise médicale révisionnelle d'aptitude comprenant :

- une biométrie et un examen clinique ;
- un contrôle de l'acuité visuelle avec et sans correction, en vision de près et de loin ;
- une exploration fonctionnelle respiratoire (à l'exception de la mesure du volume résiduel) ;
- un électrocardiogramme ;
- une audiométrie tonale ;
- une biologie sanguine identique à celle de la visite initiale datant de moins de 3 mois ;
- des examens urinaires (protéinurie, hématurie, glycosurie) ;
- un examen bucco-dentaire par un chirurgien-dentiste datant de moins d'un an, précisant l'absence de contreindication à la plongée et à l'hyperbarie.

Les personnels des catégories 1, 2 et 3 réalisent en outre :

- un examen du fond d'œil à partir de 40 ans datant de moins de 3 mois ;
- un bilan neuro-psychologique à l'aide de tests neuro-psychométriques à partir de 40 ans. En cas de perturbations, des explorations complémentaires pourront être prescrites (IRM cérébrale notamment).

3.5.3. Dépassement d'échéance.

Toute visite périodique doit être effectuée à la date anniversaire de la précédente.

Les dates d'échéance des expertises médicales quadriennales et des visites médicales d'aptitude temporaire sont fermes et n'admettent pas de délai de tolérance. Une inaptitude sera prononcée en cas de dépassement.

Pour les visites de contrôle annuelles, un retard maximum de trois mois après la date théorique d'échéance est toléré. Passé ce délai, le plongeur est considéré comme inapte médical temporaire à la plongée subaquatique. Il ne pourra recouvrer son aptitude qu'après avoir effectué une visite d'expertise médicale auprès d'un médecin « expert » du SMHEP pour les plongeurs des catégories 1 et 2, et par un médecin des armées « diplômé » pour le personnel de la catégorie 3.

En cas de séjour outre-mer programmé, il appartient au plongeur, en liaison avec le médecin responsable d'antenne et le commandement de son unité, de vérifier la validité de son aptitude avant son départ et de pratiquer systématiquement avant départ une expertise médicale quadriennale, quand bien même la précédente serait toujours valide. Les cas particuliers de dépassement d'échéance seront étudiés au cas par cas par le médecin du SMHEP.

3.6. *Visite de reprise.*

Après la prise en charge initiale d'un accident de plongée, la reprise de l'activité doit être statuée par le médecin chef du SMHEP ou son suppléant. Elle ne peut s'envisager en général qu'après plusieurs semaines à plusieurs mois d'interruption en fonction du diagnostic et de la sévérité du tableau clinique initial et sous réserve d'un état clinique et d'explorations complémentaires normalisées.

Afin d'éviter la récurrence, il est essentiel de prendre en compte les facteurs de risques environnementaux et professionnels, en analysant, d'une part, les possibilités de modification de la pratique de plongée ou d'exposition hyperbare (possibilité de limitation de catégorie et/ou de restriction d'emploi spécifique), et d'autre part, en analysant les facteurs de risques individuel qui peuvent être corrigés. L'octroi d'une dérogation, avec restriction éventuelle d'emploi, relève exclusivement d'une décision du commandement, après avis du CMSPPA.

Après un accident de désaturation, la présence d'un *foramen ovale* perméable (FOP) doit être prise en compte pour émettre des restrictions d'exposition et des aménagements du poste de travail (utilisation de mélanges suroxygénés et/ou limitation de profondeur). La fermeture du *foramen ovale* n'est pas considérée comme une contre-indication à la reprise de l'activité hyperbare. Après fermeture d'un FOP, la reprise des activités hyperbares ne sera étudiée qu'après la durée du traitement antiagrégant plaquettaire préconisée en regard de la technique utilisée et après vérification par échographie de contraste de l'étanchéité de la fermeture.

Concernant les œdèmes pulmonaires d'immersion, l'évaluation médicale prend en compte l'étude des circonstances de l'accident et de la plongée en cause, mais également des facteurs de sensibilité individuelle qui seront recherchés : bilan sanguin, ECG, EFR, scanner thoracique, échographie cardiaque, épreuve d'effort, holter tensionnel, et tout autre examen jugé utile en fonction des résultats précédents, y compris la réalisation de tests d'effort en immersion pour reproduire les conditions de plongée.

4. DISPOSITIONS DIVERSES.

Pour toutes les visites médicales d'aptitude à la plongée et à l'hyperbarie effectuées par les médecins de l'antenne médicale rattachée à l'unité, les résultats des différents examens ainsi que toutes les constatations médicales en rapport ou non avec la plongée sont minutieusement consignés sur la fiche modèle n° 620-4*/2.

Un exemplaire de cette fiche est incorporé au dossier médical numérique du logiciel médico-militaire en vigueur. Le certificat n° 620-4*/1 signé du médecin examinateur est adressé au SMHEP pour aval de l'avis d'aptitude et archivage. Ce certificat sera accompagné de la fiche modèle n° 620-4*/2 sous forme papier si elle n'a pu être transférée sur le logiciel médico-militaire.

L'instruction n° 900/DEF/DCSSA/PC/MA du 21 juillet 2014 relative à l'aptitude médicale à la plongée subaquatique et au travail en milieu hyperbare dans les armées est abrogée.

Pour la ministre des armées et par délégation :

*Le médecin général inspecteur,
directeur central adjoint du service de santé des armées,*

Philippe ROUANET.

ANNEXE 5. Accidentologie en plongée

RAPPELS ET GENERALITES SUR LES ACCIDENTS DE PLONGEE

La plongée sous-marine expose l'organisme à des contraintes environnementales majeures sur le plan ventilatoire, cardio-vasculaire et thermique liées à l'immersion dans un milieu dense, froid et irrespirable.

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), 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 pour prévenir la narcose.

Ces conditions peuvent être responsables de pathologies et d'accidents particuliers qui nécessitent une démarche diagnostique et une prise en charge spécifiques.

Tout signe clinique qui apparaît dans les 24 heures après une plongée doit être considéré comme un accident de plongée jusqu'à preuve du contraire.

Les accidents de plongée sont habituellement classés en fonction des conséquences physiopathologiques exercées par le milieu sur l'organisme et des lois physiques qui régissent ce milieu (cf tableau ci-dessous). On distingue entre autres les barotraumatismes consécutifs aux variations des volumes gazeux dans les cavités aériques de l'organisme, les accidents biochimiques (également appelés accidents « toxiques »), liés aux variations de pression partielle des gaz ventilés, les accidents de désaturation, liés à un relargage de gaz sous forme de bulles en fin de plongée, l'œdème pulmonaire d'immersion à la suite de modifications hémodynamiques liées aux contraintes environnementales et la noyade.

| Lois Physiques de la plongée | |
|---|----------------------------|
| Loi de Boyle-Mariotte | $P \times V = Cte$ |
| Loi de Dalton | $P_i = F_i \times P_{amb}$ |
| Loi de Henry | $C_i = \beta \times P_i$ |
| <small>P = Pression; V = Volume P_i = Pression partielle du gaz; F_i = Fraction du gaz; P_{amb} = Pression ambiante C_i = Concentration du gaz ; β coefficient de solubilité</small> | |

Les accidents barotraumatiques

Ils regroupent les pathologies aiguës mécaniques qui surviennent en rapport avec les variations de volume des gaz en fonction de la pression (loi de Boyle-Mariotte). En effet, en plongée sous-marine, la pression ambiante augmentant d'une atmosphère tous les 10 mètres, les cavités gazeuses de l'organisme vont subir des variations de pression, à la descente comme à la remontée, en particulier, la sphère ORL (oreilles moyenne et interne et les sinus de la face) et le poumon (on parle de « surpression pulmonaire »), et plus rarement, le tube digestif (on parle de « colique du scaphandrier ») ou les dents.

Lorsque les capacités d'équilibrage de l'organe sont déficientes (dysperméabilité tubaire ou méatale par exemple), celui-ci subit les variations de volume jusqu'à la limite de son élasticité, cela peut entraîner, à la descente, des lésions au niveau des muqueuses avec extravasation de sérosités sanglantes et dans certaines localisations, la rupture (perforation tympanique). A la remontée, l'organe exposé subit une distension par surpression relative jusqu'à sa rupture avec parfois une injection de gaz sous pression dans les tissus avoisinant voire directement dans les vaisseaux sanguins comme dans le cas de la surpression pulmonaire, susceptible de se compliquer d'un aéroembolisme artériel au niveau cérébral. Certaines circonstances sont particulièrement à risque de barotraumatisme pulmonaire comme une remontée rapide (« remontée ballon ») associée à un blocage de l'expiration qui empêche la libération de gaz ventilés.

Les accidents biochimiques

Ces accidents sont en rapport avec la toxicité des gaz ventilés qui apparaît au-delà d'un certain seuil de tolérance, en fonction de la pression partielle du gaz considéré (loi de Dalton) et du temps d'exposition. Tous les accidents biochimiques peuvent aboutir à une perte de connaissance en eau avec comme conséquence potentielle la noyade. Ils concernent l'oxygène qui peut entraîner une hypoxie ou une hyperoxie (on parle de crise hyperoxique ou « effet Paul Bert » avec un état convulsif généralisé), le dioxyde de carbone provoquant une hypercapnie (avec initialement un essoufflement et des céphalées), et l'azote responsable d'une narcose (on parle « d'ivresse des profondeurs » avec une altération des fonctions supérieures). Actuellement les accidents liés à l'oxygène et au dioxyde de carbone s'observent plutôt dans le contexte d'utilisation d'un appareil à recyclage de gaz, alors que la plongée à l'air comprimé expose principalement au risque de narcose à partir de 30 mètres.

Les accidents de désaturation (ADD)

Ils rassemblent l'ensemble des affections liées aux phénomènes de saturation pendant la plongée (loi de Henry) et de désaturation lors du retour vers la surface. La symptomatologie clinique est directement liée aux phénomènes de dégazage avec formation de bulles (on parle de « sursaturation ») dans l'organisme pendant la décompression.

Lors de l'immersion, le plongeur ventile des gaz à une pression ambiante supérieure à la pression atmosphérique. Les gaz diluants présents dans les gaz ventilés (principalement l'azote pour l'air comprimé) se dissolvent dans le sang et les tissus en fonction de la pression hydrostatique ambiante et de la durée du séjour (phase de saturation). Lors du retour vers la surface (phase de désaturation), l'azote dissous dans les tissus est principalement restitué au milieu ambiant sous forme dissoute, voire également sous forme gazeuse avec la formation de bulles. Celles-ci sont drainées par la circulation veineuse jusqu'au filtre pulmonaire où elles sont habituellement éliminées. Dans certaines circonstances, la production excessive de bulles expose au risque d'accident de désaturation, même si le profil de remontée avec paliers de décompression a été respecté. Cet « accident bullaire initial » est à l'origine d'effets mécaniques ou occlusifs immédiats avec une symptomatologie qui va dépendre de la

localisation des bulles dans l'organisme au niveau tissulaire (bulles stationnaires) et/ou vasculaire (bulles circulantes).

Il est habituel de décrire les ADD en accidents « bénins » de type I et en accidents plus « graves » de type II.

Les ADD de type I regroupent les formes cutanées, responsables de prurit (les « puces ») ou de plaques d'allure urticarienne (les « moutons ») et les formes ostéo-myo-articulaires (les « bends »), avec parfois des atteintes osseuses sous-jacentes susceptibles d'évoluer vers une ostéonécrose dysbarique.

Les ADD de type I sont en rapport, pour les « bends », avec la présence de bulles au niveau des structures musculo-tendineuses péri-articulaires ou au niveau intra-osseux. Les accidents cutanés de type « mouton » correspondent à la présence de bulles dans le tissu sous-cutané, et sont reliés à un mécanisme d'embolisation artérielle via un shunt vasculaire droite-gauche. Les atteintes de type « puces » avec un prurit isolé sont généralement liées à des phénomènes de vasoconstriction périphérique pendant la phase de décompression.

Les ADD de type II regroupent les formes neurologiques (médullaires et cérébrales), cochléo-vestibulaires, et exceptionnellement des formes cardio-pulmonaires appelées « chokes ». L'ADD de type II est en rapport avec la survenue d'une ischémie aiguë initiale, soit d'aval par aéroembolisme artériel paradoxal de bulles veineuses circulantes via un shunt vasculaire droite-gauche (foramen ovale perméable principalement), soit d'amont par engorgement veineux puis stase sanguine, en particulier au niveau des plexus épiduraux de la moelle épinière, ou bien encore par formation de bulles in situ intratissulaires. Ces mécanismes ne sont pas exclusifs les uns des autres. Par ailleurs, l'évènement bullaire associé à l'ADD ne représente que le facteur initial, déclencheur d'une cascade de phénomènes biochimiques complexes, communément appelée « maladie de décompression », qui correspond à l'activation secondaire de processus rhéologiques, humoraux, et immuno-inflammatoires, responsables de l'évolution des symptômes au cours des 24 premières heures.

Les œdèmes pulmonaires d'immersion (OPI)

Ces accidents sont initiés par les modifications hémodynamiques liées à l'immersion, l'effort physique, le froid, le stress psychologique et la ventilation de gaz denses. La symptomatologie cardio-respiratoire observée est décrite sous le terme d'œdème pulmonaire d'immersion, dont la connaissance s'est précisée ces dernières années. L'OPI correspond à un passage de sérosités sanglantes voire de sang total à travers la membrane alvéolo-capillaire réalisant une inondation alvéolaire. Ce passage est secondaire à une augmentation de la pression dans les capillaires pulmonaires associée parfois à des variations de pression dans les alvéoles ou des lésions directes de cette membrane. Sa physiopathologie est complexe car elle fait intervenir de nombreux facteurs.

Lors de l'immersion, la pression hydrostatique comprime les vaisseaux à paroi souple des tissus mous notamment au niveau des membres inférieurs et de l'abdomen (réseau veineux capacitif) et provoque ainsi une redistribution des volumes sanguins périphériques vers la cage thoracique plus rigide (« *blood shift* »). Ce phénomène est majoré par la vasoconstriction artérielle systémique observée lors de l'exposition au froid ou au stress. L'exercice physique provoque une augmentation du débit cardiaque et de la pression artérielle. L'ensemble de ces

phénomènes est à l'origine d'une augmentation des pressions dans le capillaire pulmonaire qui lorsqu'elles dépassent 35 mm Hg suffisent pour générer un passage de sang à travers la membrane alvéolo-capillaire (« *stress failure* »).

En plongée sous-marine, la densité du mélange ventilatoire augmente proportionnellement avec la pression ambiante ce qui entraîne des modifications importantes des régimes de pression intrathoracique. On observe notamment une accentuation des pressions négatives à l'inspiration et *a contrario* des pressions positives en fin d'expiration, majorées par l'effort. Dans certaines situations, en fonction de la position du plongeur et de son appareil respiratoire, il existe une augmentation des pressions négatives inspiratoires (cas du détenteur au-dessus du poumon à la remontée ou lors de l'utilisation d'un recycleur de gaz à port dans le dos).

En apnée, l'hypoxie et la dépression intrathoracique à la descente qui provoque un déséquilibre important entre les pressions dans les capillaires et l'alvéole, peuvent contribuer à la survenue d'un OPI.

Données épidémiologiques sur les accidents de plongée en milieu civil et militaire.

En plongée civile (données du centre hyperbare de l'HIA Sainte-Anne), l'ADD est le plus fréquent (56 %), suivi des OPI (13 %) et des barotraumatismes (10 %). Les barotraumatismes pulmonaires graves sont exceptionnels et représentent 1 à 2 % des accidents. Les barotraumatismes de la sphère ORL (oreille et sinus) représentent, en réalité, la majorité des accidents (80 %) mais ils sont rarement admis en milieu hospitalier.

Environ 300 à 400 ADD sont pris en charge chaque année dans les centres hyperbares en France (dont un tiers environ par l'HIA Sainte-Anne). La fréquence de survenue d'un ADD, rapportée au nombre de plongées, est de l'ordre de 0.01-0.03 %. La grande majorité des ADD survient malgré le respect de la procédure. Les formes sévères surviennent précocement après l'émersion, avec parfois des signes cliniques apparaissant dès les paliers, ou en surface dans les minutes qui suivent la sortie de l'eau. Les formes retardées après six heures sont plus rares. L'ADD se produit classiquement chez un plongeur confirmé, au décours d'une plongée plutôt saturante (profondeur supérieure à 40 mètres, durée totale de plongée de l'ordre de 40 minutes). Les ADD neurologiques médullaires sont à redouter car ils sont les plus fréquents et les plus graves avec 20 à 30 % de séquelles, à l'issue de la prise en charge en centre hyperbare.

Les OPI s'observent pour tous les niveaux d'expérience en plongée. Il semble que le plongeur de plus de 50 ans, avec des facteurs de risque cardio-vasculaire soit davantage concerné. Souvent pauci symptomatiques, ces OPI peuvent provoquer une hypoxie sévère et une dysfonction myocardique parfois mortelles. Ils représenteraient une cause importante et sous-estimée de décès en plongée. Le barotraumatisme pulmonaire compliqué d'embolie gazeuse cérébrale est également une cause significative de mortalité en plongée.

Dans les armées, les accidents de plongée restent peu fréquents avec environ une dizaine de cas chaque année, pour un effectif de plus de 2000 plongeurs militaires.

La fréquence de survenue d'un ADD, rapportée au nombre de plongées semble comparable aux données civiles, de l'ordre de 0.01-0.03 %. Les ADD surviennent essentiellement lors de

la pratique de la plongée à l'air, à l'occasion de plongées successives ou de plongées « yoyos » inférieures à 35 mètres ou encore lors de la pratique de plongées plus profondes supérieures à 40 mètres, avec un taux d'incidence estimé à 0.3 % dans cette tranche de profondeur.

Pour les plongeurs de catégorie 2, qui utilisent des appareils à recyclage des gaz, à l'oxygène pur ou aux mélanges suroxygénés (Nitrox ou Trimix), les ADD sont beaucoup moins fréquents.

En revanche, on observe un risque plus élevé d'accidents biochimiques, responsables de perte de connaissance. Ces accidents « biochimiques » sont répartis entre hypercapnie (fréquence de 40%), hyperoxie et hypoxie (30% respectivement).

Ces dernières années, la survenue régulière de cas d'OPI a été constatée dans la population des plongeurs démineurs de la Marine nationale, et semble être en liée, dans une certaine mesure, à l'utilisation de leur recycleur à port dans le dos. Des mesures préventives sont actuellement appliquées pour limiter le risque d'OPI chez les plongeurs démineurs.

Le barotraumatisme pulmonaire concerne plus particulièrement le plongeur néophyte, en formation initiale, évoluant à faible profondeur, dans un contexte d'exercice de remontée sans embout (RSE). L'enseignement de la RSE a récemment été modifié pour limiter les risques de survenue d'accident.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Epstein M. Renal effects of head-out water immersion in humans: a 15-year update. *Physiol Rev.* 1 juill 1992; 72(3):563- 621.
2. Saeng Park Y, Claybaugh JR, Shiraki K, Mohri M. Renal Function in Hyperbaric Environment. *Appl Hum Sci J Physiol Anthropol.* 1998; 17(1):1- 8.
3. Hammerum MS, Bie P, Pump B, Johansen LB, Christensen NJ, Norsk P. Vasopressin, angiotensin II and renal responses during water immersion in hydrated humans. *J Physiol.* août 1998; 511(1):323- 30.
4. Klapa S, Meyne J, Kähler W, Tillmans F, Werr H, Binder A, et al. Decompression illness with hypovolemic shock and neurological failure symptoms after two risky dives: a case report. *Physiol Rep.* mars 2017;5(6):e13094.
5. Hibi A, Kamiya K, Kasugai T, Kamiya K, Kominato S, Ito C, et al. Acute kidney injury caused by decompression illness successfully treated with hyperbaric oxygen therapy and temporary dialysis. *CEN Case Rep.* nov 2017;6(2):200- 5.
6. Logan IR, Brown AL. Severe acute kidney injury associated with immersion into seawater. *Schumacher U, éditeur. Cogent Med [Internet].* 21 févr 2017 [cité 8 nov 2019];4(1). Disponible sur: <https://www.cogentoa.com/article/10.1080/2331205X.2017.1297190>
7. Gleeson PJ, Kelly Y, Ni Sheaghdha E, Lappin D. A SCUBA diver with acute kidney injury. *Case Rep.* 6 mai 2015; 2015(may06 1):bcr2014206345- bcr2014206345.
8. Alp A, Akdam H, Meteoglu İ, Ünsal A, Akar H, Yenicerioglu Y. Acute kidney injury after near drowning: The way from the beach to hemodialysis: Acute kidney injury after near-drowning. *Hemodial Int.* janv 2016;20(1):E1- 4.
9. A case of acute kidney injury by near-drowning. : 3.
10. Oh YJ, Jung JY, Kim SS, Chae K-S, Rhu J, Lee C. The association of kidney function with repetitive breath-hold diving activities of female divers from Korea, Haenyeo. *BMC Nephrol.* déc 2017;18(1):75.
11. Pendergast DR, Lundgren CEG. The underwater environment: cardiopulmonary, thermal, and energetic demands. *J Appl Physiol.* janv 2009; 106(1):276- 83.
12. Jimenez C, Regnard J, Robinet C, Mourot L, Gomez-Merino D, Chennaoui M, et al. Whole body immersion and hydromineral homeostasis: effect of water temperature. *Eur J Appl Physiol.* janv 2010; 108(1):49- 58.
13. Gerbes AL, Arendt RM, Gerzer R, Schnizer W, Jüngst D, Paumgartner G, et al. Role of atrial natriuretic factor, cyclic GMP and the renin-aldosterone system in acute volume regulation of healthy human subjects. *Eur J Clin Invest.* août 1988; 18(4):425- 9.
14. Leung WM, Logan AG, Campbell PJ, Debowski TE, Bull SB, Wong PY, et al. Role of atrial natriuretic peptide and urinary cGMP in the natriuretic and diuretic response to central hypervolemia in normal human subjects. *Can J Physiol Pharmacol.* oct 1987;65(10):2076- 80.

15. Schou M, Gabrielsen A, Bruun NE, Skøtt P, Pump B, Dige-Petersen H, et al. Angiotensin II attenuates the natriuresis of water immersion in humans. *Am J Physiol-Regul Integr Comp Physiol*. 1 juill 2002; 283(1):R187- 96.
16. Castagna O, Blatteau J-E, Vallee N, Schmid B, Regnard J. The Underestimated Compression Effect of Neoprene Wetsuit on Divers Hydromineral Homeostasis. *Int J Sports Med*. 18 juin 2013; 34(12):1043- 50.
17. Castagna O. La physiologie de l'immersion : aspects hydrominéral et thermique. : 10.
18. Marabotti C, Scalzini A, Menicucci D, Passera M, Bedini R, L'Abbate A. Cardiovascular changes during SCUBA diving: an underwater Doppler echocardiographic study. *Acta Physiol*. sept 2013; 209(1):62- 8.
19. Boussuges A, Rostain J-C. What cardiovascular changes during SCUBA diving? *Acta Physiol*. sept 2013; 209(1):9- 10.
20. Behn C, Gauer OH, Kirsch K, Eckert P. Effects of sustained intrathoracic vascular distension on body fluid distribution and renal excretion in man. *Pflügers Arch Eur J Physiol*. 1969; 313(2):123- 35.
21. Me P, Ayme K. Modifications de la fonction cardio-circulatoire induites par l'exercice immergé. : 185.
22. Boussuges A, Molenat F, Grandfond A, Regnard J, Wolf J-P, Galland F, et al. Cardiovascular changes induced by cold water immersion during hyperbaric hyperoxic exposure. *Clin Physiol Funct Imaging*. Sept 2007; 27(5):268- 74.
23. Hope A, Aanderud L, Aakvaag A. Dehydration and body fluid-regulating hormones during sweating in warm (38°C) fresh- and seawater immersion. *J Appl Physiol*. 1 oct 2001; 91(4):1529- 34.
24. Johansen LB, Foldager N, Stadeager C, Kristensen MS, Bie P, Warberg J, et al. Plasma volume, fluid shifts, and renal responses in humans during 12 h of head-out water immersion. *J Appl Physiol*. 1 août 1992; 73(2):539- 44.
25. Williams STB, Prior FGR, Bryson P. Hematocrit Change in Tropical Scuba Divers*. *Wilderness Environ Med*. mars 2007; 18(1):48- 53.
26. MP O. Castagna; IEF AV. Desruelle; Institut de Recherche Biomédicale des Armées, Département « Environnements Opérationnels », Equipe résidente de Recherche Subaquatique Opérationnelle; MC JE. Blatteau (IRBA - ERRSO), MP C. Ramdani (IRBA). Rapport intermédiaire d'expertise : Surveillance des fonctions physiologiques des nageurs de combat lors d'immersions de 12 heures en eau à 18°C. 2019.
27. HUGON Julien. Vers une modélisation biophysique de la décompression [Sciences de l'environnement]. [Faculté de Médecine Marseille]: Aix-Marseille II; 2010.
28. Warren BA. The ultrastructural morphology of air embolism: platelet adhesion to the interface and endothelial damage. : 15.
29. Pontier J-M, Gempp E, Ignatescu M. Blood platelet-derived microparticles release and bubble formation after an open-sea air dive. *Appl Physiol Nutr Metab*. oct 2012;37(5):888- 92.

30. Nossum V, Hjelde A, Brubakk AO. Small amounts of venous gas embolism cause delayed impairment of endothelial function and increase polymorphonuclear neutrophil infiltration. *Eur J Appl Physiol.* janv 2002; 86(3):209- 14.
31. Obad A, Marinovic J, Ljubkovic M, Breskovic T, Modun D, Boban M, et al. Successive deep dives impair endothelial function and enhance oxidative stress in man: Deep trimix dives impair endothelial function. *Clin Physiol Funct Imaging.* nov 2010;30(6):432- 8.
32. Brubakk AO, Duplancic D, Valic Z, Palada I, Obad A, Bakovic D, et al. A single air dive reduces arterial endothelial function in man: Air dive and endothelial function. *J Physiol.* août 2005; 566(3):901- 6.
33. Castagna O, Desruelle A, Blatteau J-E, Schmid B, Dumoulin G, Regnard J. Alterations in Body Fluid Balance During Fin Swimming in 29°C Water in a Population of Special Forces Divers. *Int J Sports Med.* 30 sept 2015; 36(14):1125- 33.
34. Hugon M, Gempp E. Aptitude médicale à la plongée autonome et au travail en milieu hyperbare dans les armées. : 6.
35. Badiou S, Dupuy AM, Descomps B, Cristolead JP. Comparison between the enzymatic vitros assay for creatinine determination and three other methods adapted on the olympus analyzer. *J Clin Lab Anal.* 2003; 17(6):235- 40.
36. Greenberg N, Roberts WL, Bachmann LM, Wright EC, Dalton RN, Zakowski JJ, et al. Specificity Characteristics of 7 Commercial Creatinine Measurement Procedures by Enzymatic and Jaffe Method Principles. *Clin Chem.* 1 févr 2012; 58(2):391- 401.
37. Myers GL. Recommendations for Improving Serum Creatinine Measurement: A Report from the Laboratory Working Group of the National Kidney Disease Education Program. *Clin Chem.* 1 janv 2006; 52(1):5- 18.
38. Kuznetsova A., Brockhoff P.B. and Christensen R.H.B. lmerTest Package: Tests in Linear Mixed Effects Models. *Journal of Statistical Software.* 2017; 82(13), p. 1–26. doi: 10.18637/jss.v082.i13.
39. Société de néphrologie. Evaluation de la fonction rénale et de la protéinurie pour le diagnostic de la maladie rénale chronique chez l'adulte. 24 janvier 2009.
40. HAS. Bon usage des technologies de santé: Diagnostic de l'insuffisance rénale chronique. [Internet]. 2012. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2012-10/evaluation_du_debit_de_filtration_glomerulaire_et_du_dosage_de_la_creatininemie_dans_le_diagnostic_de_la_maladie_renale_chronique_chez_ladulte_-_fiche_but.pdf
41. Theunissen S, Guerrero F, Sponiello N, Cialoni D, Pieri M, Germonpré P, et al. Nitric oxide-related endothelial changes in breath-hold and scuba divers. 2013; 40(2):10.
42. Theunissen S. Intérêt de l'apport en chocolat noir dans la prévention des effets de la plongée à l'air et en apnée sur l'endothélium vasculaire. : 164.
43. Perovic A, Unic A, Domic J. Recreational scuba diving: negative or positive effects of oxidative and cardiovascular stress? *Biochem Medica.* 2014; 24(2):235- 47.

44. Ferrer MD, Sureda A, Batle JM, Tauler P, Tur JA, Pons A. Scuba diving enhances endogenous antioxidant defenses in lymphocytes and neutrophils. *Free Radic Res.* janv 2007;41(3):274- 81.
45. Larochelle P, Cusson JR, du Souich P, Hamet P, Schiffrin EL. Renal Effects of Immersion in Essential Hypertension. *Am J Hypertens.* févr 1994;7(2):120- 8.
46. MARCELKO Alexis. Intérêt du dépistage systématique de la protéinurie en médecine d'unité [Thèse-Article]. [Faculté de Médecine Marseille]: Aix-Marseille II; 2012.
47. Bertoye C, Daugas E. Protéinurie: du symptôme au diagnostic. *Traité de médecine AKOS.* 2011; 1-1420(EMC (Elsevier Masson SAS, Paris)).
48. Wingelaar TT, van Ooij P-JAM, van Hulst RA. Oxygen Toxicity and Special Operations Forces Diving: Hidden and Dangerous. *Front Psychol.* 25 juill 2017; 8:1263.
49. Giordano FJ. Oxygen, oxidative stress, hypoxia, and heart failure. : 10.
50. Haugen E, Nath KA. The Involvement of Oxidative Stress in the Progression of Renal Injury. *Blood Purif.* 1999; 17(2- 3):58- 65.
51. Francis WATTEL, Daniel Mathieu. *Traité de médecine Hyperbare.* Ellipses. 2002. 711 p.
52. Hordnes C., Tyssebotn I. Effect of High ambient pressure and oxygen tension on organ blood flow in conscious trained rats. *Undersea Biomed. Res.* 1985; 115- 28.
53. Hordnes C., Tyssebotn I. Effect of High ambient pressure and oxygen tension on organ blood flow in the anesthetized rat. *Undersea Biomed Res.* 1980;(7):47- 60.
54. Torbati D., Parolla D., LAVY S. Organ blood flow, cardiac output, arterial blood pressure and vascular, resistance in rats exposed to various oxygen pressures. *Aviat Space Environ Med.* 1979;(50):256- 63.
55. Marinovic J, Ljubkovic M, Breskovic T, Gunjaca G, Obad A, Modun D, et al. Effects of successive air and nitrox dives on human vascular function. *Eur J Appl Physiol.* juin 2012; 112(6):2131- 7.
56. Daroux M, Gaxatte C, Puisieux F, Corman B, Boulanger É. Vieillesse rénale : facteurs de risque et néphroprotection. *Presse Médicale.* nov 2009;38(11):1667- 79.
57. Convertino VA, Tatro DL, Rogan RB. Renal and cardiovascular responses to water immersion in trained runners and swimmers. *Eur J Appl Physiol.* déc 1993; 67(6):507- 12.
58. Gomes EC, Silva AN, Oliveira MR de. Oxidants, Antioxidants, and the Beneficial Roles of Exercise-Induced Production of Reactive Species. *Oxid Med Cell Longev.* 2012; 2012:1- 12.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admise 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.

Admise dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçue 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 déshonorée et méprisée si j'y manque.

RESUME

Introduction : Les modifications hémodynamiques et hydrominérales induites par l'immersion subaquatique placent le rein parmi les organes de première ligne, garants de l'homéostasie volumique et hydrominérale. Une étude récente a rapporté une dégradation de la fonction rénale chez une population de plongeurs apnéistes Coréennes. On sait qu'un stress oxydatif répété participe à la progression de la maladie rénale chronique. Ces observations nous ont amené à nous intéresser à l'effet sur le long terme de la pratique de la plongée subaquatique sur la fonction rénale. Pour ce faire nous avons mené une étude rétrospective observationnelle descriptive.

Matériel et méthodes : Le recrutement a été fait au sein du Service de Médecine Hyperbare et d'Expertise Plongée (SMHEP), de l'Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne à Toulon, centre de référence de suivi national unique des plongeurs militaires. 137 militaires français, ayant débuté leur carrière de plongeurs professionnels en 1999, toutes catégories confondues, ont été inclus. La période de suivi d'intérêt s'étendait de 1999 à 2019. Nous avons recueilli les données de l'interrogatoire et des examens cliniques, sanguins et urinaires des plongeurs, issues des visites médicales d'aptitude obligatoires, initiales et quadriennales, réalisées par les médecins experts hyperbares du centre. La formule MDRD175 a permis d'estimer le Débit de Filtration Glomérulaire (DFG).

Résultats : La population d'étude était jeune ($37 \pm 5,3$ ans en moyenne en fin de carrière), en bonne santé et expérimentée. La durée moyenne de carrière était de $10,7 \pm 6,8$ ans avec 1062 ± 873 plongées réalisées en moyenne sur cette durée. La population comprenait 53,7% de plongeurs à l'air limités en profondeur et 46,3% de plongeurs utilisant des mélanges suroxygénés, pouvant réaliser des plongées plus profondes. Les variations moyennes entre le début et la fin de carrière étaient significatives pour le poids ($74,6 \pm 9$ vs $78 \pm 9,8$ kg, respectivement) et l'IMC ($23,5 \pm 2,4$ vs $24,6 \pm 2,6$ kg/m²), tandis que les valeurs de pressions artérielles n'étaient pas modifiées. Le DFG était significativement augmenté en fin de carrière ($80,4 \pm 9,4$ vs $85,5 \pm 13,4$ avec une élévation de $+ 0,2867$ ml/min/1,73m² par an) tandis que la créatininémie était significativement diminuée ($98,9 \pm 9,8$ vs $88,5 \pm 10,7$ μmol/L). La bandelette urinaire était positive chez 13,87% de la population étudiée : protéinurie chez 10,22% ; hématurie chez 5,84% ; aucune glycosurie.

Une étude en sous-groupe sur les plongeurs ayant au moins 10 années de carrière a permis de mettre en évidence deux profils d'évolution du DFG avec 27 sujets (45%) qui diminuaient leur DFG de $- 9,8 \pm 6,9$ ml/min/1,73m² au cours de leur carrière tandis que 33 sujets (55%) augmentaient leur DFG de $+ 11,1 \pm 11,4$ ml/min/1,73m².

L'IMC, l'âge, la consommation de tabac, la pratique de la musculation et le fait d'avoir une bandelette urinaire positive n'ont pas été retrouvés comme facteurs influençant l'évolution du DFG au cours du temps. En revanche, l'utilisation d'un mélange suroxygéné ou d'oxygène pur apparaît comme un facteur de diminution du DFG [OR= 4,6 ; IC95% [1,5-13,7], p=0.01].

Conclusion : Nous n'avons pas observé de modifications importantes du DFG ni de pathologies rénales survenues au cours de la carrière des plongeurs.

La pratique modérée de la plongée à l'air, à faible profondeur semble associée à une augmentation du DFG au cours du temps.

En revanche, une diminution du DFG semble liée à une exposition aux mélanges suroxygénés et à une pratique soutenue de la plongée sur le long cours. Cette différence pourrait être liée aux effets de l'hyperoxie sur l'organisme (stress oxydant majoré et vasoconstriction). Des travaux complémentaires sont nécessaires pour confirmer cette hypothèse.

Mots-clés : Médecine hyperbare, Néphrologie, Plongée SCUBA, Fonction Rénale, DFG, Stress oxydatif.