Apte à la plongée ? Oui, mais ...

Marion Portois

▶ **To cite this version:**

Marion Portois. Apte à la plongée ? Oui, mais .... Médecine humaine et pathologie. 2019. dumas-02433025

HAL Id: dumas-02433025

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02433025

Submitted on 8 Jan 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.

UNIVERSITE DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTE DE MEDECINE

Apte à la plongée ? Oui, mais …

Thèse d'exercice

Présentée pour l'obtention du diplôme d'état de Docteur en Médecine,

Publiquement soutenue devant la faculté de médecine de Nice

Le 15 novembre 2019

Par

Mme PORTOIS Marion

Née le 01/10/1992 à Amiens

Membres du jury :

Président : Monsieur le Professeur LEVRAUT Jacques

Directeur de thèse : Monsieur le Dr CASTANET Thierry

Assesseurs : Monsieur le Professeur GARDON Gilles

Monsieur le Professeur GIBELIN Pierre

Université Nice Sophia Antipolis

Faculté de Médecine

Liste des enseignants au 1er septembre 2019 à la Faculté de Médecine de Nice

Doyen

Pr. BAQUE Patrick

Vice-doyens

Pédagogie	**Pr. ALUNNI Véronique**
Recherche	**Pr. DELLAMONICA Jean**
Etudiants	**M. JOUAN Robin**

Chargé de mission projet Campus	**Pr. PAQUIS Philippe**
Conservateur de la bibliothèque	**Mme AMSELLE Danièle**
Directrice administrative des services	**Mme CALLEA Isabelle**

Doyens Honoraires	**M. RAMPAL Patrick**
	M. BENCHIMOL Daniel

Université Nice Sophia Antipolis
Faculté de Médecine

Liste des enseignants au 1er septembre 2019 à la Faculté de Médecine de Nice

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M.	BAQUÉ Patrick	Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
M.	BERNARDIN Gilles	Réanimation Médicale (48.02)
M.	BOILEAU Pascal	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	DARCOURT Jacques	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	ESNAULT Vincent	Néphrologie (52-03)
M.	FUZIBET Jean-Gabriel	Médecine Interne (53.01)
M.	GILSON Éric	Biologie Cellulaire (44.03)
M.	GUGENHEIM Jean	Chirurgie Digestive (52.02)
M.	HASSEN KHODJA Reda	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	HÉBUTERNE Xavier	Nutrition (44.04)
M.	HOFMAN Paul	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
Mme	ICHAI Carole	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LACOUR Jean-Philippe	Dermato-Vénéréologie (50.03)
M.	LEFTHERIOTIS Geogres	Chirurgie vasculaire ; médecine vasculaire (51.04)
M.	MARQUETTE Charles-Hugo	Pneumologie (51.01)
M.	MARTY Pierre	Parasitologie et Mycologie (45.02)
M.	MICHIELS Jean-François	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	MOUROUX Jérôme	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
Mme	PAQUIS Véronique	Génétique (47.04)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
M.	QUATREHOMME Gérald	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	RAUCOULES-AIMÉ Marc	Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	ROBERT Philippe	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	THYSS Antoine	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	TRAN Albert	Hépato Gastro-entérologie (52.01)

Université Nice Sophia Antipolis
Faculté de Médecine

Liste des enseignants au 1er septembre 2019 à la Faculté de Médecine de Nice

PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

Mme	ASKENAZY-GITTARD Florence	Pédopsychiatrie (49.04)
M.	BARRANGER Emmanuel	Gynécologie Obstétrique (54.03)
M.	BÉRARD Étienne	Pédiatrie (54.01)
Mme	BLANC-PEDEUTOUR Florence	Cancérologie – Génétique (47.02)
M.	BONGAIN André	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
Mme	BREUIL Véronique	Rhumatologie (50.01)
M.	CASTILLO Laurent	O.R.L. (55.01)
M.	CHEVALLIER Patrick	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
M.	DE PERETTI Fernand	Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
M.	DRICI Milou-Daniel	Pharmacologie Clinique (48.03)
M.	FERRARI Émile	Cardiologie (51.02)
M.	FERRERO Jean-Marc	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	FONTAINE Denys	Neurochirurgie (49.02)
M.	GIBELIN Pierre	Cardiologie (51.02)
M.	HANNOUN-LEVI Jean-Michel	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	LEVRAUT Jacques	Médecine d'urgence (48.05)
M.	LONJON Michel	Neurochirurgie (49.02)
M.	MOUNIER Nicolas	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	PADOVANI Bernard	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
M.	PICHE Thierry	Gastro-entérologie (52.01)
M.	PRADIER Christian	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
Mme	RAYNAUD Dominique	Hématologie (47.01)
M.	ROSENTHAL Éric	Médecine Interne (53.01)
M.	SCHNEIDER Stéphane	Nutrition (44.04)
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)

Université Nice Sophia Antipolis
Faculté de Médecine

Liste des enseignants au 1er septembre 2019 à la Faculté de Médecine de Nice

PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

Mme	ALUNNI Véronique	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	ANTY Rodolphe	Gastro-entérologie (52.01)
M.	BAHADORAN Philippe	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	BAILLIF Stéphanie	Ophtalmologie (55.02)
Mme	BANNWARTH Sylvie	Génétique (47.04)
M.	BENIZRI Emmanuel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BENOIT Michel	Psychiatrie (49.03)
M.	BERTHET Jean-Philippe	Chirurgie Thoracique (51-03)
M.	BOZEC Alexandre	ORL- Cancérologie (47.02)
M.	BREAUD Jean	Chirurgie Infantile (54-02)
Mme	BUREL-VANDENBOS Fanny	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	CHEVALIER Nicolas	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
Mme	CHINETTI Giulia	Biochimie-Biologie Moléculaire (44.01)
M.	CLUZEAU Thomas	Hématologie (47.01)
M.	DELLAMONICA Jean	réanimation médicale (48.02)
M.	DELOTTE Jérôme	Gynécologie-obstétrique (54.03)
M	FAVRE Guillaume	Néphrologie (44-02)
M.	FOURNIER Jean-Paul	Thérapeutique (48-04)
Mlle	GIORDANENGO Valérie	Bactériologie-Virologie (45.01)
Mme	GIOVANNINI-CHAMI Lisa	Pédiatrie (54.01)
M.	GUÉRIN Olivier	Méd. In ; Gériatrie (53.01)
M.	IANNELLI Antonio	Chirurgie Digestive (52.02)
M.	ILIE Marius	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M	JEAN BAPTISTE Elixène	Chirurgie vasculaire (51.04)
M.	PASSERON Thierry	Dermato-Vénéréologie (50-03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	ROUX Christian	rhumatologie (50.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie-virologie (45.01)
Mme	SACCONI Sabrina	Neurologie (49.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
M.	VANBIERVLIET Geoffroy	Gastro-entérologie (52.01)

Université Nice Sophia Antipolis
Faculté de Médecine

Liste des enseignants au 1er septembre 2019 à la Faculté de Médecine de Nice

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

M.	AMBROSETTI Damien	Cytologie et Histologie (42.02)
M.	BENOLIEL José	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	BERNARD-POMIER Ghislaine	Immunologie (47.03)
M.	BRONSARD Nicolas	Anatomie Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (42.01)
M.	CAMUZARD Olivier	Chirurgie Plastique (50-04)
Mme	CONTENTI-LIPRANDI Julie	Médecine d'urgence (48-04)
M.	DOGLIO Alain	Bactériologie-Virologie (45.01)
M	DOYEN Jérôme	Radiothérapie (47.02)
M.	FOSSE Thierry	Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
M.	GARRAFFO Rodolphe	Pharmacologie Fondamentale (48.03)
Mme	HINAULT Charlotte	Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
M.	HUMBERT Olivier	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	LAMY Brigitte	Bactérilogie-virologie (45.01)
Mme	LONG-MIRA Elodie	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	MAGNIÉ Marie-Noëlle	Physiologie (44.02)
M.	MASSALOU Damien	Chirurgie Viscérale (52-02)
Mme	MOCERI Pamela	Cardiologie (51.02)
M.	MONTAUDIE Henri	Dermatologie (50.03)
Mme	MUSSO-LASSALLE Sandra	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	NAÏMI Mourad	Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
Mme	POMARES Christelle	Parasitologie et mycologie (45.02)
M.	SAVOLDELLI Charles	Chirurgie maxillo-faciale et stomatologie (55.03)
Mme	SEITZ-POLSKI barbara	Immunologie (47.03)
M.	SQUARA Fabien	Cardiologie (51.02)
M.	TESTA Jean	Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention (46.01)
Mme	THUMMLER Susanne	Pédopsychiatrie (49-04)
M.	TOULON Pierre	Hématologie et Transfusion (47.01)

Université Nice Sophia Antipolis
Faculté de Médecine

Liste des enseignants au 1er septembre 2019 à la Faculté de Médecine de Nice

MAITRE DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS

M.	DARMON David	Médecine Générale (53.03)
Mme	GROS Auriane	Orthophonie (69)

PROFESSEURS AGRÉGÉS

Mme	LANDI Rebecca	Anglais

PRATICIEN HOSPITALIER UNIVERSITAIRE

M.	DURAND Matthieu	Urologie (52.04)
M.	SICARD Antoine	Néphrologie (52-03)

PROFESSEURS ASSOCIÉS

M.	GARDON Gilles	Médecine Générale (53.03)
Mme	MONNIER Brigitte	Médecine Générale (53.03)

MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

Mme	CASTA Céline	Médecine Générale (53.03)
M.	GASPERINI Fabrice	Médecine Générale (53.03)
M.	HOGU Nicolas	Médecine Générale (53.03)

Université Nice Sophia Antipolis
Faculté de Médecine

Liste des enseignants au 1er septembre 2019 à la Faculté de Médecine de Nice

Constitution du jury en qualité de 4ème membre

Professeurs Honoraires

M. AMIEL Jean
M ALBERTINI Marc
M. BALAS Daniel
M. BATT Michel
M. BLAIVE Bruno
M. BOQUET Patrice
M. BOURGEON André
M. BOUTTÉ Patrick
M. BRUNETON Jean-Noël
Mme BUSSIERE Françoise
M. CAMOUS Jean-Pierre
M. CANIVET Bertrand
M. CASSUTO Jill-patrice
M. CHATEL Marcel
M. COUSSEMENT Alain
Mme CRENESSE Dominique
M. DARCOURT Guy
M. DELLAMONICA Pierre
M. DELMONT Jean
M. DEMARD François
M. DESNUELLE Claude
M. DOLISI Claude
Mme EULLER-ZIEGLER Liana
M. FENICHEL Patrick
M . FRANCO Alain
M. FREYCHET Pierre
M. GASTAUD Pierre
M. GÉRARD Jean-Pierre
M. GILLET Jean-Yves
M. GRELLIER Patrick
M. GRIMAUD Dominique
M. JOURDAN Jacques
M. LAMBERT Jean-Claude
M. LAZDUNSKI Michel
M. LEFEBVRE Jean-Claude
M. LE FICHOUX Yves
Mme LEBRETON Elisabeth
M. MARIANI Roger
M. MASSEYEFF René
M. MATTEI Mathieu
M. MOUIEL Jean
Mme MYQUEL Martine
M. ORTONNE Jean-Paul
M. PRINGUEY Dominique
M. SANTINI Joseph
M. SAUTRON Jean Baptiste
M. SCHNEIDER Maurice
M. TOUBOL Jacques
M. TRAN Dinh Khiem
M VAN OBBERGHEN Emmanuel
M. ZIEGLER Gérard

M.C.U. Honoraires

M. ARNOLD Jacques
M. BASTERIS Bernard
M. BENOLIEL José
Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie
Mme DONZEAU Michèle
M. EMILIOZZI Roméo
M. FRANKEN Philippe
M. GASTAUD Marcel

REMERCIEMENTS

Aux membres du jury :

Monsieur le Professeur Jacques LEVRAUT : Vous me faites l'honneur de présider ce jury de thèse afin d'en juger la pertinence. Je vous en remercie et vous transmets ma plus sincère reconnaissance.

Monsieur le Professeur Pierre GIBELIN : Vous me faites l'honneur d'apporter votre expérience à la critique de ce travail en siégeant en tant qu'assesseur. Je vous prie de bien vouloir accepter toute ma considération.

Monsieur le Professeur Gilles GARDON : Vous avez accepté la place d'assesseur dans mon jury après m'avoir confié porter beaucoup d'intérêt à tout ce qui a trait aux certificats médicaux. J'espère que cette thèse pourra répondre à vos attentes en la matière. Veilliez recevoir ma plus sincère gratitude pour l'intérêt que vous avez pu porter à mon travail.

À mon directeur de thèse, Monsieur le Docteur Thierry CASTANET : Merci pour tout ! Merci de m'avoir initié à la plongée et fait découvrir la beauté du monde sous-marin. Merci d'avoir donné de votre temps afin de vous former à l'encadrement des thèses en médecine générale. Merci de m'avoir aiguillée lors de mes travaux de recherche. Merci pour votre patience. Votre détermination à mobiliser davantage le corps médical face à la survenue des accidents de plongée a inspiré le titre et le contenu de ce travail. Pour tout cela, recevez ma plus sincère gratitude.

Aux autres membres ayant participés à ce travail de thèse :

Monsieur le Docteur Philippe COLOMBANI : Merci pour votre disponibilité, votre calme et votre gentillesse. Vos conseils quant à la rédaction et la mise en page de ce travail ont été précieux. Je vous en suis sincèrement reconnaissante.

À toutes les équipes avec qui j'ai eu le plaisir de travailler :

Dans le service de gynécologie et de pédiatrie d'Antibes, aux urgences de Grasse, dans le service de dermatologie du CHU l'Archet, au CSAPA de Grasse ou dans les cabinets médicaux de ville des Dr PAPA, CASTA et CASTANET : MERCI ! Il me sera difficile d'en citer tous les membres, mais je tiens à vous dire à quel point je vous trouve formidable. (Pensée toute particulière pour Évelyne). Pédagogues, patients et d'une gentillesse folle, mes stages ont toujours pu se dérouler dans la bonne humeur tout en étant instructifs grâce à vous. Pour tout cela : ENCORE UNE FOIS, MERCI !

<u>À ma famille :</u>

À mes parents : Maman, merci pour ton soutien et ta présence malgré la distance qui me sépare de la Picardie. Papa, ce jour signe la fin de neuf longues années de stress (et je ne compte pas le passage du BAC !). Enfin je te l'annonce : tu peux relâcher la pression, c'est fini ! Le chemin fut long pour « une petite fille qui n'aimait pas l'école », mais me voilà arrivée à sa fin. Merci pour vos sacrifices et votre soutien inconditionnel, pour être toujours là dans les moments qui comptent pour moi. J'espère avoir pu faire votre fierté toutes ces années et la faire encore dans l'avenir.

À ma sœur : Tu n'as pas choisi la voie la plus courte en matière de scolarité, toi non plus. Mais la fin approche alors accroche-toi ! Je suis fière de toi et je ne pense pas être la seule. N'en doute pas et crois en toi ! Bientôt dentiste !

À mes grands-parents, grand-oncle, oncles et tantes : Aussi loin que je me souvienne vous avez toujours été là pour m'encourager dans la voie que je me suis choisie. Merci pour votre soutien sans faille, c'est lui qui fait ma force aujourd'hui. J'espère sincèrement vous avoir rendus fière. Toutes mes pensées et mon amour vont bien sûr à Papi Joseph et Papi Jean-Marie, présents dans mon cœur en ce jour si particulier.

À toi Florent : Que ferais-je sans toi ? J'aurais peut-être tapé cette thèse à la machine à écrire et fais mes croquis à la main !! Bien au-delà de l'aide que tu as pu m'apporter quant à la « gestion informatique de la chose », je tiens à te remercier pour tes encouragements, ton calme et ta réassurance pendant cette année de préparation [et pourtant, dieu sait comme j'ai pu être pénible]. Merci pour ta présence. Merci d'être toi. Je t'aime.

À ma belle-famille : Merci d'avoir fait tout ce chemin pour venir m'encourager aujourd'hui. J'en suis profondément touchée.

<u>À mes amis :</u>

Je pense bien sûr à ceux rencontrés sur les bancs de la fac comme à ceux rencontrés pendant l'internat : Remi, Lucile, Victoria, Thanh-Danh, Mathilde, Marion, Christelle, Aviva, Laura … Toutes ces années auraient été bien moroses sans vous. Merci pour tous ces bons moments.

J'ai une pensée toute particulière pour vous : Manue, Yohann (et Timothé). L'internat a permis notre rencontre et quelle rencontre ! Vous êtes, pour Flo et moi, des amis précieux. J'espère que cette amitié continuera de grandir avec le temps et malgré la distance susceptible de nous séparer.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des abréviations 12

Introduction 13

Matériel et Méthode 15

A. Caractéristiques de l'étude 15
B. Méthodologie de la recherche 15
C. Extraction des données et gestion des biais 16

Résultats 17

A. Description des articles retenus 17
B. L'âge des plongeurs comme facteur de risque d'ADD ou d'OPI ? 18
C. Autres facteurs de risque intrinsèques en cause 21
D. Des facteurs extrinsèques identifiables ? 23

Discussion 25

A. Interprétation des résultats et comparaison à la littérature antérieure à 2004 25
B. Généralisation 26
C. Forces et faiblesses 27
D. Conclusion 27

Bibliographie 29

Annexe 1 : Certificat médical type 32

Annexe 2 : Questionnaire médical préalable à la visite médicale d'absence de contre-indication à la pratique d'activités subaquatiques 33

Annexe 3 : Fiche d'examen médical d'absence de contre-indication à la pratique d'activités subaquatiques 36

Annexe 4 : Liste des contre-indications à la pratique de la plongée en scaphandre autonome 38

Annexe 5 : Exemple de « nouveau » CACI dédié aux médecins généralistes non spécialisés en médecine subaquatique ou de plongée 40

Serment d'Hippocrate 41

Résumé 42

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ADD: Accident de décompression

ADL: Activities of Daily Living

BAC: Barrière alvéolo-capillaire

Bêta: Coefficient de solubilité

CACI: Certificat d'absence de contre-indication

Ci: Concentration du gaz

CNIL: Commission nationale de l'informatique et des libertés

DAN: Divers Alert Network (Europe)

FDR: Facteurs de risque

FRDi: Facteurs de risque intrinsèques

FFESSM: Fédération française d'études et de sport sous-marins

Fi: Fraction du gaz

FOP: Foramen ovale perméable

GPC: Gradient de pression capillaire

IDM : Infarctus du myocarde

OPI: Œdème pulmonaire d'immersion

P: Pression

PADI: Professional Association of Diving Instructors

Pamb: Pression ambiante

PAP: Pression artérielle pulmonaire

Pi: Pression partielle du gaz

PVC: Pression veineuse centrale

RR: Risque relatif

SNC: Système nerveux central

TA: Tension artérielle

V: Volume

INTRODUCTION

Autrefois réservée à l'élite militaire, la plongée sous-marine en scaphandre autonome s'est progressivement démocratisée, devenant une activité de loisirs. Grâce à ses 18 000 km de côte (métropole et DOM-TOM inclus), la France possède le deuxième domaine maritime mondial après les États-Unis, la rendant propice à la pratique de l'activité. (1)
On estimait, en France en 2017, le nombre des pratiquants à 300 000, dont 139 786 plongeurs détenteurs d'une licence. 97% de ces licenciés étaient affiliés à la FFESSM. (1,2)

La plongée sous-marine, considérée comme une activité à contrainte particulière, fait l'objet d'une réglementation stricte aussi appelée code du sport (3). Depuis le 31 décembre 2016, sur publication d'un arrêté du ministère de la Ville, de la Jeunesse et des Sports, la gestion de ce code est sous la responsabilité de la FFESSM, afin « d'organiser et promouvoir la plongée sous-marine, édicter les règles techniques, de sécurité et d'encadrement propre à l'activité […] » (1,4) dans le but de limiter au maximum les risques d'accident de plongée. Ces règles sont les suivantes :
- Pour plonger au sein d'un club, qu'il soit ou non licencié, le plongeur doit présenter un certificat médical d'absence de contre-indication à la pratique de la plongée sous-marine, nommé CACI depuis le 1er septembre 2016. (Annexe 1) Ce dernier doit être renouvelé annuellement. (3)
- Depuis juin 2014, tout médecin généraliste inscrit à l'Ordre peut délivrer ce certificat (5) dans le cadre des plongées à l'air ou au NITROX[1], jusqu'au niveau 3 inclus des différentes formations proposées, y compris pour les enfants de plus de 14 ans. Sont réservés au médecin du sport, agréé par la FFESSM ou qualifié en médecine de plongée : la plongée HANDISUB[2] (hors baptême), la plongée au TRIMIX[3], la reprise de la plongée après un accident, la pratique de la plongée en compétition, le passage du brevet de guide de palanquée (niveau 4), ou devant la mise en évidence d'une contre-indication devant faire l'objet d'une évaluation spécifique. (6)

Afin d'aider les médecins généralistes sans formation spécifique à la plongée, la FFESSM a mis à disposition des documents accessibles sur internet, servant de guide à la réalisation de ces certificats : Interrogatoire type (Annexe 2), examen médical recommandé (Annexe 3) et liste des contre-indications à la pratique (Annexe 4). À cela s'ajoutent les recommandations des autorités de tutelle, précisant que lors de « la pratique de la plongée subaquatique, une attention particulière est portée sur l'examen ORL (tympans, équilibration, perméabilité tubaire, acuité auditive) et dentaire ». (7)

Malgré ce cadre réglementaire et la pratique d'une visite médicale annuelle, le nombre d'accidents en plongée-loisir recensés dans les centres hyperbares européens augmente, avec une part de plus en plus conséquente des accidents mortels. (8) Ces accidents sont classés en fonction des conséquences physiopathologiques que subit l'organisme lors de l'immersion et des lois physiques qui régissent ce milieu. On identifie ainsi :

Les barotraumatismes : accidents mécaniques, provoqués par les variations de volume gazeux au sein des cavités aériques du corps (sinus, oreille moyenne, poumon) sous l'effet des variations de pression, [selon la loi de Boyle-Mariotte *(P*V = Constante)*]. Il est à noter que dans l'eau, la pression ambiante exercée sur l'organisme augmente d'un bar par palier de dix mètres. (9)

---

[1] *Mélange d'azote et d'oxygène dont le pourcentage d'oxygène dépasse 21%. L'air étant composé à 78% d'azote et à 21% d'oxygène, ce mélange est dit « suroxygéné ». Sa mauvaise utilisation expose au risque d'accident biochimique par hyperoxie.*
[2] *Pratique de la plongée sous-marine pour les personnes en situation de handicap (mental ou moteur)*
[3] *Mélange ternaire associant oxygène, hélium et azote. Il est couramment utilisé pour les plongées profondes, à plus de 60 mètres. La plongée n'est donc plus considérée de loisir mais technique (Tek).*

Les accidents biochimiques : dus à la toxicité des gaz inhalés quand leur pression partielle est modifiée, selon la loi de Dalton (*Pi = Fi*Pamb)*. Le plus connu est « l'ivresse des profondeurs » due à la toxicité de l'azote. (9)
Les accidents de désaturation (ADD) : Lors de l'immersion, le plongeur respire le mélange respiratoire (air, NITROX, TRIMIX…) à une pression ambiante supérieure à la pression atmosphérique de la surface. D'après la loi de Henry *(Ci = béta* Pi*), le gaz diluant principal (l'azote dans le cas de l'air) se dissout dans les vaisseaux et les tissus à mesure que la pression ambiante augmente, c'est-à-dire pendant la phase de descente. Lors de la remontée vers la surface, la pression ambiante diminue et l'azote dissous est restitué en partie à l'état gazeux sous forme de microbulles. Celles-ci sont transportées dans la circulation veineuse vers le filtre pulmonaire et éliminées dans l'air expiré. La production excessive de bulles expose au risque d'ADD : l'ensemble des bulles n'ayant pas pu être éliminées par voie respiratoire se bloquent soit dans les tissus, provoquant des dilacérations tendineuses ou des nécroses osseuses, soit dans les vaisseaux provoquant des ischémies aiguës de la moelle épinière, de l'oreille interne ou du SNC par embolisation artérielle (favorisée par un FOP) ou par engorgement veineux. (9)
L'œdème pulmonaire d'immersion (OPI) : Cet OAP particulier peut se produire en profondeur comme en surface. Découvert récemment et décrit pour la première fois par le Dr PT Wilmshurst en 1981 (10), il se définit par la présence de transsudat et de sang dans les alvéoles pulmonaires par rupture de la barrière alvéolo-capillaire (BAC) à la suite d'une augmentation du gradient de pression capillaire (GPC). Celle-ci est causée par l'augmentation de la précharge et de la postcharge cardiaque, avec pression excessive dans les capillaires pulmonaires. L'immersion à elle seule provoque l'augmentation de la précharge cardiaque via le *blood-shift* : la pression hydrostatique comprimant les membres et l'abdomen provoque le transfert de 250 à 700 mL de sang périphérique vers le thorax, majorant la PAP et de la précharge. (11, 12) Donc, si l'immersion s'associe à des FDR de majoration de la postcharge ou de la pression capillaire, la BAC peut céder, provoquant l'OPI.

Une étude menée sur 474 cas d'accidents de plongée au centre hyperbare de Toulon de 2010 à 2013, rapporte que 56% des accidents en plongée loisir sont liés à des ADD et 13% à des OPI. (9)
Au-delà de leur fréquence, l'ADD et l'OPI sont, en dehors de la surpression pulmonaire, les plus redoutés pour leur gravité potentielle : séquelles lourdes, en particulier neurologiques, cardiaques ou pulmonaires, pouvant mener jusqu'au décès, dans l'immédiat par noyade ou au cours des 24h suivant la plongée. Au vu de l'enjeu pour la santé des plongeurs, cette étude se consacrera exclusivement à ces deux types d'accidents.

En parallèle, le réseau d'alerte DAN indique que l'âge des plongeurs est en constante augmentation. (13) La croissance du groupe des 55-64 ans est la plus conséquente avec un nombre d'actifs passé de 9.2% en 2000 à 18.1% en 2006. Dans un second rapport, publié par le DAN en 2008, on note que 31% des décès liés à la plongée sont associés à la classe des plus de 50 ans alors qu'elle ne regroupe que 24% des actifs versus 30% pour la classe des 40-49 ans. (14) Ces accidents surviennent très majoritairement avec un respect apparent des procédures (vitesse de remontée, paliers) fournies grâce à des ordinateurs spécifiques utilisés par la quasi-totalité des plongeurs. (9) Le Code du sport impose d'ailleurs l'usage de ces instruments pour les plongées au-delà de 30 mètres.
Dès lors : existe-t-il un lien entre l'âge et la survenue d'ADD/OPI ? Et existe-t-il d'autres facteurs de risque, dépendants ou indépendants du plongeur, pouvant favoriser leur survenue ?

Afin de limiter le risque d'accident en plongée-loisir à l'air, l'objectif de l'étude est de déterminer s'il existe des critères intrinsèques ou environnementaux associés à la survenu d'ADD ou d'OPI, devant modifier la pratique des médecins généralistes lors de l'établissement du CACI.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

A. Caractéristiques de l'étude

Afin de répondre à cet objectif, une revue systématique de la littérature a été menée du 05/04/2019 au 27/07/2019. Le schéma de l'étude a suivi les recommandations de la grille de référence *PRISMA.* (15) La rédaction a suivi les conseils du guide *Cochrane handbook.* (16)

Cette revue a pris en compte l'ensemble des textes publiés en français et en anglais, car les grands rapports recensant et analysant les accidents de plongée sont principalement édités dans ces deux langues par les États-Unis, l'Australie, le Royaume-Uni et l'Europe.

Depuis 2004 en Europe, le nombre d'accidents de plongée en scaphandre autonome ainsi que le nombre de plongeurs de plus de 50 ans augmente de manière exponentielle (14), tandis qu'on relève une augmentation relative du nombre d'accidents mortels dans cette tranche d'âge. Nous avons donc retenu pour ce travail l'ensemble des études parues après 2004.

B. Méthodologie de la recherche

Les bases de données PubMed et ScienceDirect ont été consultées en utilisant les mots-clés suivants : « plongée », « scuba diving », « accident de plongée », « scuba accidents », « accident de décompression », « decompression illness », « decompression sickness », « œdème pulmonaire d'immersion », « immersion pulmonary edema », « facteurs de risques », « risk factors ».

Après élimination des doublons via l'analyse de leur titre, les articles ont été sélectionnés par l'auteur en deux étapes. Une première phase de sélection sur l'analyse des titres et leurs résumés a été réalisée, puis une seconde sélection a eu lieu sur analyse du texte intégral. Y a été ajoutée l'étude des références bibliographiques de chacun des textes retenus et les travaux issus de la littérature grise jugés pertinents.

Ont été incluses dans la revue : L'ensemble des études publiées entre 2004 et 2019, en anglais ou en français, faisant référence aux ADD ou aux OPI et au lien de causalité probable avec des facteurs de risques donnés, dont l'âge. Seules les études faisant référence aux accidents survenant en plongée sous-marine de loisir avec scaphandre autonome ont été incluses.

Ont été exclus, les articles dont la publication était antérieure à 2004, faisant référence aux accidents survenus en nage libre ou lors de la pratique de l'apnée et ayant pour sujet d'analyse des plongeurs professionnels (notamment militaire) ou pour intérêt d'étudier le traitement des accidents de plongée.

C. Extraction des données et gestion des biais.

La qualité méthodologique et le risque de biais des articles retenus ont été évalués selon des critères internationaux validés, regroupés au sein de grilles de référence, à savoir :

- La grille CONSORT pour les essais randomisés (17)

- La grille CARE pour les études de cas (18)

- La grille COREQ pour les études qualitatives (19)

- La grille PRISMA pour les méta-analyses et revues de la littérature (15)

- La grille STARD pour les études diagnostiques et pronostiques (20)

- La grille STROBE pour les études observationnelles [cas/témoins, transversale, cohorte] (21)

En cas de doute sur l'éligibilité du texte à la lecture de son résumé, l'article n'était pas exclu. Si le doute persistait après lecture du texte intégral celui-ci était soumis à l'analyse du directeur de thèse. Sur avis des deux protagonistes, la décision d'inclusion du texte dans l'étude était établie par consensus. L'objectif étant de réduire le risque de biais de sélection lors de l'élaboration de la revue.

L'extraction des données a été faite librement par un seul protagoniste : l'auteur.

Ce travail n'a pas fait appel au comité d'éthique et n'a pas nécessité de déclaration à la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL).

RÉSULTATS

A. Description des articles retenus

La recherche par mot-clé a permis l'identification de 70 articles. Après élimination des doublons, analyse du titre et du résumé de chacun d'eux, 29 articles restaient éligibles à l'analyse du texte intégral. Cinq ont ensuite été exclus : deux pour non-respect des critères d'inclusion et d'exclusion, un n'était disponible qu'en allemand, deux n'ont pas pu être récupérés dans leur intégralité. L'analyse bibliographique des 24 articles restants a permis l'extraction de 7 nouveaux textes jugés pertinents et répondant à l'ensemble des critères d'inclusion. (Figure 1)

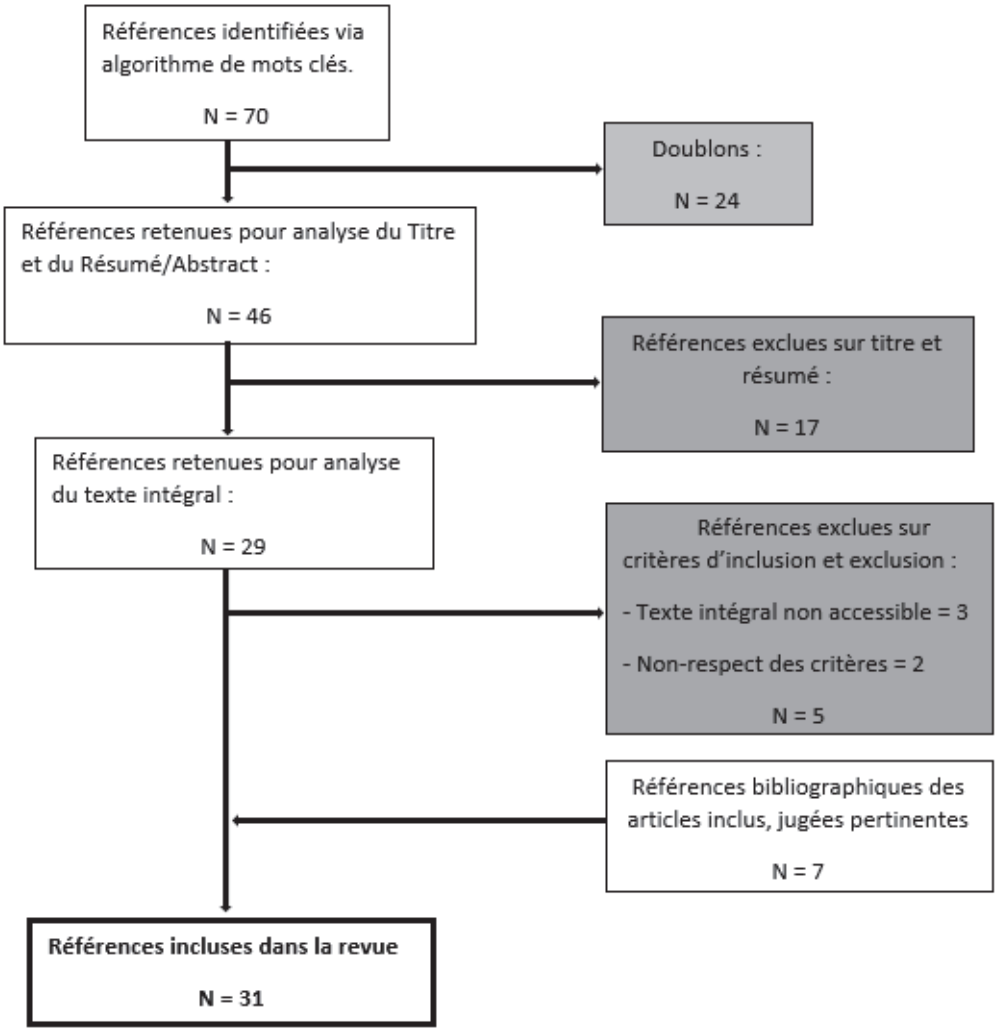


Figure 1 : Diagramme de flux

Cette revue est basée sur l'analyse de 31 articles, dont neuf revues de la littérature, six études de cohorte, une étude cas-témoins, deux études épidémiologiques descriptives, deux séries de cas, 11 études rétrospectives (classées selon leur niveau de preuve scientifique, du plus fort au plus faible).

B. L'âge des plongeurs comme facteur de risque d'ADD ou d'OPI ?

Cette revue a permis l'analyse de 3 920 cas d'ADD ou d'OPI, mortels et non-mortels confondus. Les données d'âge ont pu être extraites pour 3 622 d'entre eux, soit 92.4% des cas analysés. La moyenne d'âge des plongeurs accidentés était de 44,9 ans +/- 10 ans.

Cinq articles inclus ont pour objectif principal de déterminer s'il existe un lien significatif entre âge et survenu d'ADD. (8, 22, 23, 24, 27) L'un d'entre eux permet d'en estimer le risque relatif. (23) Deux ont pour objectif de déterminer s'il existe un lien significatif entre âge et capacité de récupération après la survenue d'un ADD. (25, 26) Trois articles permettent d'étudier les caractéristiques individuelles des victimes d'OPI. (28, 29, 30) Un total de 10 articles sur les 31 inclus permettent donc d'étudier l'impact direct de l'âge comme facteur de risque pronostic.

En Europe, deux études rétrospectives publiées en 2012 et 2017, attestent d'un lien significatif entre âge et ADD : une première étude rétrospective, a permis l'analyse de 39 099 plongées, effectuées par 2 629 plongeurs, sur une période de 5 ans. (22) 320 cas d'ADD ont été identifiés, incluant 188 hommes (59%) et 132 femmes (41%), âgées de 23 à 82 ans, pour une moyenne d'âge de 39.5 ans. L'âge y est décrit comme un facteur de risque statistiquement significatif de formation de bulles ($p<0.0001$) et de survenue d'ADD ($p<0.0001$), tous sexes confondus. La seconde étude rétrospective, menée de janvier 1998 à novembre 2010 à l'hôpital St Anne de Toulon, a permis l'étude de 74 cas d'ADD, dont 50 premiers épisodes et 24 récurrences. (23) La moyenne d'âge des primo accidentés était de 49+/-9 ans et celle des victimes récurrentes était de 50+/-10 ans. L'analyse statistique conclut à l'absence de lien de significativité entre âge et récurrence d'ADD avec $p = 0.44$ et un OR à 1.6 [0.5-4.6]. Mais l'analyse des caractéristiques de la population accidentée rapporte qu'il existe un lien significatif entre la survenue d'un premier ADD et l'âge avec un $p<0.0006$.

Ce lien de significativité a également été retrouvé aux États-Unis, comme en atteste une étude rétrospective, publiée en 2007. (24) Menée de 1983 à 2003, elle a parmi l'identification de 889 cas d'ADD au centre hyperbare de Duke (USA). L'âge de chacun d'entre eux a été extrait et classé par groupe (<20 ans, 21-30 ans, 31-40 ans […] 51-60 ans, > 60 ans) puis comparé aux données du DAN États-Unis ainsi qu'au nombre d'individus certifiés PADI, sur cette même période. La capacité de récupération des plongeurs accidentés a aussi été estimée via le score ADL. Le risque d'ADD entre 31 et 50 ans apparaît comme 1,4 à 1,8 fois plus important que chez les <30 ans. Ce risque est 2,2 à 2,9 fois plus important entre 51 et 61 ans. 250 cas d'ADD (28.1%) ont été définis comme graves. 45% des accidents graves concernaient les >50 ans. Cette part était de 60% chez les >60 ans. 1/3 des victimes de >61 ans n'ont pas pu obtenir une récupération fonctionnelle complète.

Concernant les capacités de récupération : un article publié en 2005 avait pour objectif principal d'évaluer l'efficacité des traitements hyperbares dans le cadre des ADD via l'utilisation du score ADL. (25) Cette étude rétrospective, réalisée au centre hyperbare d'Hawaï de 1983 et 2003, a permis l'inclusion de 889 cas d'ADD. 92,9% des patients ont atteint un rétablissement fonctionnel complet, y compris 76,44% des cas graves. Rapporté aux tranches d'âges, on comptait 80% de récupération complète chez les plongeurs de 20 ans et moins, 79,8% chez les 21-40 ans et 69,7% chez les plus de 41 ans. Dans les suites, un article a été publié en 2010 pour déterminer les facteurs de risque potentiels associés à un faible niveau de récupération lors d'ADD médullaires. (26) Les bases de données des centres hyperbares de Toulon, Marseille, Nice, Lyon, Angers, Brest et Bruxelles ont été analysées entre 2000 et 2007 afin d'évaluer la récupération des 279 ADD. On comptait 226 hommes (81%) et 53 femmes (19%) dont la moyenne d'âge était de 42+/-12 ans. L'analyse

multivariée de cette population a permis d'identifier l'âge >42 ans comme facteur de risque significatif de mauvaise récupération avec p=0.042 avec un OR de 1.04, IC 95% [1-1.07].

Une étude expérimentale marseillaise menée en 2018 sur des rats a retrouvé de façon concordante une forte corrélation entre l'âge et le risque d'ADD, même si la transposition des résultats à l'homme n'est pas garantie. (27) Cette étude observationnelle prospective a été menée sur 20 rats. Deux groupes distincts ont été constitués : 1 groupe de rats âgés de 11 semaines et 1 groupe de rats âgés de 13 semaines. Une semaine avant l'expérience, tous les rats ont été conservés au vivarium de la Faculté des sciences de Marseille dans des conditions standard (température moyenne à 21.2+/-0.2°C, humidité 27+/-16%, exposition à la lumière pendant 12 heures puis cycle d'obscurité de 19h à 7h). L'hydratation leur a été retirée 30 minutes avant d'être placé en chambre hyperbare ou ils ont été comprimés à raison de 100kPa par minutes jusqu'à atteindre les 1000kPa. On a constaté la survenue de 16% d'ADD chez les rats de 11 semaines, dont 12% de décès, versus 68% d'ADD chez les rats de 13 semaines, dont 62% de décès (Figure 2). À la suite de cette expérience, un lien significatif entre âge et survenue d'ADD a été établi, avec p=0.002.

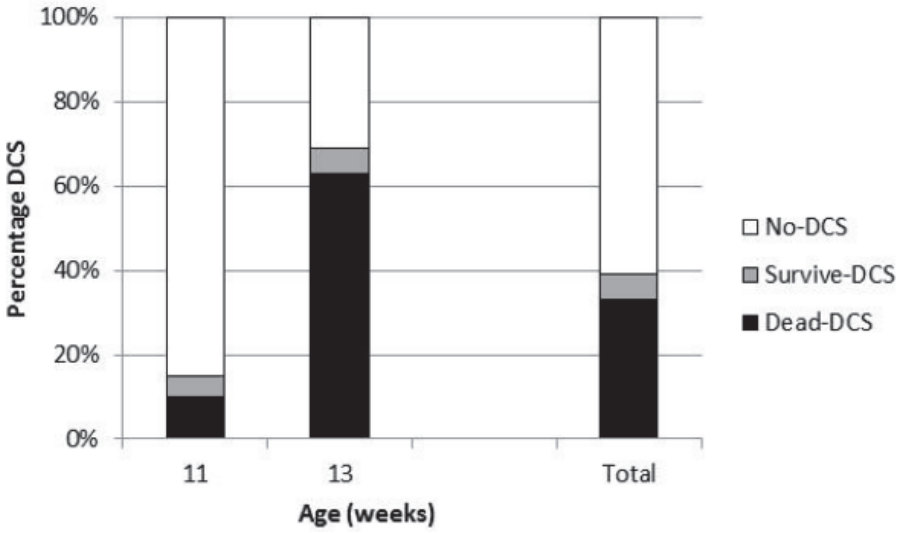


Figure 2: Décompression chez les rats, classée par âge.

Concernant les OPI : aucun des articles inclus n'a eu pour objectif l'évaluation du lien de significativité entre âge et développement d'un OPI. Toutes les études permettant l'évaluation d'un lien de causalité probable sont dédiées à l'évaluation d'autres facteurs de risques intrinsèques ou extrinsèques. Néanmoins, l'âge moyen des patients accidentés est cité dans 3 articles, dont une étude de cas, une étude observationnelle prospective et une revue de la littérature. La revue de la littérature publiée en 2005 a permis l'analyse de 60 cas d'OPI pour 56 individus, afin d'en décrire les caractéristiques communes pouvant expliquer leur survenue. (28) 34 des cas (56.7%) sont apparus lors d'une plongée, 8 (13%) en apnée et 18 (30%) lors d'une plongée spéciale dite d'endurance. L'âge moyen des plongeurs était de 47.1 ans pour une

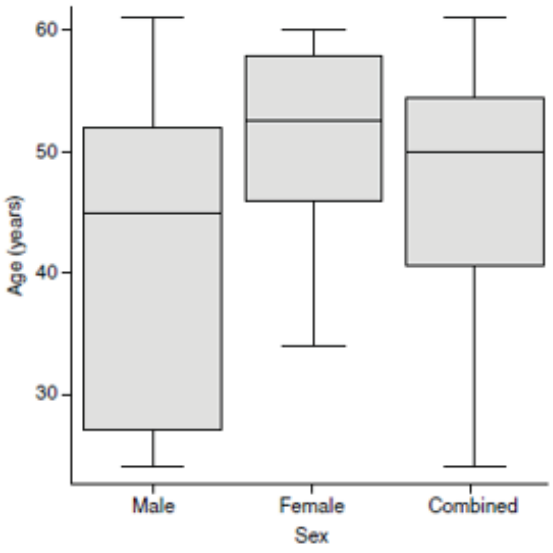
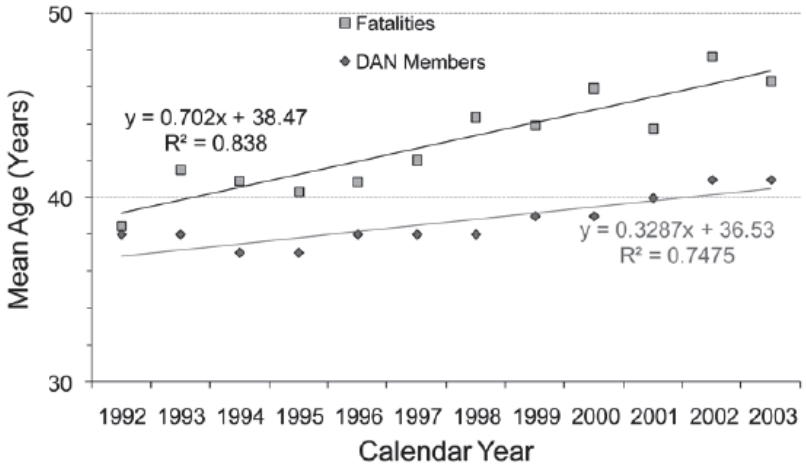


Figure 3 : Répartition par âge des cas d'OPI signalés en plongée

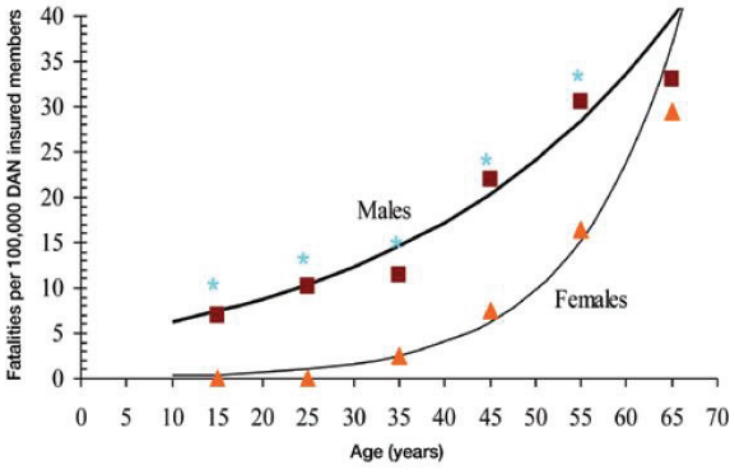
population allant de 24 à 61 ans. (Figure 3) L'étude de cas publiée en 2005 a permis l'analyse des caractéristiques individuelles de 5 plongeurs victimes d'OPI, entre mai 2012 et août 2013 au centre hyperbare de Brest. On comptait 4 hommes, 1 femme, âgés de 37 à 56 ans, pour une moyenne d'âge de 41 ans. (29) Une étude observationnelle, publiée en 2010, a eu pour objectif d'étudier les mécanismes physiopathologiques pouvant expliquer la survenue d'OPI chez des plongeurs « en bonne santé ». Elle a été menée au centre hyperbare de Marseille entre janvier 2003 et juillet 2009. 453 victimes d'accident de plongée, âgées de 29 à 66 ans, y ont été admises, dont 22 cas d'OPI. La moyenne d'âge des patients souffrant d'OPI était de 49 ans. (30)

À l'échelle mondiale, une revue de la littérature publiée en 2012, a permis de dresser un état des lieux des accidents et des morts en plongée, via les données recueillies par le DAN des États-Unis, du Canada, de l'Angleterre, de l'Australie et de l'Europe. En Europe, on constate une augmentation régulière du nombre d'accidents mortels depuis 2004. Ce nombre a même doublé entre 2004 et 2008 (8). L'âge des individus référencés par le DAN a été analysé et comparé à l'âge des accidentés (Figure 4). Depuis 1992 l'âge moyen des plongeurs s'accroît avec une augmentation quasiment parallèle du nombre d'accidents de plongée référencés dans cette population.

<u>Figure 4 :</u> Âge moyen des membres du DAN et analyse de leurs membres décédés.



Selon une étude publiée en 2008, établie sur les données du DAN, le taux de mortalité passe de 10 pour 100 000 plongeurs à l'âge de 25 ans, à 20 pour 100 000 à 45 ans puis 30 pour 100 000 à 55 ans chez les hommes. (14) Chez les femmes, le taux de mortalité semble inférieur, mais suit une évolution parallèle, pour ensuite rejoindre le même niveau de risque que les hommes à l'âge de 65 ans : 40 pour 100 000 plongeurs. (Figure 5)



<u>Figure 5 :</u> Taux d'accidents mortels par sexe et par âge

L'âge paraît donc significativement associé au risque de développer un ADD ou un OPI lors de la plongée en scaphandre autonome à l'air, avec un surrisque statistique au-delà de 45-50 ans. L'âge est-il associé à d'autres facteurs de risque intrinsèques (FDRi) ? Y a-t-il des « séniors à risque d'accident de plongée » ? Leur repérage est-il possible ?

C. Autres facteurs de risques intrinsèques en cause.

Dans les 31 articles analysés, trois FDRi sont cités comme potentiels facteurs de risque d'ADD ou d'OPI : les maladies cardiovasculaires (8, 14, 31, 32, 33, 34), l'augmentation de la masse grasse (22) et la sénescence physiologique de l'organisme (35, 36, 37).

Une première étude rétrospective, menée d'avril 1982 à mars 2007, a étudié 40 décès imputables à la pratique de la plongée sous-marine au Japon. (34) Parmi ces victimes âgées de 19 à 65 ans, 24 (60%) étaient âgées de plus de 40 ans. 25 (62.5%) des décès ont été attribués à la noyade, 12(30%) à une « maladie interne » et 1 (2.5%) à un ADD. Sur les 12 victimes de complications dites internes, 7 (58.3%) ont présenté un événement cardiaque (IDM, coronaropathie, endocardite). La même année, un article est publié dans l'*Undersea Hyperbare Medecine* afin d'identifier les causes courantes de décès en plongée loisirs. (31) Les caractéristiques individuelles et le rapport d'autopsie de 947 victimes ont été analysés entre 1992 et 2003. La cause de la mort a pu être déterminée pour 590 d'entre eux par un médecin légiste formé à la médecine de plongée. Dans 70% des cas, la noyade a été évoquée comme cause du décès (comme dans l'article précédemment cité où elle représentait plus de 60% des victimes). La noyade isolée est rarement la cause première du décès, mais plutôt la conséquence d'un événement se produisant en immersion. L'objectif principal de cette étude était donc de déterminer quel pouvait être « l'affection invalidante initiale » à l'origine de ce grand nombre de noyades au cours des plongées loisirs. Trois types d'accidents ont été identifiés : 1) l'asphyxie (33%) par défaut de l'équipement, piégeage ou panne d'air, 2) la survenue d'une embolie gazeuse (29%) parfois suivie d'un ADD, 3) un accident cardiaque (26%). (Figure 6) Une analyse par régression a permis d'associer la survenue de ces accidents cardiaques à l'âge >40 ans avec un OR=5.9, IC95% [3-11.6] et à la présence de maladies cardiovasculaires chez les plongeurs décédés avec un OR=10.5, IC95% [6.1-18.1] (HTA, arythmie, coronaropathies ou antécédents de chirurgie cardiaque). Les maladies cardiovasculaires touchent d'ailleurs 4% des 35-44 ans, versus 21% des 55-64 ans et 35% des 65-74 ans. (38) (Figure 7). Leur présence chez les plongeurs a été ainsi reconnue comme « la troisième cause de mortalité en plongée ».

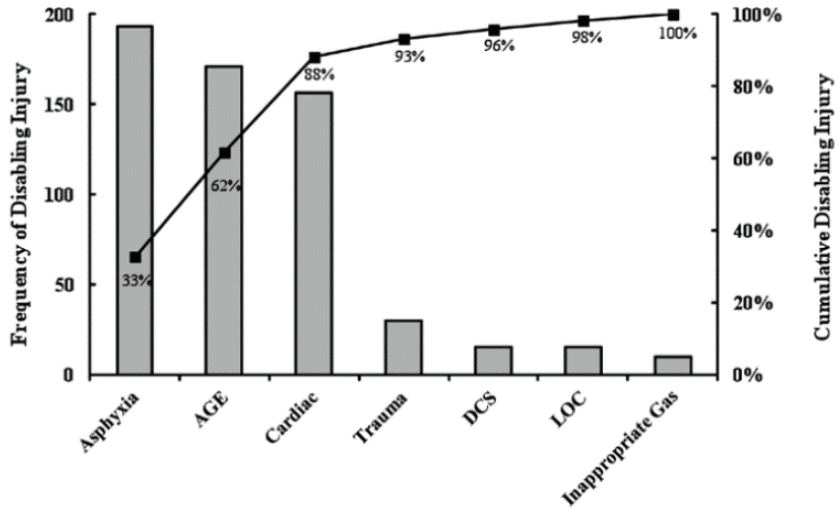


Figure 6 : Répartition des affections invalidantes chez 590 plongeurs décédés

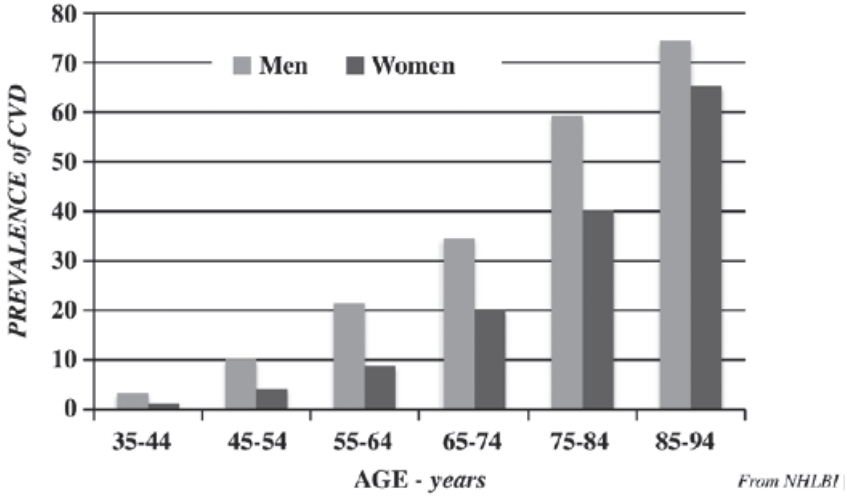


Figure 7 : Prévalence des maladies cardiovasculaires en fonction de l'âge (2011)

Une étude publiée par le même auteur, la même année, exploitant les résultats précités, a établi que le RR d'affection cardiaque invalidante est 12.9 fois plus élevé chez les plongeurs >49 ans. (14)

Dans une étude plus récente (E. Gempp en 2013), 28% des patients inclus (61 plongeurs victimes d'OPI identifiés dans les centres hyperbares de Toulon et Brest) ont présenté une dysfonction myocardique réversible (DMR) lors de leur plongée. Cette dysfonction, décrite comme un phénomène de sidération du VG entraînant des troubles de sa contractilité, est susceptible d'induire un IDM (et par conséquent la mort par noyade) chez les patients dont le cœur est déjà fragilisé par la présence d'arythmie ou d'insuffisance cardiaque. Dans cette étude, sa survenue est significativement associée à l'âge >50 ans (p=0.013 et OR=5.5, IC95% [1.5-21]) et à la présence d'HTA (p=0.002 et OR=8.2, IC95% [2.1-32]). (33)

Cependant, les OPI et les ADD peuvent se produire chez les plongeurs dits « âgés » sans qu'ils ne présentent de pathologie cardiovasculaire évocatrice. (39, 40) D'autres facteurs de risque ont été retrouvés :

- En 2017, une étude rétrospective basée sur l'analyse de 2 629 plongeurs européens victimes d'ADD a évoqué l'IMC comme facteur de risque potentiel. (22) L'analyse épidémiologique des accidentés a relevé, en moyenne, une taille de 175,3+/-6,22 cm pour un poids de 77,6+/-9,27 kg soit un IMC de 25,16+/-1,83 kg/m2. La masse grasse moyenne a été estimée à 23,7% pour une population dont le pourcentage de masse grasse individuel s'étendait de 6,5 à 43,6%. Dans cette étude l'IMC est significativement corrélé à la présence de bulles circulantes lors de la décompression avec p=0.04. Le pourcentage de masse grasse, est défini comme ayant un lien significatif avec la formation de bulles circulantes (p<0.0001) et la survenue d'ADD (p<0.0001) avec un seuil de significativité plus important que l'IMC.

- L'évolution de la fonction endothéliale vasculaire vers un phénotype pro-inflammatoire et athérosclérotique est un phénomène physiologique, débutant dès l'enfance, s'aggravant avec l'âge et fragilisant progressivement le système vasculaire. (37) Les symptômes cliniques reflétant cette dysfonction apparaissent généralement à l'âge moyen. (41) Lors de la pratique de la plongée, le stress physique induit par l'augmentation de la pression ambiante et l'élimination des gaz inertes (l'azote, pour la plongée à l'air) induit un dysfonctionnement endothélial transitoire via la libération de molécules pro-inflammatoires. (42, 43, 44) Lorsque ce phénomène se produit sur un endothélium

déjà fragilisé, il induit la production d'un plus grand nombre de bulles circulantes, un stress oxydatif et des perturbations rhéologiques, facteurs d'ADD. Le vieillissement vasculaire apparaît comme un FDRi, en dehors de l'existence de toute maladie cardiovasculaire symptomatique. Il a également été démontré que le vieillissement s'accompagne d'une augmentation de la rigidité vasculaire et du ventricule gauche (VG), induisant une diminution de sa compliance (35, 36). En conséquence, devant une augmentation brutale de la postcharge, par stimulation du système nerveux sympathique (Froid, stress…), la pompe cardiaque peut présenter des difficultés d'adaptation aux variations de pression, favorisant l'OPI.

Ainsi, les plongeurs > 45-50 ans semblent plus exposés au risque d'ADD et d'OPI de part une incidence plus grande des MCV, une augmentation naturelle de leur masse grasse et une sénescence vasculaire physiologique induisant de plus grande difficulté d'adaptation aux modifications de pression. Chez les plongeurs en général et ces individus en particulier, existe-t-il des facteurs extrinsèques favorisant les accidents, susceptibles d'être modifiés afin d'en réduire l'incidence ?

D. Des facteurs extrinsèques identifiables ?

Trois facteurs de risque extrinsèques cités dans cette revue sont susceptibles d'avoir une influence sur la survenue d'ADD ou d'OPI : la température de l'eau (29, 30, 36, 45), la profondeur moyenne de la plongée (22, 23, 26, 29, 30, 33, 46) et le temps de plongée. (22, 23, 26, 33, 47)

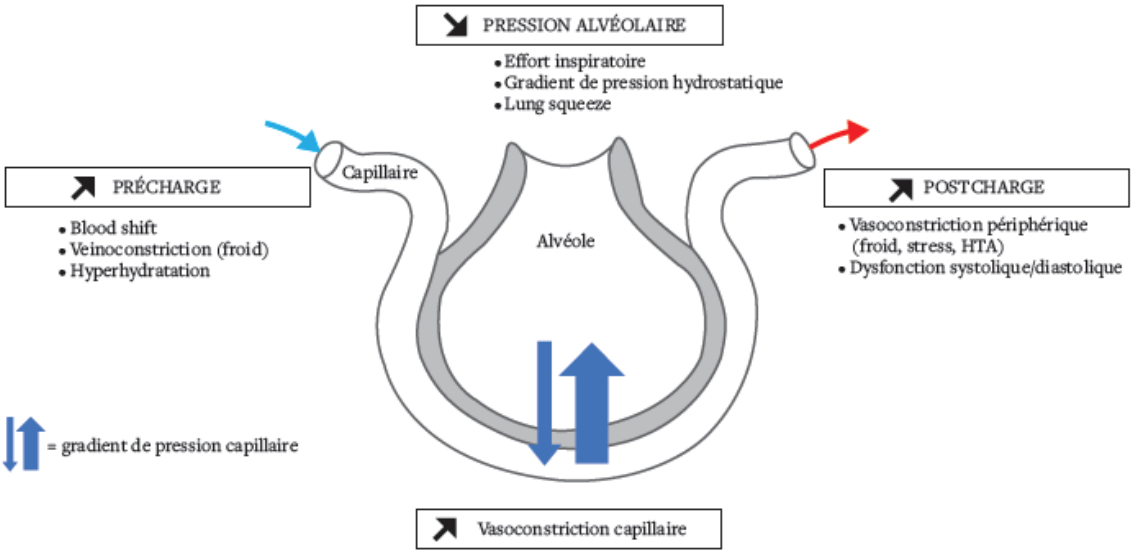


Figure 8 : Facteurs influençant le gradient de pression capillaire

La simple immersion du corps provoque le *blood-shift* (*cf. Introduction*) : L'augmentation de la pression ambiante provoque le transfert du sang périphérique vers le thorax, ce qui accroît la PAP et la précharge. (9) L'exposition au froid majore la vasoconstriction périphérique et donc la postcharge cardiaque (11, 12). L'augmentation simultanée de la précharge et de la postcharge peut, en majorant le gradient de pression capillaire, provoquer un OPI (Figure 8).

- Une étude analytique prospective a été menée pour tenter de corréler significativement exposition au froid et risque d'OPI. (45) 10 volontaires ont été successivement exposés à une eau dite chaude (27-31°C) puis froide (18-20°C). Une mesure de la tension artérielle (TA), de la pression artérielle pulmonaire (PAP) et de la pression veineuse centrale (PVC) a été réalisée chez chacun des

participants. Lors de l'exposition au froid on constate bien une augmentation estimée significative ($p<0.04$) de la PAP et la PVC lors du passage de l'eau chaude à l'eau froide.

Dans 2 études de cas, la température moyenne à laquelle étaient exposées les victimes d'OPI était de 15°C (13-27°C) et de 14,3°C (10-17°C) (29, 30). A contrario, sur analyse des articles inclus dans la revue, il ne semble pas exister de lien significatif entre exposition au froid et ADD.

- Une étude menée sur 106 cas d'OPI, dont la profondeur moyenne de plongée était de 33+/11 mètres (10-48), a établi un lien significatif entre OPI et profondeur de plongée avec $p = 0,0000659$. (46) Une autre, basée sur l'étude de 320 cas d'ADD pour une profondeur moyenne de 29.75m (5-104), conclut au lien significatif avec un $p<0.0001$. (22) Parallèlement, l'évaluation de 279 cas d'ADD neurologiques a permis de conclure que la plongée de profondeur>39m représentait un facteur de risque de mauvaise récupération avec $p=0.031$ et $OR=1.04$, IC95% [1-1.07]. (26) Une seule étude incluse n'a pas montré de lien significatif entre ADD et profondeur ($p=0.53$) : Le sujet portait sur les ADD de type neurologique uniquement et sur un échantillon de 74 patients. (23) Une dernière, quant à elle, démontre que la profondeur en plongée n'a pas de lien significatif avec la survenue de DMR ($p=0.5$) sur l'analyse de 54 cas d'OPI. (33) Lors de l'étude de cas de 28 OPI, la profondeur moyenne lors de la survenue de l'accident fut de 30,75m. (29, 30)

- Sur les cinq études incluses (22, 23, 26, 33, 47), une seule a conclu à l'existence d'un lien de significativité entre le temps de plongée et le risque d'ADD ou d'OPI. [$p=0.001$ pour un temps moyen de plongée de 47.2 (17-130) minutes]. (22) L'étude des profils de plongée de 4 711 plongeurs accidentés a conclu paradoxalement que les ADD survenaient plus fréquemment lors de plongées plus courtes avec $p<0.05$ et OR 1.02, IC95% [1-1.04]. (47) Une profondeur de plongée plus importante (avec temps de plongée-fond plus court) et/ou une remontée en surface plus rapide pourrait expliquer ce résultat inattendu. Le temps n'apparaît pas significativement associé au risque de DMR ($p=0.08$), (33) ni au risque de mauvaise récupération post ADD ($p=0.71$). (26)

DISCUSSION

A. Interprétation des résultats et comparaison à la littérature antérieure à 2004.

Il ressort de cette revue que le risque de développer un ADD ou un OPI au cours d'une plongée loisir en scaphandre autonome à l'air augmente avec l'âge. Le risque d'accident est en moyenne multiplié par 1.6 chez les plongeurs de 31-50 ans et par 2.55 chez les 51-61 ans.
L'analyse de la littérature antérieure à 2004 semble concordante, car en 1997, on référençait déjà 11 articles indiquant l'existence d'une corrélation entre âge et ADD, contre trois articles ne retrouvant pas de lien significatif. (48) Certaines études, menées à grande échelle par le DAN, estiment que les plongeurs âgés de plus de 50 ans sont plus sujets aux accidents graves. 45% des ADD ou OPI dits graves sont développés par des plongeurs de plus de 50 ans, 60% par des plongeurs de plus de 60 ans. Or l'âge est également associé à un plus faible niveau de récupération fonctionnelle. Ce risque est multiplié par 1.04 pour les plongeurs de plus de 42 ans.
En 2019, la fréquence des OPI représente 1.1 à 1.8% des plongées totales recensées par le DAN, avec une probable sous-estimation. (24) En effet, l'OPI est une pathologie de description récente, décrit pour la première fois par Whilshurst en 1981. Les symptômes cliniques spécifiques qui le caractérisent, longtemps mal connus, ont engendré son sous-diagnostic pendant de nombreuses années. En 2017, le risque de faire un ADD était estimé à 0.1% (49) lors de chaque plongée. Leur fréquence et leur conséquence (séquelles neurologiques lourdes, évènements cardiaques ou pulmonaires aiguës), peuvent avoir un impact psychosocial majeur avec perte d'autonomie et épuisement des aidants, perte d'emploi et les conséquences financières qui en découlent, devenant ainsi un véritable enjeu de santé publique.

Pourquoi cette corrélation ?
- La survenue d'un événement cardiaque lors de l'immersion est reconnue comme étant la troisième cause de mortalité chez les plongeurs loisirs, après l'asphyxie et l'embolie gazeuse. Or ce genre d'incident a 10.5 fois plus de risque de se produire chez les plongeurs présentant une pathologie cardiovasculaire (HTA, l'arythmie, coronaropathie ou antécédent de chirurgie cardiaque). Par ailleurs, la prévalence de ces pathologies augmente avec l'âge, touchant 5% des 35-39 ans contre 15% des 40-44 ans et 30% des 50-54 ans. Trois études, publiées entre 1989 et 2001 attestent également d'un lien significatif entre maladies cardiovasculaires et survenue d'ADD ou d'OPI. (10, 50, 51) En 2013, Gempp évoquait l'hypothèse que les OPI pouvaient être secondaires à la survenue d'une dysfonction myocardique réversible (DMR) pendant la plongée. Cette dysfonction, décrite comme un phénomène de sidération du VG peut entraîner des troubles de contractilité, pouvant aller jusqu'à l'infarctus du myocarde. Il s'avère que le risque de faire une DMR est 5.5 fois plus élevé après 50 ans et 8.2 plus grand chez les plongeurs atteints d'HTA.

- L'augmentation de l'index de masse grasse est aussi significativement associée à l'augmentation du risque d'ADD ou d'OPI. Comme en atteste une récente publication de P. Szulc, la masse grasse des compartiments abdominaux appendiculaire, gynoïde, central, androïde et sous-cutané augmente avec l'âge. La masse grasse viscérale est 181% plus élevée chez les hommes âgés de plus de 80 ans, comparativement aux hommes âgés de 20 à 30 ans. (52) Avec l'âge, la diminution progressive de l'appétence pour les protéines engendre une diminution de la masse maigre. De ce fait, en vieillissant, la masse maigre diminue aux dépens de la masse grasse, exposant les plongeurs à un plus grand risque d'accident. Deux études, publiées entre 1999 et 2002 attestent aussi d'un lien significatif entre obésité/augmentation de la masse grasse et majoration des accidents de plongée sous-marine. (53, 54)

- L'âge avançant, on constate une rigidification physiologique du réseau vasculaire et du VG, en dehors de l'existence de toute pathologie cardiovasculaire. Cette perte de compliance peut limiter l'adaptation du système cardiovasculaire des plongeurs lors des variations de pressions et par conséquent favoriser l'apparition d'OPI. L'évolution de la fonction endothéliale vasculaire vers un phénotype pro-inflammatoire et athérosclérotique est un phénomène physiologique s'aggravant avec l'âge. Cette évolution à elle seule fragilise l'endothélium vasculaire, le rendant plus prompt à la formation de bulles circulantes. Les plongeurs âgés, susceptibles de créer naturellement plus de bulles sont donc plus à risque de faire des ADD.

La corrélation des ADD ou OPI avec l'âge s'explique donc en partie par la prévalence plus importante de maladies cardiovasculaires après 50 ans, l'augmentation progressive de la masse grasse aux dépens de la masse maigre et la sénescence physiologique du système cardiovasculaire devenant moins compliant face aux modifications de pression induite par l'immersion. Indépendamment de l'âge du plongeur, deux autres facteurs sont reconnus comme ayant un lien significatif avec la survenue de ces accidents : la température de l'eau et la profondeur de la plongée.

- L'immersion en eau dite « froide » apparaît comme un facteur de risque d'OPI, quel que soit l'âge. En provoquant une vasoconstriction diffuse des vaisseaux périphériques, elle participe à l'augmentation significative de la postcharge et de la PVC. Ajouté au *blood-shift* naturel induit par l'immersion, ce phénomène provoque une augmentation simultanée des pressions systoliques et diastoliques, pouvant engendrer une défaillance cardiaque et l'OPI. Cette information s'appuie sur les résultats issus de cette revue, mais également sur trois autres publications datant de 1989, 1995 et 1997, évoquant la même conclusion. (55, 56, 57) Seulement aucune des études incluses dans cette revue ne permet d'évaluer la limite de température à partir de laquelle le risque d'OPI est significativement dommageable.

- La profondeur maximale atteinte par le plongeur lors de l'immersion est également un paramètre à prendre en compte, car elle présente un lien significatif avec la survenue d'ADD et d'OPI. Les accidents étudiés dans cette revue se sont tous produits à une moyenne de 30 mètres sous le niveau de la mer, mais aucun article inclus n'avait pour objectif principal de déterminer une limite précise à partir de laquelle le risque d'accident augmente significativement.

B. <u>Généralisation.</u>

Pour réduire au maximum le risque d'accident de plongée, les organisations de formation de plongeurs américaines (PADI, SSI, NAUI) limitent la plongée-loisir à la profondeur de 130 pieds (40m) et interdisent les plongées avec paliers de décompression obligatoires. On note même que la profondeur maximale autorisée dans beaucoup de destinations touristiques de plongée (mer Rouge, Maldives, etc.) est de 30 mètres. Les bateaux de croisière-plongée appliquent strictement ces règles de limitation : un accident à bord interrompant la croisière induirait un sévère manque à gagner des organisateurs sur le plan financier… D'autant plus que, compte tenu du coût des voyages-plongées, le pourcentage des « plongeurs séniors » est en général élevé à bord. (58) À l'opposé, la FFESSM française autorise les plongées à l'air jusqu'à 60m et avec paliers de décompression obligatoires. Pour calculer la durée de ces paliers, les plongeurs ont recours aux ordinateurs de bord. Mais les procédures de décompression « computorisées » sont fondées sur des algorithmes mathématiques n'intégrant jusqu'à présent que les facteurs de temps de plongée et de profondeur/pression. Elles ne tiennent pas compte de l'âge, de l'état physiologique et des autres FDRi.

Le nombre d'ADD et d'OPI (mortels ou non) augmentant en Europe depuis 2004 et il n'est pas certain que le CACI type mis à disposition sur Internet par la FFESSM (avec les aides pour sa rédaction) puisse corriger en France cette tendance.
Depuis 2014, ce CACI peut être rédigé par tout médecin généraliste inscrit à l'Ordre. La visite d'aptitude est l'occasion de la délivrance au plongeur de conseils et d'informations susceptibles de sécuriser le comportement subaquatique, à condition que le rédacteur du CACI soit au fait de la médecine de plongée. Au vu des informations colligées dans la revue, il doit savoir conseiller l'adaptation du profil de plongée des plus de 50 ans afin qu'ils puissent continuer leur loisir sans pour autant nuire à leur santé, en étant au fait des effets du froid, de la profondeur de plongée et des FDRi.

C. Forces et faiblesses de l'étude.

Cette étude présente plusieurs forces.
La méthodologie de recherche et de rédaction a suivi rigoureusement les recommandations de la *Cochrane Collaboration* et de la grille d'évaluation *PRISMA*. Ce travail a été entièrement encadré par le directeur de thèse et toutes les décisions importantes, tel que la validation des critères d'inclusion, ont été prises en binôme. Lors de la sélection des articles à inclure, en cas de doute sur l'éligibilité d'un texte celui-ci était soumis à l'analyse du directeur de thèse. La décision d'inclusion dans l'étude était établie par consensus entre auteur et directeur afin de réduire les risques de biais de sélection. Les revues de la littérature sélectionnées étaient de bonne qualité. Cette étude a été réalisée dans un souci constant d'objectivité des données apportées.
Elle est exclusivement composée de publications récentes, offrant un aperçu de l'état de santé des plongeurs sur les 15 dernières années et l'occasion d'apprécier son évolution dans le temps. A la lumière de ces informations elle permet d'adapter la conduite des médecins prescripteurs afin d'en tirer deux avantages notables : Améliorer la sécurité du plongeur lors de la pratique de ce sport « à contraintes particulières » et augmenter la sécurité de prescription des médecins généralistes non spécialisés en médecine subaquatique ou de plongée qui, rappelons-le, engagent leur responsabilité à chaque signature de certificat.

Cependant ces résultats restent à interpréter avec prudence car l'étude présente également des faiblesses.
La recherche bibliographique s'est restreinte aux textes publiés en français et en anglais. Seul les bases de données PubMed et Science Direct ont été exploitées. En limitant les recherches aux publications postérieures à 2004 nous avons indirectement limité le nombre d'article inclus dans cette revue. Les équations de recherche par mots clés ont été exclusivement composées de la conjonction de coordination « et », réduisant indirectement le nombre d'articles correspondants.
L'analyse prospective des accidents de plongée est souvent difficile car ces derniers sont non prévisibles. La majorité des articles inclus sont donc des études rétrospectives, reconnues comme étant de faible niveau de preuve. 91% des articles inclus étaient rédigés en anglais. Il existe donc un possible risque de biais d'interprétation.

D. Conclusion.

Les médecins généralistes non spécialisés en médecine subaquatique ou de plongée n'étant pas toujours en mesure de prodiguer les conseils de sécurité nécessaires aux plongeurs, notamment de plus de 50 ans, il pourrait être intéressant de proposer une modification du CACI actuel. Ce dernier serait calqué sur le modèle américain, reconnu aux États-Unis et dans les eaux internationales comme étant « sécuritaire » : Profondeur de 30 mètres maximum, sans palier de décompression obligatoire et en eau « chaude » ($\geq$ 20°C). Compte tenu de l'absence de palier de décompression, il ne nécessite pas de conseils précis d'adaptation du profil de plongée. Un tel

certificat pourrait être signé par un médecin généraliste non formé à la médecine de plongée, en tenant compte de la liste des contre-indications fournie par la FFESSM et après avoir réalisé un interrogatoire et un examen clinique attentif.

Toutefois, si un sénior (>50 ans) est demandeur d'un certificat lui permettant d'accéder à des profondeurs supérieures à 30 mètres, au vu des risques, une orientation vers un médecin spécialisé serait envisagée. Cela permettrait une information précise sur les risques potentiels et la délivrance de conseils adaptés afin de personnaliser et sécuriser le profil de plongée.

On peut donc proposer un nouveau format de CACI à la pratique de la plongée sous-marine de loisir, à destination des médecins non spécialisés en médecine subaquatique. Celui-ci est présenté en annexe 5 à titre d'exemple et requiert une validation par les instances de la FFESSM.

BIBLIOGRAPHIE

1. Renée F. La plongée dans toute sa théorie. 1ère édition. TS publication ; 2014. E-book disponible sur : http://livreplongee.fr/6-2/
2. FFESSM. État des licences 2017. [Internet]. [2017]. Disponible sur : https://ffessm.fr/ckfinder/userfiles/files/pdf/AG/AG2018/CONTROLE-LICENCE-COMITES-2017.pdf
3. ministère des Sports. Le certificat médical. [Internet]. [cité 16 novembre 2018]. Disponible sur : http://www.sports.gouv.fr/pratiques-sportives/pratique-securite/securite-sur-la-voie-publique/article/Le-certificat-medical
4. LegiFrance. Arrêté du 31 décembre 2016 accordant la délégation prévue à l'article L. 131-14 du code sport. [Internet]. [cité le 11 janvier 2017]. Disponible sur : https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000033851030&categorieLien=id
5. Lamedecinedusport.com. Plongée et activités subaquatiques – Visite médicale de non-contre-indication aux activités subaquatiques. [Internet]. [cité le 25 novembre 2016]. Disponible sur : https://www.lamedecinedusport.com/dossiers/plongee-activites-subaquatiques-visite-medicale-de-contre-indication-aux-activites-subaquatiques/
6. FFESSM. Règlement médical. Tableau synoptique des qualités des médecins habilités à délivrer des certificats de non-contre-indication pour la pratique de la plongée et des sports subaquatiques. p. 21. [Internet]. [cité le 1er novembre 2014]. Disponible sur : http://medical.ffessm.fr/wp-content/uploads/Reglement-Medical-FFESSM-2014.pdf
7. Lefèvre L, Vallet B. Journal officiel de la République française - Décrets, arrêtés, circulaires. Texte 42 sur 126. [Internet]. [cité le 15 août 2017]. Disponible sur : http://www.ffs.fr/pdf/medical/FFSmed-Arrete-du-24-07-2017.pdf
8. Denoble P-J, Marroni A, Vann R-D. Annual fatality rates and associated risk factors for recreational scuba diving. Recreational diving fatalities workshop proceedings 2012 ; 73-83
9. Louge P, Blatteu J-E, Gempp E, De Maistre S, Hugon M. Accidents de plongée, cadre nosologique et bases physio-pathogéniques. Médecine et armées 2015 ; 43(1),41-48.
10. Wilmshurst P, Nuri M, Crowther A, Betts J, Webb-Peploe MM. Forearm vascular responses in subjects who develop recurrent pulmonary edema of scuba diving : a new syndrome. Br Heart J 1981; 45:349.
11. Gempp E, Louge P, Blatteau J-E. Œdème pulmonaire en plongée sous-marine. Science et sports 2016 ; 31, 362-367.
12. Desgraz B, Sartori C, Saubade M, Héritier F, Gabus V. Œdème pulmonaire d'immersion. Rev Med Suisse 2017 ; 13, 1324-1328.
13. Pollock NW, Vann RD, Denoble PJ, Freiberger JJ, Dovenbarger JA et al. Annual diving report – 2007 edition. Durham, NC : Divers Alert Network ; 2007.
14. Denoble PJ, Pollock NW, Vaithiyanathan P, Caruso JL, Dovenbarger JA, Vann RD. Scuba injury death rate among insured DAN members. Diving and Hyperbaric Medicine, 4eme édition. 2008 ; 38, 182-188.
15. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. Kinesither Rev 2015 ; 15(157) :39-44.
16. The Cochrane collaboration. Cochrane handbook for systematic reviews of intervention. Version 5.1.0. In: PT Higgins J, Sally Green S, editors. [Internet]. [cité mars 2011]. Disponible sur : https://handbook-5-1.cochrane.org/

17. Gedda M. Traduction française des directives CONSORT pour l'écriture et la lecture des essais contrôlés randomisés. Kinesither Rev 2015 ; 15(157) :28–33.
18. Gedda M. Traduction française des lignes directrices CARE pour l'écriture et la lecture des études de cas. Kinesither Rev 2015 ; 15(157) :64–68.
19. Gedda M. Traduction française des lignes directrices CARE pour l'écriture et la lecture des rapports de recherches qualitatives. Kinesither Rev 2015 ; 15(157) : 50-54.
20. Gedda M. Traduction française des lignes directrices STARD pour l'écriture et la lecture des études sur la précision des tests diagnostiques. Kinesither Rev 2015 ; 15(157) : 45-49.
21. Gedda M. Traduction française des lignes directrices CARE pour l'écriture et la lecture des études observationnelles. Kinesither Rev 2015 ; 15(157) : 34-38.
22. Cialoni D, Pieri M, Balestra C, Marroni A. Dive risk factors, gas bubble formation ans decompression illness in recreational scuba diving: Analysis of DAN Europe DSL data base. Frontiers in psychology 2017, Vol8, Article 1587.
23. Gempp E, Louge P, Blatteau JE, Hugon M. Risks factors for recurrent neurological decompression sickness in recreational divers: a case-control study. Sports Med Phys Fitness 2012 ; 52 : 1-7
24. Smerz RW. Age associated risks of recreational scuba diving. Diving and Hyperbaric Medicine 2007 ; 37 : 162-163.
25. Smerz RW, Overlock RK, Nakayama H. Hawaiian deep treatments: Efficacy and outcomes, 1983-2003. UHM 2005 ; 32 : 363-373
26. Blatteau JE, Gempp E, Simon O, Coulange M, Delafosse B, Souday V et al. Prognostic factors of spinal cord decompression sickness in recreational diving: Retrospective and multicentric analysis of 279 cases. Neurocrit Care 2011 ; 15 : 120-127.
27. Buzzacott P, Theron M, Mazur A, Wang Q, Lambrechts K, Eftedal I. Age, weight and decompression sickness in rats. Arch Physiol Biochem. 2016 ; 122(2) :67-9.
28. Koehle MS, Lepawsky M, McKenzie DC. Pulmonary oedema of immersion. Sports Med 2005; 35(3): 183-190.
29. Cochard G, Arvieux J, Lacour JM, Madouas G, Mongredien H, Arvieux CC. Pulmonary edema in scuba divers: recurrence and fatal outcome. UHM 2005 ; 32 : 39-44
30. Coulange M, Rossi P, Gargne O, Gole Y, Bessereau Y, Regnard J et al. Pulmonary oedema in healthy scuba divers: new physiopathological pathways. Clin Physiol Funct Imaging 2010; 30: 181-186.
31. Denoble PJ, Caruso JL, Dear GJ, Pieper CF, Vann RD. Common causes of open-circuit recreational diving fatalities. UHM 2008; 35: 393-406.
32. Peacher D, Martina S, Otteni C, Wester T, Potter J, Moon RE. Immersion pulmonary edema and comorbidities: Case series and updated review. Med Sci Sports Exerc 2015; 47: 1128-1134.
33. Gempp E, Louge P, Henckes A, Demaistre S, Heno P, Blatteau JE. Reversible myocardial dysfonction and clinical outcome in scuba divers with immersion pulmonary edema. Am J Cardiol 2013 ; 111 : 1655-1659.
34. Ihama Y, Miyazaki T, Fuke C, Mukai T, Ohno Y, Sato Y. Scuba-diving related deaths in Okinawa, Japan, from 1982 to 2007. Legal Medicine 2008 ; 10 : 119-124.
35. Muller M, Mast J, Patel H, Sinoway L. Cardiac mechanics are impaired during fatiguing exercise and cold pressor test in healthy older adults. Appl Physiol 2013 ; 114 : 186–194.
36. Wilson T, Gao Z, Hess K, Monahan K. Effect of aging on cardiac function during cold stress in humans. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 2010 ; 298 : R1627–R1633.
37. Ardestani S, Buzzacott P, Eftedar I. The aging diver: endothelial biochemistry and its potential implications for cardiovascular health. Diving and hyperbaric medicine 2015 ; 45 : 235-239.

38. Bove A, M.D, Ph. D. The cardiovascular system and diving risk. UHM 2011 ; 38 : 261-269.
39. Edmonds C, Lippman J, Lockley S, Wolfers D. Scuba divers' pulmonary oedema : recurrences and fatalities. Diving Hyperb Med 2012 ; 42 : 40-44.
40. Cordier PY, Coulange M, Polycarpe A, Puidupin A, Peytel E. Immersion pulmonary oedema : a rare cause of life-threatening diving accident. Ann Fr Anesth Reanim 2011 ; 30 : 699.
41. Deanfi eld JE, Halcox JP, Rabelink TJ. Endothelial function and dysfunction: testing and clinical relevance. Circulation 2007 ; 115 : 1285-1295.
42. Brubakk AO, Duplancic D, Valic Z, Palada I, Obad A, Bakovic D, et al. A single air dive reduces arterial endothelial function in man. J Physiol 2005 ; 566 :901-906.
43. Sureda A, Batle JM, Capo X, Martorell M, Cordova A, Tur JA, et al. Scuba diving induces nitric oxide synthesis and the expression of infl ammatory and regulatory genes of the immune response in neutrophils. Physiol Genomics 2014 ; 46 : 647-54.
44. Glavas D, Markotic A, Valic Z, Kovacic N, Palada I, Martinic R, et al. Expression of endothelial selectin ligands on human leukocytes following dive. Exp Biol Med 2008 ; 233 : 1181-1188.
45. Wester T, Cherry A, Pollock N, Freiberger J, Natoli M, Schinazi A et al. Effects of head and body cooling on hemodynamics during immersed prône exercise at 1 ATA. J Appl Physiol 2009 ; 106: 691–700.
46. Boussuges A, Ayme K, Chaumet G, Albier E, Borgnetta M, Gavarry O. Observational study of potential risk factors of immersion pulmonary edema in healthy divers: exercise intensity is the main contributor. Sports Med-Open 2017 ; 35 : 1-8.
47. Buzzacott P, Denoble P, Dunford R, Vann R. Dive problems and risk factors for diving morbidity. Diving Hyperb Med 2009 ; 39 : 205-209.
48. Bove A. Diving medicine, 3rd ed. Philadelphia: Saunders&co 1997; 157-158.
49. Balestra C, Theunissen S, Papadopoulou V, Le Mener C, Germonpré P, Guerrero F et al. Pre-dive whole-body vibration better reduces decompression-induced vascular gas emboli than oxygenation or a combination of both. Front Physiol. 2016 ; 7 586.
50. Caruso JL, Bove AA, Uguccioni DM, Ellis JE, Dovenbarger JA, Bennett PB. Recreational diving deaths associated with cardiovascular disease. Undersea and Hyperb Med 2001; 28: 76.
51. Slade JB Jr, Hattori T, Ray CS, Bove AA, Cianci P. ulmonary edema associated with scuba diving : cas reports and review. Chest 2001 ; 120 : 1686-1694.
52. Szulc P, Duboeuf F, Chapurlat R. Age-Related Changes in Fat Mass and Distribution in Men-the Cross-Sectional STRAMBO Study. J Clin Densitom 2017 ; 20(4): 472-479.
53. Lillo RS, Himm JF, Weathersby PK, Temple DJ, Gault KA, Dromsky DM. Using animal data to improve prediction of umain decompression risk following air-saturation dives. J Appl Physiol 2002; 93: 216-226.
54. Carturan D, Boussuges A, Burnet H, Fondarai J, Vanuxem P, Gardette B. Circulating venous bubbles in recreational diving: relationships with age, weight, maximal oxygen uptake and body fat percentage. Intern Journ Sports Med 1999 ; 20(6) : 410-414.
55. Wilmshurst PT, Nuri M, Crowther A. Cold-induced pulmonary edema in scuba divers and swimmers ans subsequent development of hypertension. Lancet 1989 ; 1 : 62-65.
56. Pons M, Blickenstorfer D, Oechslin E. Pulmonary edema in healthy persons during scuba diving and swimming. Eur Respir J 1995 ; 8 :762-767.
57. Hampson NB, Dunford RG. Pulmonary edema of scuba divers. Undersea Hyperb Med 1997 ; 24(1) : 29-33.
58. Murphy G. Responsible computer diving. Skin Diver 1992 ; 1 : 68-73.

FFESSM COMMISSION MÉDICALE ET DE PRÉVENTION

ANNEXE 1 : Certificat médical type

FÉDÉRATION FRANÇAISE D'ÉTUDES ET DE SPORTS SOUS-MARINS.

Établi par la FFESSM depuis 2017

FRENCH UNDERWATER FEDERATION

Fondée en 1948, membre fondateur de la Confédération mondiale des activités subaquatiques.

Certificat médical d'Absence de Contre-Indication à la pratique des activités subaquatiques

Je soussigné(e) Docteur, Exerçant à,

Médecin O généraliste O du sport O fédéral n° :
O diplômé de médecine subaquatique O autre :

Certifie avoir examiné ce jour : **NOM :**

Né(e) le : **Prénom :**

Et ne pas avoir constaté, sous réserve de l'exactitude de ses déclarations, de contre-indication cliniquement décelable à la pratique :

☐ **De l'ensemble des activités subaquatiques EN LOISIR**

Ou bien seulement (cocher) **:** ☐ DES ACTIVITÉS DE PLONGÉE EN SCAPHANDRE AUTONOME

☐ DES ACTIVITÉS EN APNÉE

☐ DES ACTIVITÉS DE NAGE AVEC ACCESSOIRES

De la ou des activité(s) suivante(s) EN COMPÉTITION (spécifier en toutes lettres) **:**

Avec un certificat nécessitant un médecin fédéral, du sport ou qualifié (cocher) **:**

☐ TRIMIX Hypoxique ☐ APNÉE en PROFONDEUR > 6 mètres en compétition

☐ Pratique HANDISUB ☐ Reprise de l'activité après accident de plongée

NOMBRE DE ☐ COCHÉE(S) (obligatoire) :

Remarque(s) et restriction(s) éventuelle(s) (en particulier pour l'encadrement en plongée subaquatique…) **:**

Un certificat est exigible toutes les 3 saisons (si renouvellement sans discontinuité de la licence) pour les disciplines : Nage avec Palmes, Nage en Eau Vive, Tir sur Cible, Hockey subaquatique, Apnée jusqu'à 6 mètres. Pratique de l'activité jusqu'à expiration de la licence. **Un certificat est exigible tous les ans** pour la pratique de la Plongée subaquatique (Plongée en scaphandre en tous lieux et en apnée au-delà de 6 mètres).

Sauf en cas de modification de l'état de santé ou d'accident de plongée, qui suspend la validité de ce certificat.

Il est remis en main propre à l'intéressé ou son représentant légal.

Pour consulter la liste des contre-indications à la pratique des activités subaquatiques fédérales et les préconisations de la FFESSM relatives à l'examen médical, disponibles sur le site de la Commission Médicale et de Prévention Nationale : http://medical.ffessm.fr

Fait à : **, Le :** **Signature et cachet :**

ANNEXE 2 : Questionnaire médical préalable à la visite médicale d'absence de contre-indication à la pratique d'activités subaquatiques

Date :
NOM : PRENOM :
Date de naissance : Profession :
Comment vous sentez vous aujourd'hui ?

Avez-vous eu une perte de poids importante ces derniers mois ?

Activités physiques et subaquatiques :
Activité(s) subaquatique(s) pratiquée(s) ou en projet de pratique :
Date approximative des débuts de la pratique :
Niveau de pratique :
Nombre de plongées au total :
Pratique : d'encadrement / d'enseignement : □ oui - □ non ; de compétition :
□ oui -- □ non
Pratique d'autres activités sportives :
Nombre d'heures d'activités physiques / sportives pratiquées par semaine :
Incidents ou accidents au cours de ces activités, y compris en plongée (préciser date et le type d'accident) :

Habitudes de vie :
Fumez-vous : □ oui - □ non. Si oui, nombre de cigarettes /jour :
Nature du produit fumé :
Avez--vous fumé : □ oui -- □ non. Si oui, date d'arrêt :
Consommation de boissons alcoolisées : □ tous les jours : __ verres/j -- □ festif -- □jamais
Avez--vous été traité pour des problèmes d'alcool ces 5 dernières années ? □ oui -- □ non
Autres toxiques consommés (y compris occasionnellement) :

Antécédents chirurgicaux / traumatiques :
Avez--vous déjà eu une ou des opération(s) :

Cardiaque	□ oui -- □ non	si oui, date* et cause :
Thoracique	□ oui -- □ non	si oui, date* et cause :
Sphère ORL	□ oui -□non	si oui, date* et cause :
Ophtalmologique	□ oui -□non	si oui, date* et cause :
Digestive	□ oui -- □ non	si oui, date* et cause :
Voies urinaires	□ oui -- □ non	si oui, date* et cause :
Colonne vertébrale	□ oui -- □ non	si oui, date* et cause :
Cerveau	□ oui -- □ non	si oui, date* et cause :
Orthopédique	□ oui -- □ non	si oui, date* et cause :
Autre	□ oui -□non	si oui, date* et cause :

Autres traumatismes et fractures :
Avez--vous déjà eu un traumatisme crânien : □ oui -- □ non ; si oui, précisez date* :
En dehors des opérations, avez--vous déjà été hospitalisé :
□ oui □non. Si oui, précisez date* et cause :

Antécédents médicaux :
Prenez--vous des médicaments tous les jours ou de façon régulière :
□ oui - □ non. Si oui, précisez lesquels :

Avez-vous des allergies : □ oui -- □ non ; si oui, à quoi :
Et quel type de manifestations :
Femmes : contraception : Traitement de la ménopause :

Dans la famille (vos parents, oncles, tantes, frères et sœur) :
Problèmes cardiovasculaires :
Autres problèmes de santé particuliers (hémophilie, …) :
Mort subite précoce avant 50 ans (y compris nourrisson) :

À l'effort et / ou dans l'eau, avez-vous déjà ressenti :			
malaise ou perte de connaissance	□ oui -- □ non	fatigue inhabituelle	□ oui- □ non
douleur thoracique	□ oui -- □ non	trouble visuel ou impression de "trou noir"	□ oui- □ non
palpitations	□ oui -- □ non	céphalées (maux de tête)	□ oui- □ non
essoufflement anormal	□ oui -- □ non	vomissements ou douleurs abdominales	□ oui- □ non
respiration sifflante	□ oui -- □ non	difficultés de récupération	□ oui- □ non
toux anormale	□ oui -- □ non		

Avez--vous déjà présenté ou présentez--vous :
Malaise □ oui -- □ non si oui, date* :
Perte de connaissance □ oui -- □ non si oui, date* :
Crise d'épilepsie/ convulsion □ oui -- □ non si oui, date* :
Prenez--vous ou avez--vous pris un traitement médical pour prévenir les convulsions ?
□oui -- □ non si oui, date* :

Cancer □ oui -- □ non si oui, type et date* :
Bronchites >3/an □ oui -- □ non si oui, date* :
Asthme □ oui -- □ non si oui, date* :
Respiration sifflante □ oui -- □ non si oui, date* :
Pneumothorax □ oui -- □ non si oui, date* :
Crachat de sang □ oui -- □ non si oui, date* :
Essoufflement anormal □ oui -- □ non si oui, date* :
Autre pb respiratoire □ oui -- □ non si oui, le(s)quel(s) :
Douleur thoracique □ oui -- □ non si oui, date* :
Hypertension artérielle, traitée ou non □ oui -- □ non si oui, date* :
Infarctus / angine de poitrine □ oui -- □ non si oui, date* :
Palpitations / troubles du rythme □ oui -- □ non si oui, date* :
Notion de souffle cardiaque □ oui -- □ non si oui, date* :
AVC (attaque cérébrale) / AIT □ oui -- □ non si oui, date* :
Autre problème cardio vasculaire □ oui -- □ non si oui, le(s)quel(s) :
Diabète □ oui -- □ non si oui, type et date* :
Phlébite / embolie □ oui -- □ non si oui, date* :
Maladie du sang (hémophilie, saignements prolongés ou anormaux …) □oui -- □ non si oui, date* :

Otites / sinusites >3/an □ oui -- □ non si oui, date* :
Vertige, problème d'équilibre □ oui -- □ non si oui, date* :
Trouble de l'audition □ oui -- □ non si oui, date* :
Autre pb ORL □ oui -- □ non si oui, le(s)quel(s) :
Port de lunettes et/ou lentilles □ oui -- □ non si oui, vision : □ de près -- □ de loin
Autre pb ophtalmo □ oui -- □ non si oui, le(s)quel(s) :

Reflux gastro--oesophagien □ oui -- □ non si oui, date* :
Ulcère gastro duodénal □ oui -- □ non si oui, date* :

Autre problème digestif □ oui -- □ non si oui, le(s)quel(s) :

Problèmes récurrents de rachis / de dos □ oui -- □ non si oui, date* :

Anxiété □ oui -- □ non si oui, date* :
Dépression □ oui -- □ non si oui, date* :
Attaque de panique □ oui -- □ non si oui, date* :
Autre affection psychiatrique □ oui -- □ non si oui, la(es)quelle(s) :

Grossesse en cours ou envisagée □ oui -- □ non

Etes-vous suivi / avez--vous été suivi pour des problèmes de santé que je ne vous ai pas demandé : □ oui -- □ non; si oui, lesquels :

Je certifie que ces renseignements sont exacts et prends l'entière responsabilité d'une déclaration incomplète ou erronée
Date :
Nom et signature du pratiquant ou du responsable légal si mineur

*Dates approximative

Commission Médicale et de Prévention nationale de la FFESSM

ANNEXE 3 : Fiche d'examen médical d'absence de contre-indication à la pratique d'activités subaquatiques

Nom : **Prénom :** **Age :**

Niveau de plongée/pratique : **Compétition : oui/non**

Antécédents médicaux :	Antécédents chirurgicaux :
Antécédents familiaux :	Traitement en cours :
Allergies :	
Plainte ce jour :	Symptomatologie d'effort :
Poids : Taille :	Croissance normale pour l'âge : oui/non
Anomalie métabolique :	FDR cardiovasculaire :

Auscultation cardiaque normale : oui/non

Auscultation pulmonaire normale : oui/non

Pouls périphériques : oui/non

État veineux normal : oui/non

FC repos : TA repos : Souffle artériel : oui/non

ECG (recommandé lors de la 1ère visite, tous les 3 ans de 12 à 35 ans, à chaque visite après 35 ans et/ou selon signe d'appel :

Rythme : FC : Axe : PR :

Aspect QRS : QT : QTc :

Repolarisation : Indice de Sokolow :

Bilan cardiologique spécialisé : oui/non	Bilan pneumologique spécialisé : oui/non
Recommandé chez les sujets : *- Présentant les facteurs de risques péjoratifs : obèse (IMC>30), hypertendus, diabétique* *- Présentant l'association d'au moins 2 FR parmi :*	*Recommandé chez les sujets :* *- Présentant des signes fonctionnels respiratoires* *- en cas d'antécédent (notamment pour la plongée en scaphandre)*

• *Homme>40 ans, femmes>50 ans* • *Tabagisme actif ou sevré depuis moins de 5 ans* • *Dyslipidémie (LDLc >1.5g/L)* • *Hérédité cardiovasculaire chez les ascendants du 1er degré*	

Anomalie(s) cardio-respiratoire(s):

ORL:

Otoscopie normale : oui/non Vasalva/équilibrage normal : oui/non

Audition normale : oui/non Equilibre normal : oui/non Anomalie(s) :

Acuité visuelle : Sans correction Œil droit : Œil gauche :

Avec correction Œil droit : Œil gauche :

Appareil locomoteur : Normal :

Membre supérieur : oui/non Membre inférieur : oui/non Rachis : oui/non

État bucco-dentaire : Bon Moyen Mauvais Prothèse

Psychisme : Normal : oui/non. Remarques :

Examen neurologique : Normal : oui/non

État cutanée :

Autres :

Conclusion(s) et signature du médecin :

Examen(s) complémentaire(s)/avis spécialisé à prévoir :

Demande d'évaluation par médecin de pongée *(pour adaptation des conditions de pratiques*) : oui/non

Contre-indication : oui/non. Si oui : CI temporaire/définitive

Restrictions :

Date de l'examen :

ANNEXE 4 : Liste des contre-indications à la pratique de la plongée en scaphandre autonome.

Dernière version éditée par le CMPN de la FFESSM : 4 janvier 2012

Cette liste est indicative et non limitative. Les problèmes doivent être abordés au cas par cas, éventuellement avec un bilan auprès d'un spécialiste, la décision tenant compte du niveau technique (débutant, plongeur confirmé ou encadrant). En cas de litige, la décision finale doit être soumise à la Commission Médicale et de Prévention Régionale, puis en appel, à la Commission Médicale et de Prévention nationale.

	Contre-indications définitives	**Contre-indications temporaires**
Cardiologie	Cardiopathie congénitale Insuffisance cardiaque symptomatique Cardiomyopathie obstructive Pathologie avec risque de syncope Tachycardie paroxystique BAV II ou complet non appareillés Maladie de Rendu-Osler Valvulopathies (*)	Hypertension artérielle non contrôlée Coronaropathies : à évaluer (*) Péricardite Traitement par anti-arythmique : à évaluer (*) Traitement par bêta-bloquants par voie générale ou locale : à évaluer (*) Shunt D G découvert après accident de décompression à symptomatologie cérébrale ou cochléo-vestibulaire (*)
Oto-rhino-laryngologie	Cophose unilatérale Évidement pétromastoïdien Ossiculoplastie Trachéostomie Laryngocèle Déficit audio bilatéral à évaluer (*) Otospongiose opérée Fracture du rocher Destruction labyrinthique uni ou bilatérale Fistule peri-lymphatique Déficit vestibulaire non compensé	Chirurgie otologique Épisode infectieux Polypose nasosinusienne Difficultés tubo-tympaniques pouvant engendrer un vertige alterno-barique Crise vertigineuse ou au décours immédiat d'une crise Tout vertige non étiqueté Asymétrie vestibulaire sup. ou égale à 50%(6mois) Perforation tympanique (et aérateurs trans- tympaniques) Barotraumatismes de l'oreille interne ADD labyrinthique +shunt D-G à évaluer (*)
Pneumologie	Insuffisance respiratoire Pneumopathie fibrosante Vascularite pulmonaire Asthme : à évaluer (*) Pneumothorax spontané ou maladie bulleuse, même opéré : à évaluer (*) Chirurgie pulmonaire	Pathologie infectieuse Pleurésie Traumatisme thoracique
Ophtalmologie	Pathologie vasculaire de la rétine, de la choroïde, ou de la papille, non stabilisées, susceptibles de saigner Kératocône au-delà du stade 2 Prothèses oculaires ou implants creux Pour les N3, N4, et encadrants : vision binoculaire avec correction<5/10 ou si un Œil <1/10, l'autre <6/10	Affections aiguës du globe ou de ses annexes jusqu'à guérison Photokératectomie réfractive et LASIK : 1 mois Phacoémulsification-trabéculectomie et chirurgie vitro-rétinienne : 2 mois Greffe de cornée : 8 mois Traitement par béta bloquants par voie locale : à évaluer (*)

Neurologie	Épilepsie Syndrome déficitaire sévère Pertes de connaissance itératives Effraction méningée neurochirurgicale, ORL ou traumatique Incapacité motrice cérébrale	Traumatisme crânien grave à évaluer
Psychiatrie	Affection psychiatrique sévère Éthylisme chronique	Traitement antidépresseur, anxiolytique, par neuroleptique ou hypnogène Alcoolisation aiguë
Hématologie	Thrombopénie périphérique, thrombopathies congénitales. Phlébites à répétition, troubles de la crase sanguine découverts lors du bilan d'une phlébite. Hémophiles : à évaluer (*)	Phlébite non explorée
Gynécologie		Grossesse
Métabolisme	Diabète traité par insuline : à évaluer (*) Diabète traité par antidiabétiques oraux (hormis biguanides) Troubles métaboliques ou endocriniens sévères	Tétanie / Spasmophilie
Dermatologie	Différentes affections peuvent entraîner des contre-indications temporaires ou définitives selon leur intensité ou leur retentissement pulmonaire, neurologique ou vasculaire	
Gastro-Entérologie	Manchon anti-reflux	Hernie hiatale ou reflux gastro-œsophagien à évaluer
Toute prise de médicament ou de substance susceptible de modifier le comportement peut être une cause de contre- indication La survenue d'une maladie de cette liste nécessite un nouvel examen		
Toutes les pathologies affectées d'un (*) doivent faire l'objet d'une évaluation, et le certificat médical de non contre indication ne peut être délivré que par un médecin fédéral		
La reprise de la plongée après un accident de désaturation, une surpression pulmonaire, un passage en caisson hyperbare ou autre accident de plongée sévère, nécessitera l'avis d'un Médecin Fédéral ou d'un médecin spécialisé selon le règlement intérieure de la C.M.P.N.		

ANNEXE 5 : Exemple de « nouveau » CACI dédié aux médecins généralistes non spécialisés en médecine subaquatique ou de plongée.

Certificat médical d'Absence de Contre-Indication à la pratique des activités subaquatiques

Dédié aux médecins généralistes non spécialisés en médecine subaquatique ou de plongée

Je soussigné(e) Docteur,

Exerçant à

Certifie avoir examiné ce jour,

NOM : , PRENOM : , Né(e) le

Et déclare, sous réserve de l'exactitude de ses déclarations et après réalisation d'un examen clinique attentif, ne pas avoir constaté de contre-indication cliniquement décelable à la pratique :

☐ Des activités de nage avec accessoires (ou snorkling)

☐ Des activités de plongée en scaphandre autonome à l'air :
- À une profondeur maximum de 30 mètres sous le niveau de la mer
- Dans des eaux ≥ 20°C
- Sans palier de décompression obligatoire.

Nombre de case(s) cochée(s) *[obligatoire]* :

Un certificat est exigible toutes les 3 saisons (si renouvellement sans discontinuité de la licence) pour les disciplines : Nage avec Palmes, Nage en Eau Vive. Un certificat est exigible tous les ans pour la pratique de la Plongée Subaquatique (Plongée en Scaphandre en tous lieux) sauf en cas de modification de l'état de santé ou d'accident de plongée, qui suspend la validité de ce certificat.

Il est remis en main propre à l'intéressé ou son représentant légal.

Pour consulter la liste des contre-indications à la pratique des activités subaquatiques fédérales et les préconisations de la FFESSM relatives à l'examen médical, disponibles sur le site de la Commission Médicale et de Prévention Nationale : http://medical.ffessm.fr

Fait à

Le

Signature du médecin

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.

RESUMÉ

Introduction : En dépit d'un cadre réglementaire strict incluant une visite médicale annuelle et la signature d'un certificat médical d'absence de contre-indication à la pratique (CACI), les accidents et la mortalité en plongée-loisir augmentent, notamment chez les « séniors » (>50 ans).

Matériel et méthode : Une revue systématique de la littérature, analysant 31 articles publiés en français ou anglais après 2004, a permis de préciser les éventuels facteurs de risque intrinsèques ou environnementaux favorisant les accidents de décompression et les œdèmes pulmonaires d'immersion, exclusivement en plongée-loisir à l'air, et de s'interroger sur l'habilitation depuis 2014 de tout médecin à signer ce CACI.

Résultats : Le risque d'accident lors d'une plongée-loisir augmente avec l'âge ; on recense plus d'accidents graves et plus de séquelles après 50 ans. Trois facteurs de risque intrinsèques sont corrélés à l'âge : une prévalence accrue des maladies cardiovasculaires, une masse grasse plus élevée et une sénescence physiologique du système cardiovasculaire. Tout âge confondu, l'exposition au froid et la profondeur de la plongée sont des facteurs de risque d'accidents.

Conclusion : Les agences de plongée américaines imposent, indépendamment de l'âge, une limitation de la plongée à l'air à 40 mètres de profondeur, avec exclusion des profils de plongée exigeant des paliers de décompression. LA FFESSM, moins sécuritaire, autorise ces profils, avec une profondeur maximale autorisée de 60 mètres. Ces deux approches de la plongée-loisir n'ont pas les mêmes exigences d'aptitude. Nous suggérons que le CACI rédigé par un médecin généraliste non spécialisé en médecine de plongée ne concerne que la plongée « à l'américaine » et que le CACI dédié à la plongée « à la française » nécessite l'avis d'un médecin spécialisé, surtout après 50 ans.

Mots clés : Plongée sous-marine, accident de décompression, œdème pulmonaire d'immersion, facteurs de risque, autorisation médicale, médecine générale.

Keywords : Scuba diving, decompression illness, immersion pulmonary edema, risk factors, medical clearance, general practice.